

# 2,4-GHz-Sender-Check SC 2400

***Mit dem SC 2400 lassen sich 2,4-GHz-Sender schnell im Hinblick auf Funktion und Sendeleistung überprüfen. Weiterhin ist die Ausrichtung der Sendeantenne für die Optimierung der Reichweite sowie das Auffinden von Lecks bei Mikrowellenherden möglich. Die mit wenigen Bauteilen realisierte Schaltung ist schnell und einfach aufzubauen.***

## Allgemeines

Funksysteme im 2,4-GHz-Bereich dienen im Allgemeinen zur drahtlosen Bild- und Tonübertragung und sind mittlerweile in vielen Haushalten vorhanden. Auf einfache Weise - ohne den sonst erforderlichen Verkabelungsaufwand - lässt sich z. B. das Ausgangssignal eines Videorecorders ins Schlafzimmer übertragen oder ein

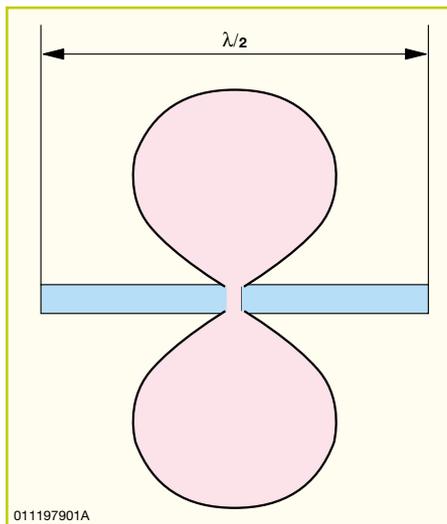
Kleinkind überwachen. Auch im Bereich der Sicherheitstechnik sind 2,4-GHz-Systeme weit verbreitet.

Bei gestörter Funktion eines solchen Funksystems ist der Privatmann meistens nicht in der Lage, den Fehler zu beheben, da er nicht über die erforderliche Messtechnik verfügt. Ohne Messtechnik ist es schon schwierig herauszufinden, ob der Fehler im Sender oder Empfänger zu suchen ist. Um detaillierte Prüfungen vorzu-

nehmen, sind normalerweise teure, aufwendige Messgeräte erforderlich, die für den Privatmann kaum erschwinglich sind.

### Technische Daten: SC 2400

Frequenzbereich: ..... 2,4 – 2,5 GHz  
Betriebsspannung: ..... 4,5 V  
Batterien: ..... 3 x LR44  
Stromaufnahme: . 3,5 mA im Leerlauf  
Abmessungen: ..... 90 x 50 x 16 mm



**Bild 1: Horizontaldiagramm des Halbwelldipols**

Der SC 2400 kann bei derartigen Problemen im Privat- aber auch im Service-Bereich Abhilfe leisten. Das Gerät verfügt über eine integrierte 2,4-GHz-Antenne und gibt auf einer 10-stelligen Bargraphanzeige Auskunft über die Feldstärke im 2,4-GHz-Bereich. So lassen sich folgende Prüfungen vornehmen:

- Ermittlung defekter Sender, bzw. Sender arbeitet, wahrscheinlich Empfänger defekt
- Selektion „guter“ und „schlechter“ Sender.
- Ausrichtung der Sendeantenne zur Optimierung der Reichweite
- Aufspüren von eventuell versteckten Videoüberwachungs-Sendern
- Überprüfen von Mikrowellenherden im

Hinblick auf Leckstellen in der Abschirmung (diese arbeiten ebenfalls mit 2,4 GHz).

### Bedienung und Funktion

Die Bedienung des SC 2400 beschränkt sich auf das Einschalten. An der rechten Gehäusesseite des Gerätes ist ein Pfeil aufgedruckt, der die Hauptempfangsrichtung des Gerätes anzeigt. Als Messwertempfänger dient ein innen liegender Halbwelldipol. Abbildung 1 zeigt die Richtcharakteristik eines Halbwelldipols in der horizontalen Ebene, die sowohl für den Senders als auch für den Empfangsfall gilt (Reziprozität). Abbildung 2 zeigt die Lage der Antenne im Gerät, wodurch sich die eingezeichnete Hauptempfangsrichtung senkrecht von rechts ergibt. Somit sollte das Sendesignal für den Test aus Pfeilrichtung kommen. Beim Empfang eines 2,4-GHz-Signals leuchten abhängig von der Sendeleistung des Senders und dem Abstand zum SC 2400 mehr oder weniger LEDs auf.

Bei mehreren Sendern des gleichen Typs können die Sendeleistungen verglichen und „gute“ und „schlechte“ Exemplare selektiert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Position der zu untersuchenden Sender bei jedem Test exakt die selbe ist. Hilfreich ist es, wenn man z. B. auf einer Arbeitsplatte die Positionen von Sender-Check und Testsender markiert, sodass man reproduzierbare Testergebnisse erhält. Bei Sendern unterschiedlichen Fabrikats hat man schnell einen Überblick über die Stärke des Sendesignals.

