



Funk-Sensor-Wechselstromzähler ESA 1000 WZ

Damit die Energiespar-Ampel ESA 1000 den Energieverbrauch visualisieren kann, ist eine Erfassung des Energieverbrauchs direkt am jeweiligen Hauptzähler erforderlich. Für den Stromzähler übernimmt der hier vorgestellte Funk-Sensor-Wechselstromzähler ESA 1000 WZ diese Aufgabe. Durch eine berührungslose, optoelektronische Messdatenerfassung direkt am Hauptzähler ist kein Eingriff in das heimische Stromnetz erforderlich. Die erfassten Messdaten werden per Funk an die Basiseinheit (ESA 1000) übertragen.

Allgemeines

Der Stromverbrauch im privaten Haushalt und natürlich auch im gewerblichen Bereich wird mit Hilfe eines vom Energieversorgungsunternehmen installierten Hauptzählers (in der Regel Drehstromzähler, 3 x 230 V) erfasst. Der Hauptzähler ist üblicherweise verplombt, Eigentum des Energieversorgers, und Eingriffe sind grundsätzlich nicht zulässig. Werden Messeinrichtungen angebracht, dürfen diese den Zähler nicht beeinflussen und müssen im Bedarfsfall wieder rückstandslos entfernt sein.

In den allermeisten Fällen befindet sich der als „Wechselstromzähler“ bezeichnete Haushaltszähler irgendwo abgelegen im Keller oder zumindest in einem „Zählerkasten“. Nur hier ist er abzulesen und anhand der Zählgeschwindigkeit zu kontrollieren, wie viel elektrische Energie gerade im gesamten Haushalt verbraucht wird.

Nahezu alle bisher verbauten Haushalts-Stromzähler in Deutschland sind mit einer mechanischen Drehscheibe (Ferraris-scheibe) ausgestattet, deren Umdrehungsgeschwindigkeit proportional zur Leistungsaufnahme ist. Um die Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe gut erkennen zu können, befindet sich nahezu immer eine rote Markierung direkt an der Drehscheibe.

Genau bei dieser Drehscheibe setzt das Konzept des Funk-Sen-

sor-Wechselstromzählers ESA 1000 WZ an, wobei das Gerät aus 2 Komponenten besteht: Sendeeinheit und Lichtschranken-einheit. Zur optimalen Positionierung befindet sich die Lichtschrankeneinheit (ESA 1000 WZ-IR) in einem kleinen, abgesetzten Gehäuse, das mit Hilfe von leicht wieder zu entfernenden „Power-Stripes“ direkt vor die Drehscheibe des Stromzählers platziert wird. Über eine flache Anschlussleitung mit 6-poligem Western-Modular-Steckverbinder wird die Lichtschrankeneinheit dann mit der Sendeeinheit verbunden.

Die Lichtschrankeneinheit (ESA 1000 WZ-IR), die von der Sendeeinheit (ESA 1000 WZ) angesteuert wird, erkennt den Durchlauf der roten Markierung auf der Drehscheibe des Zählers und gibt die Information an die Mikrocontrollereinheit des Senders weiter.

Die Mikrocontrollereinheit wertet die detektierten Umläufe aus, verpackt die Daten in ein Protokoll und sendet diese per Funk an die Anzeigeeinheit der Energiespar-Ampel ESA 1000.

Getrennte Gehäuse für die Lichtschrankeneinheit und den Funk-Sender mit Mikrocontroller haben mehrere Vorteile. Meistens befindet sich der Hauptzähler in einem „Zählerkasten“ aus Stahlblech. Wird die Sendeeinheit dann innerhalb des „Zählerkastens“ positioniert, kann das zu erheblichen Problemen bei der Funkverbindung führen. Zwischen der Zähler-scheibe und dem Deckel des „Zählerkastens“ steht oft nur

noch wenig Platz zur Verfügung, so dass ein vor der Zähler-scheibe zu positionierendes Gehäuse so klein und leicht wie möglich sein sollte.

Die Spannungsversorgung der kompletten Elektronik erfolgt mit einem einfachen Steckernetzteil, das wahlweise, je nachdem, wo eine Steckdose vorhanden ist, an die Sendeeinheit oder an die Lichtschrankeneinheit anzuschließen ist. Die Spannungsversorgung der jeweils nicht angeschlossenen Komponente erfolgt dann über das Verbindungskabel zwischen der Sende- und der IR-Lichtschrankeneinheit.

Die Funk-Sendeeinheit ist mit einem zusätzlichen kleinen Display ausgestattet, auf dem die Anschlussleistung in kW während der letzten Umdrehung der Zähler-Drehscheibe (Ferraris-scheibe) direkt angezeigt wird. Bei kleinen Anschlussleistungen und wenn Verbrauchsschwankungen innerhalb einer Umdrehung der Zählerscheibe auftreten, handelt es sich aufgrund der begrenzten Zählerauflösung (Zählerkonstante) immer um einen Durchschnittswert.

Grundsätzliche Funktion eines Stromzählers

Zum besseren Verständnis der Funktion wollen wir im Folgenden die Funktion eines Stromzählers und die davon ableitbaren Daten betrachten.

Ein Stromzähler ermittelt die elektrische Arbeit W , die in Kilowattstunden (kWh) gemessen wird. Die elektrische Arbeit W ist das Produkt aus Leistung P und Zeit t :

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt$$

Die elektrische Leistung P wird in Watt (W) oder Kilowatt (kW) gemessen. Häufig wird sie auch als Last bezeichnet, z. B. Grundlast oder Spitzenlast.

Wenn man im allgemeinen Sprachgebrauch von Stromverbrauch spricht, ist nicht immer auf Anhub klar, ob dabei eine Arbeit oder eine Leistung gemeint ist. Aufklärung gewährt dann der Blick auf die Einheit der genannten Größe. Wenn z. B. in der Stromrechnung ein Verbrauch von 15.000 kWh in Rechnung gestellt wird, ist das die elektrische Arbeit. Andererseits kann der Verbrauch eines ständig laufenden Kühlgerätes mit 0,6 kWh/Tag angegeben werden. Das ist dann die über den Tag gemittelte Leistung von:

$$P = \frac{0,6 \text{ kWh}}{24 \text{ h}} = \frac{600 \text{ Wh}}{24 \text{ h}} = 25 \text{ W}$$

Beide Größen sind für den, der den Strom bezahlen muss, von Bedeutung. Bei der Angabe der Arbeit ist die direkte Umrechnung in Kosten möglich.

Bei den üblichen Wechselstromzählern, auch bekannt als Ferraris- bzw. Induktionszähler, werden die Spannungen und Ströme mit Spulen, Bremsmagneten und Läufer-scheibe über Magnetfelder und Ströme analog multipliziert. Dieses Produkt aus Spannung mal Strom entspricht dann in Form der Drehgeschwindigkeit der Drehscheibe der elektrischen Lei-

Technische Daten: ESA 1000 WZ-IR

Abtastung:	rote Markierung der Ferrarisscheibe bei Drehstrom- und Wechselstromzählern wird abgetastet
Abtastempfindlichkeit:	einstellbar von -99 % bis +99 %
Zählerkonstante:	einstellbar von 10 U/kWh bis 1000 U/kWh
Lichtschrankeneinheit:	abgesetzt von der Sendeeinheit
Bedienung:	3 Tasten
Anzeigen:	LC-Display an der Sendeeinheit, jeweils LED-Anzeige an der Sendeeinheit und an der IR-Lichtschrankeneinheit
Anzeigefunktion:	Anschlussleistung während der letzten Umdrehung der Ferrarisscheibe
Funk-Übertragungsintervall:	5 Minuten
Funk-Sendefrequenz:	868,35 MHz
Modulation:	AM
Reichweite:	bis 100 m (Freifeld)
Spannungsversorgung:	7-15 Vdc, Buchse für Hohlstecker 1,5 mm (wahlweise an der Sendeeinheit oder an der Lichtschrankeneinheit anschließen)
Stromaufnahme:	<100 mA
Abmessungen Sendeeinheit:	105 x 46 x 23 mm
Abmessungen Lichtschrankeneinheit:	42 x 32 x 14 mm

tung. Abbildung 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines solchen Zählers. Die Drehbewegung der Drehscheibe entsteht durch die mittels der Spannungs- und Stromspule erzeugten Wirbelströme in der Aluminiumscheibe. Dazu erzeugen die am Stromnetz angeschlossene Spannungsspule mit ihrem Eisenkern sowie die vom Laststrom durchflossene Stromspule mit ihrem Kern einen um exakt 90 Grad phasenverschobenen Wechselfluss, der zu eben diesem Wirbelstrom in der Scheibe führt. Das Prinzip des Ferraris-zählers berücksichtigt, bedingt durch den Aufbau, sogar den Leistungsfaktor $\cos(\varphi)$ und bringt somit nur den Wirkstrom zur Anzeige. Die Umdrehungen der Scheibe, die mit einem Rollenzählwerk registriert

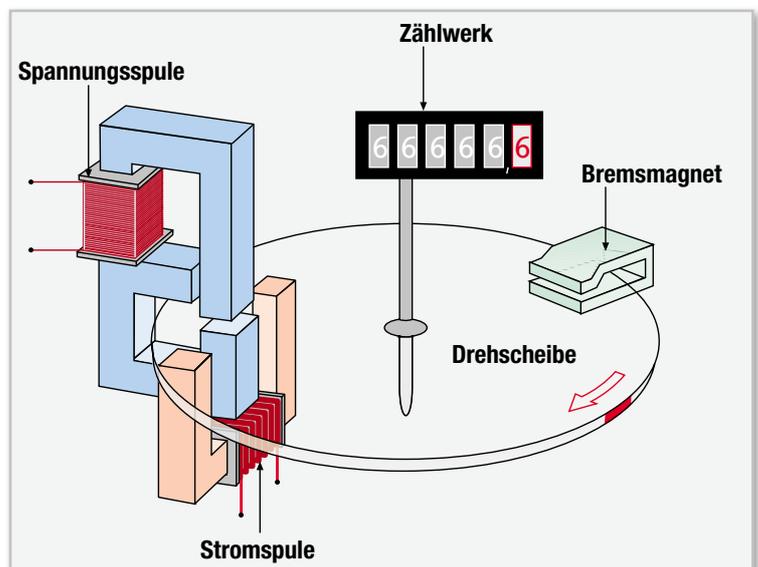


Bild 1: Der grundsätzliche Aufbau eines Stromzählers

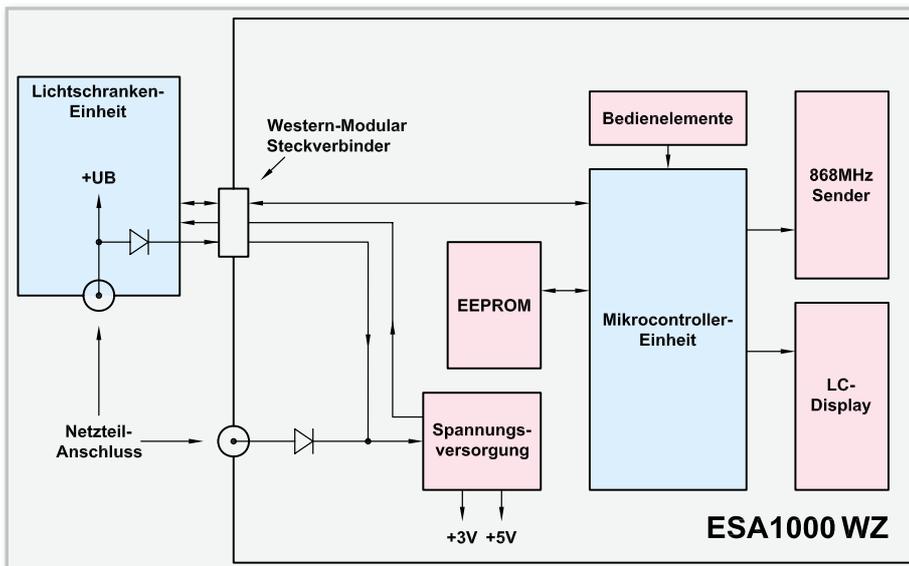


Bild 2: Das Blockschaltbild des ESA 1000 WZ-IR

kurz zu betätigen. Bei korrekter Abtastempfindlichkeit wird dann jeder erkannte Durchlauf der roten Markierung der Ferrarisscheibe mit Hilfe der Kontroll-LEDs an der Lichtschrankeneinheit und an der Sendeeinheit angezeigt.

Wenn die Markierung nicht oder nur manchmal erkannt wird, kann mit den Tasten „<“ und „>“ jederzeit die Abtastempfindlichkeit angepasst werden. Sobald im Einstellmodus eine Pfeiltaste betätigt wird, erscheint die aktuelle Empfindlichkeitseinstellung (Bereich von -99 % bis +99 %) im Display. Das Gerät kehrt automatisch 30 Sekunden nach der letzten Tastenbetätigung in den Betriebsmodus (Anzeige der Leistungsaufnahme der aktuell angeschlossenen Verbraucher) zurück. Die neu eingestellte Abtastempfindlichkeit wird dabei automatisch gespeichert.

werden, sind ein Maß für die geleistete Arbeit. Das Verhältnis von Umdrehung zu kWh wird als Zählerkonstante bezeichnet. Diese Zählerkonstante ist auf dem Zähler (beispielsweise 96 U/kWh) angegeben. Dies bedeutet, dass 96 Umdrehungen eine verbrauchte kWh widerspiegeln.

Zusätzlich lassen sich auch Daten aus der Geschwindigkeit der Drehscheibe gewinnen. Die Umdrehungszeit (von Rot bis Rot) wird gemessen und ergibt beispielsweise 20 Sekunden. Wenn nun die Anzahl der Umdrehungen auf eine Stunde hochgerechnet (= 180 Umdrehungen pro Stunde) und dann durch die Zählerkonstante geteilt wird, so lässt sich die aktuell verbrauchte Leistung ermitteln:

$$P = \frac{180}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{96} = 1,875 \text{ kW}$$

Damit nun aber nicht die einmal beschleunigte Scheibe nachläuft, wenn der Stromverbrauch geringer wird oder gar ausbleibt, ist ein Bremsmagnet installiert, der die Beschleunigung kompensiert und so die Umdrehungszahl der Scheibe genau proportional zum Stromfluss hält. Er sorgt z. B. auch für einen sofortigen Stopp der Scheibe, wenn kein Stromfluss mehr vorhanden ist.

Bedienung des Funk-Sensor-Wechselstromzählers

Der Funk-Sensor verfügt über die 3 Bedientasten „Mode“, „<“ und „>“, die zur Einstellung der Schaltschwelle für die Lichtschrankeneinheit und zum Einstellen der Zählerkonstante dienen.

Schaltschwelle der Lichtschranke einstellen

Da die von den verschiedenen Energie-Versorgungsunternehmen eingebauten Zähler sich vom mechanischen Aufbau her teilweise recht stark unterscheiden, ist eine Anpassung der Lichtschrankeneinheit an die Ferrarisscheibe des Zählers und somit an die örtlichen Gegebenheiten erforderlich.

Um in den Einstellmodus zu gelangen, ist die Taste „Mode“

Zählerkonstante einstellen

Damit eine korrekte Messung erfolgen kann, ist die auf jedem Zähler angegebene Zählerkonstante einzustellen. Die Zählerkonstante gibt an, wie viele Umdrehungen die Drehscheibe (Ferrarisscheibe) bei einem Energieverbrauch von 1 kWh macht. Bei 3-Phasen-Drehstromzähler sind typische Zählerkonstanten 75 U/kWh und 96 U/kWh, während bei 1-Phasen-Wechselstromzählern Zählerkonstanten bis zu 600 möglich sind.

Um den Einstellmodus für die Zählerkonstante aufzurufen, ist die Taste „Mode“ >5 Sek. gedrückt zu halten, bis im Display EC (electricity meter constant) für Zählerkonstante angezeigt wird und die Kontroll-LED an der Sendeeinheit leuchtet. Eine kurze Betätigung der Taste „Mode“ bewirkt dann die Anzeige der aktuell eingestellten Zählerkonstante.

Durch kurzes Betätigen bzw. Halten der Tasten „<“ und „>“ ist nun die gewünschte Zählerkonstante einzustellen. Im Einstellmodus wird beim Festhalten dieser Tasten ein Auto-Repeat-Modus aktiviert, der ein beschleunigtes Hochzählen ermöglicht.

Zum Abspeichern der neu eingestellten Zählerkonstante ist kurz die Taste „Mode“ zu betätigen, wobei das Gerät dann automatisch in den normalen Anzeigemodus zurückkehrt. Wird länger als 30 Sek. keine Taste betätigt, kehrt das Gerät ebenfalls automatisch in den normalen Anzeigemodus zurück.

Blockschaltbild

Einen Überblick über die funktionellen Zusammenhänge zwischen dem Funk-Sensor-Wechselstromzähler und der abgesetzten IR-Lichtschrankeneinheit verschafft das Blockschaltbild in Abbildung 2. Die zentrale Baugruppe des ESA 1000 WZ ist die leistungsfähige Mikrocontrollereinheit, die in der Mitte des Blockschaltbildes eingezeichnet ist. Der Controller steuert die Lichtschrankeneinheit und erfasst dann die Umdrehungen des Zählers. Unter Berücksichtigung der Zählerkonstante werden die erfassten Daten über den rechts oben eingezeichneten 868-MHz-HF-Sender

als Datenpaket an die Anzeigeeinheit ESA 1000 übertragen. Die Mikrocontrollereinheit sorgt für die Verarbeitung der von der Lichtschrankeneinheit gelieferten Signale.

Der Funk-Sensor-Wechselstromzähler ESA 1000 WZ ist mit einem zusätzlichen kleinen Display ausgestattet, auf dem die Anschlussleistung in kW während der letzten Umdrehung der Zähler-Drehscheibe (Ferrarissscheibe) direkt angezeigt wird. Die aktuelle Leistungsaufnahme ist damit auf einen Blick bereits an der Sendeeinheit abzulesen. Bei kleinen Anschlussleistungen und wenn Verbrauchsschwankungen innerhalb einer Umdrehung der Zählerscheibe auftreten, handelt es sich, wie bereits erwähnt, aufgrund der begrenzten Zählerauflösung (Zählerkonstante) natürlich um einen Durchschnittswert. Die Ansteuerung des im Blockschaltbild unten rechts eingezeichneten Displays übernimmt auch der zentrale Mikrocontroller.

Die im Blockschaltbild oben eingezeichneten Bedienelemente zur Einstellung der Zählerkonstante und zum Abgleich der Abtastempfindlichkeit sind direkt mit dem Controller verbunden. Über eine sechspolige Western-Modular-Steckverbindung ist die IR-Lichtschrankeneinheit mit der Sendeeinheit verbunden. Vom Controller erfolgt sowohl die Steuerung der Lichtschranke als auch die Auswertung der Signale.

Das EEPROM, links neben der Mikrocontrollereinheit, dient zum Abspeichern von allen Einstellparametern, wie z. B. der Zählerkonstante und die Abtastempfindlichkeit. Die Daten bleiben auch bei einem Spannungsausfall nahezu unbegrenzt erhalten (>10 Jahre).

Die gemeinsame Spannungsversorgung ist in der Sendeeinheit untergebracht, wobei das zur Versorgung erforderliche Steckernetzteil wahlweise an die Lichtschrankeneinheit oder an die Sendeeinheit anzuschließen ist.

Spannungsversorgung

Zur Spannungsversorgung der kompletten Elektronik ist eine Gleichspannung zwischen 7 V und 15 V erforderlich.

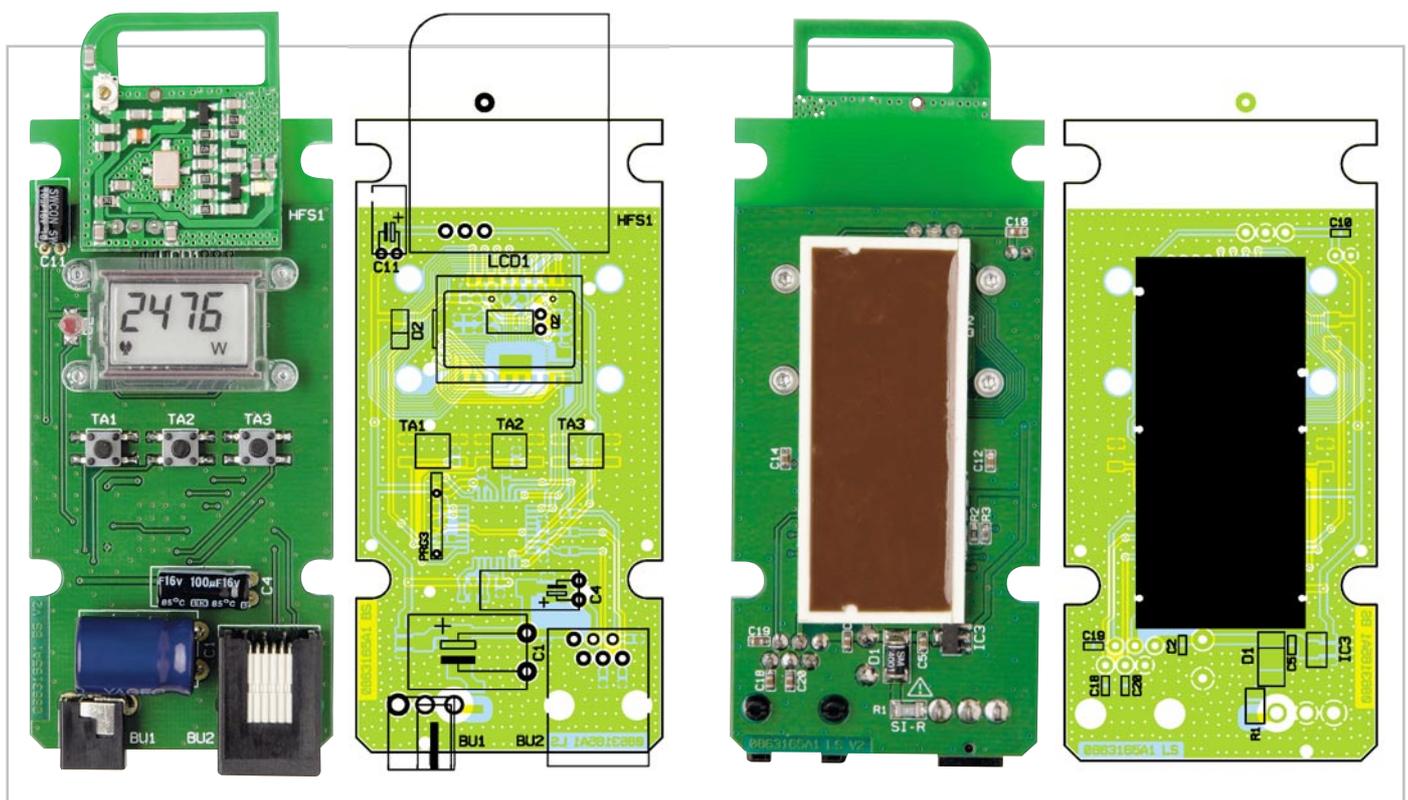
Aufgrund der geringen Stromaufnahme ist dabei ein Steckernetzgerät mit 12 V/200 mA vollkommen ausreichend, wobei der Anschluss wahlweise an die Sendeeinheit oder an die Lichtschrankeneinheit möglich ist. Wenn z. B. im Zählerschrank eine Hutschiene-Steckdose vorhanden ist, bietet sich die Lichtschrankeneinheit an. Befindet sich in der Nähe des Zählerschranks eine Steckdose, ist es sicherlich einfacher, das Steckernetzteil an die Sendeeinheit anzuschließen.

Bei der Spannungsversorgung ist folgender Hinweis noch zu beachten: Zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit muss es sich bei der speisenden Quelle um eine Sicherheits-Schutzkleinspannung handeln. Außerdem ist eine Quelle begrenzter Leistung erforderlich, die nicht mehr als 15 W liefern kann. Üblicherweise werden beide Anforderungen von einfachen 12-V-Steckernetzteilen mit bis zu 500 mA Strombelastbarkeit erfüllt.

Nachbau der Funk-Sendeeinheit

Bei allen ELV-Bausätzen sind sämtliche SMD-Komponenten werkseitig vorbestückt und wie auf dem Platinenfoto zu sehen, ist die empfindliche Mikrocontrollereinheit zusätzlich durch eine Vergussmasse geschützt. Der praktische Aufbau ist somit recht einfach und schnell erledigt.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten mit der Platine der Sendeeinheit, wo im ersten Arbeitsschritt die 6-polige Western-Modular-Buchse und die Netzteilbuchse BU 1 bestückt



Die fertig bestückte Platine der Funk-Sendeeinheit mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Oberseite, rechts von der SMD-Seite

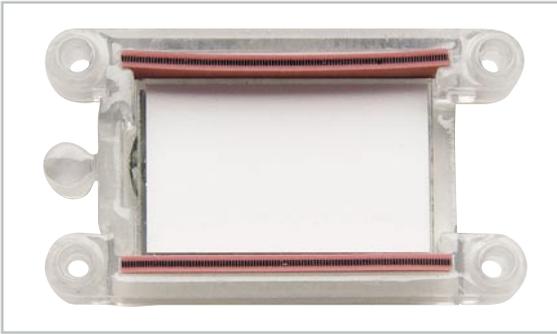


Bild 3: Die Leitgummistreifen müssen eingesetzt werden.

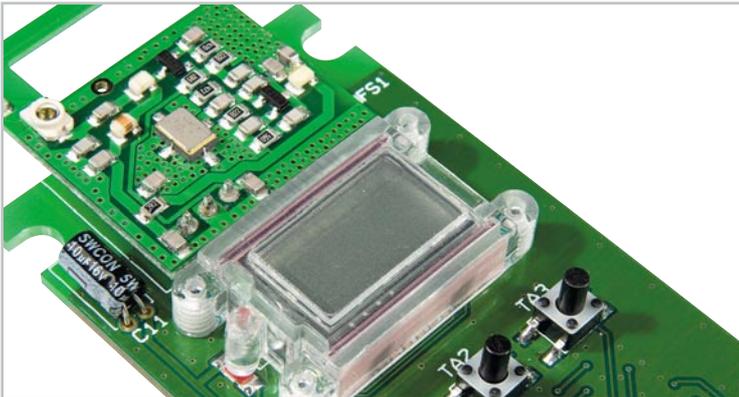
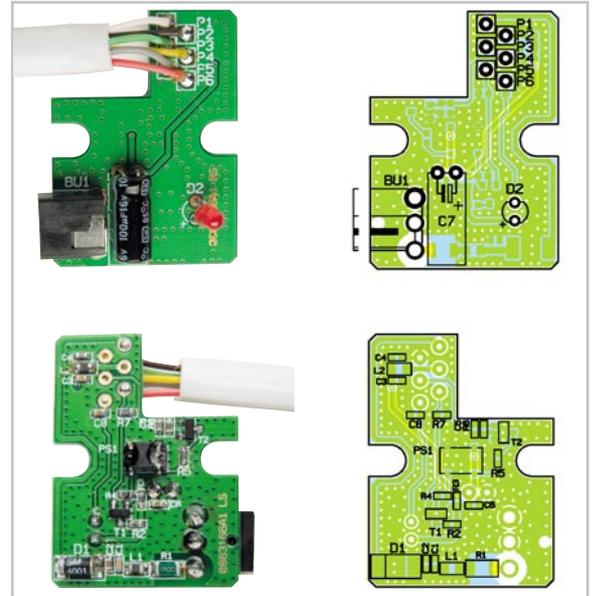


Bild 4: So wird das Display auf die Platine montiert.

werden. Vor dem Verlöten an der Platinenunterseite müssen diese Bauteile unbedingt plan auf der Platinenoberfläche aufliegen. Eine zu große oder zu lange Hitze einwirkung sollte unbedingt vermieden werden. Im nächsten Arbeitsschritt sind die Elektrolyt-Kondensatoren an der Reihe, die unbedingt mit korrekter Polarität einzubauen sind. **Vorsicht!** Falsch gepolte Elkos können auslaufen oder explodieren. Nach dem Einlöten in liegender Position (wie abgebildet) sind die überstehenden Drahtenden an der Platinenunterseite abzuschneiden. Im nächsten Arbeitsschritt ist beim Display die Schutzfolie vorsichtig abzuziehen. Fingerabdrücke auf der Vorderseite des Displays sind dabei unbedingt zu vermeiden. Das Display wird so in den Displayrahmen gelegt, dass die kleine Glasnase am Display in die dafür vorgesehene Aussparung ragt. Danach sind die beiden Leitgummistreifen, wie in Abbildung 3 zu sehen, einzusetzen. Die so weit vorbereitete Displayeinheit wird mit den zugehörigen Schrauben entsprechend Abbildung 4 auf die Platine montiert. Dabei muss der Lichtleiter für die Status-LED genau über die Leuchtdiode D 2 positioniert werden. Jetzt bleibt nur noch das 868-MHz-Sendemodul zu bestücken. Nach dem Verlöten sind die Anschlüsse an der Platinenunterseite so weit wie möglich zu kürzen. Nach einer gründlichen Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern kann die fertige Platinenkonstruktion in das Gehäuse montiert werden. Dazu wird einfach die Platine in das Gehäuseoberteil eingesetzt, und im letzten Arbeitsschritt sind die beiden Gehäusehälften mit den zugehörigen Schrauben für Kunststoff fest zu verschrauben.

Nachbau der IR-Lichtschrankeneinheit

Kommen wir nun zum Nachbau der IR-Lichtschrankeneinheit, die aufgrund der SMD-Vorbestückung ebenfalls sehr einfach



Platine der IR-Lichtschrankeneinheit mit Bestückungsplan, oben von der Oberseite, unten von der SMD-Seite

ist. Von Hand sind auf der Leiterplatte nur noch eine LED, ein Elko und die Netzteilbuchse zu bestücken.

Zuerst wird die Netzteilbuchse eingelötet, die plan auf der Platinenoberfläche aufliegen muss. Vorsicht! Eine zu große oder zu lange Hitze einwirkung kann zur Beschädigung führen. Danach wird der Elko unter Beachtung der korrekten Polarität liegend eingelötet. Die überstehenden Drahtenden sind dann an der Platinenunterseite direkt oberhalb der Lötstellen abzuschneiden.

Die Leuchtdiode D 2 benötigt eine Einbauhöhe von 7 mm, gemessen von der LED-Spitze bis zur Platinenoberfläche. Wichtig ist die korrekte Polarität, die am Bauteil durch einen längeren Anodenanschluss und im Bestückungsdruck an der Anodenseite mit „+“ gekennzeichnet ist.

Bild 5: Vorbereitung des Western-Modular-Kabels

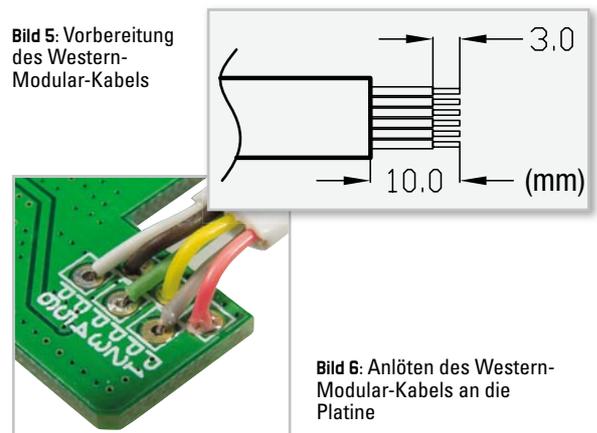


Bild 6: Anlöten des Western-Modular-Kabels an die Platine

Das 6-polige Western-Modular-Kabel ist entsprechend Abbildung 5 vorzubereiten. Die Leitungsenden sind danach, wie in Abbildung 6 zu sehen, in die entsprechenden Bohrungen der Leiterplatte zu löten.

Im letzten Arbeitsschritt wird die Platine in das Gehäuse gesetzt und beide Gehäusehälften mit den zugehörigen beiden Schrauben fest verschraubt. **ELV**