Will man eine Sende-Empfangsstrecke im Hinblick auf die Reichweite optimieren, ist es am einfachsten, zunächst die Hauptabstrahlrichtung des Senders festzustellen. Man legt den SC 2400 in ca. 50 cm bis 1 m Entfernung vom Sender hin und dreht den Sender so lange, bis das Gerät den größten Wert anzeigt. Ist die Hauptabstrahlrichtung auf diese Weise ermittelt, kann der Empfänger entsprechend ausgerichtet werden.

Auch zur Überprüfung von Mikrowellenherden im Hinblick auf etwaige Leckstellen in der Abschirmung ist der SC 2400 besonders gut einsetzbar. Da das Gerät über eine hohe Empfindlichkeit verfügt, treten bei Mikrowellenherden in unmittelbarer Nähe immer Vollausschläge auf. Erst in einer Entfernung von einigen Metern erlischt die Anzeige.

### Schaltung

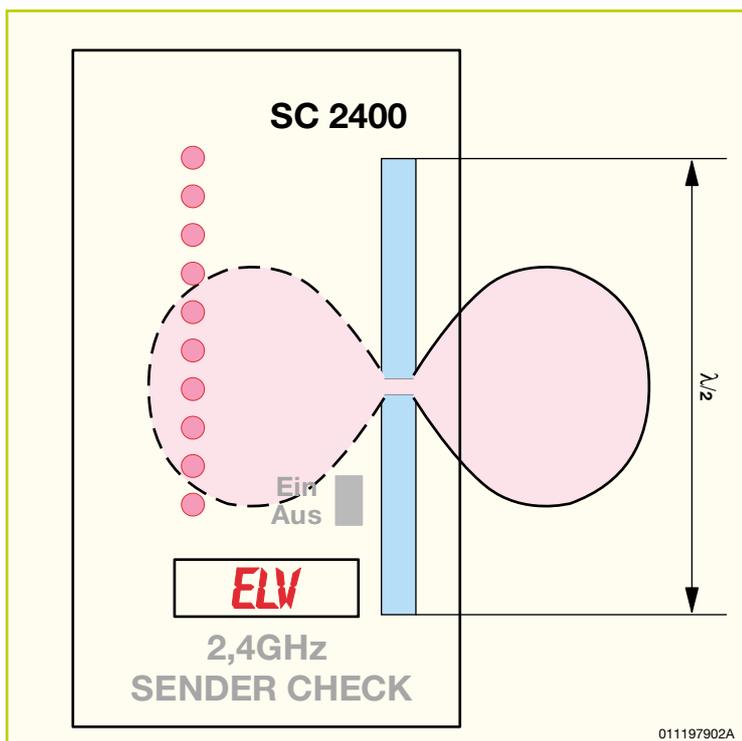
Abbildung 3 zeigt das Schaltbild. Zum besseren Verständnis für die Funktion des 2,4-GHz-Sender-Checks wollen wir uns zunächst wieder dem Halbwelldipol widmen. Die Länge entspricht ca. der halben Wellenlänge und lässt sich wie folgt berechnen:

$$\text{Wellenlänge} = \frac{\text{Lichtgeschwindigkeit}}{\text{Frequenz}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2,4 \cdot 10^9 / \text{s}} = 0,125 \text{ m} = 12,5 \text{ cm}$$

Im SC 2400 beträgt die Antennenlänge  $\lambda/2$ , also ca. 60 mm. Für die Sensor-Funktion ist insbesondere die Spannungs-Stromverteilung des Dipols interessant. Ein sich in Resonanz befindlicher Halbwelldipol weist die in Abbildung 4 dargestellten Spannungs-Stromverteilungen auf. Diese lassen sich durch relativ komplizierte Berechnungen mit Hilfe des Elementardipols herleiten.

Wie zu erkennen ist, erhält man in der Mitte der Antenne (im Speisepunkt) ein Strommaximum und ein Spannungsminimum. Wie im Schaltbild ersichtlich, ist eine HF-Gleichrichterdiode (D 11) direkt in die Antennenmitte, d. h. in den Strombauch, geschaltet. Durch den Gleichrichtereffekt an der Diode steht eine Gleichspannung zur Verfügung, die über die Spulen L 1 und L 2 relativ hochohmig abgenommen wird. Die Spulen haben eine Induktivität von 10 nH, womit sich bei 2,4 GHz bereits ein Widerstand von 150  $\Omega$  ergibt. Der Kondensator C 1 und der Widerstand R 5 bilden die Gleichrichter-Zeitkonstante.

Aufgrund der Polarität der Diode D 11 ist die Gleichspannung negativ, bezogen auf den Gleichspannungs-Bezugspunkt der gesamten Schaltung (Pin 8 von IC 3).



**Bild 2: Hauptempfangsrichtung des SC 2400**

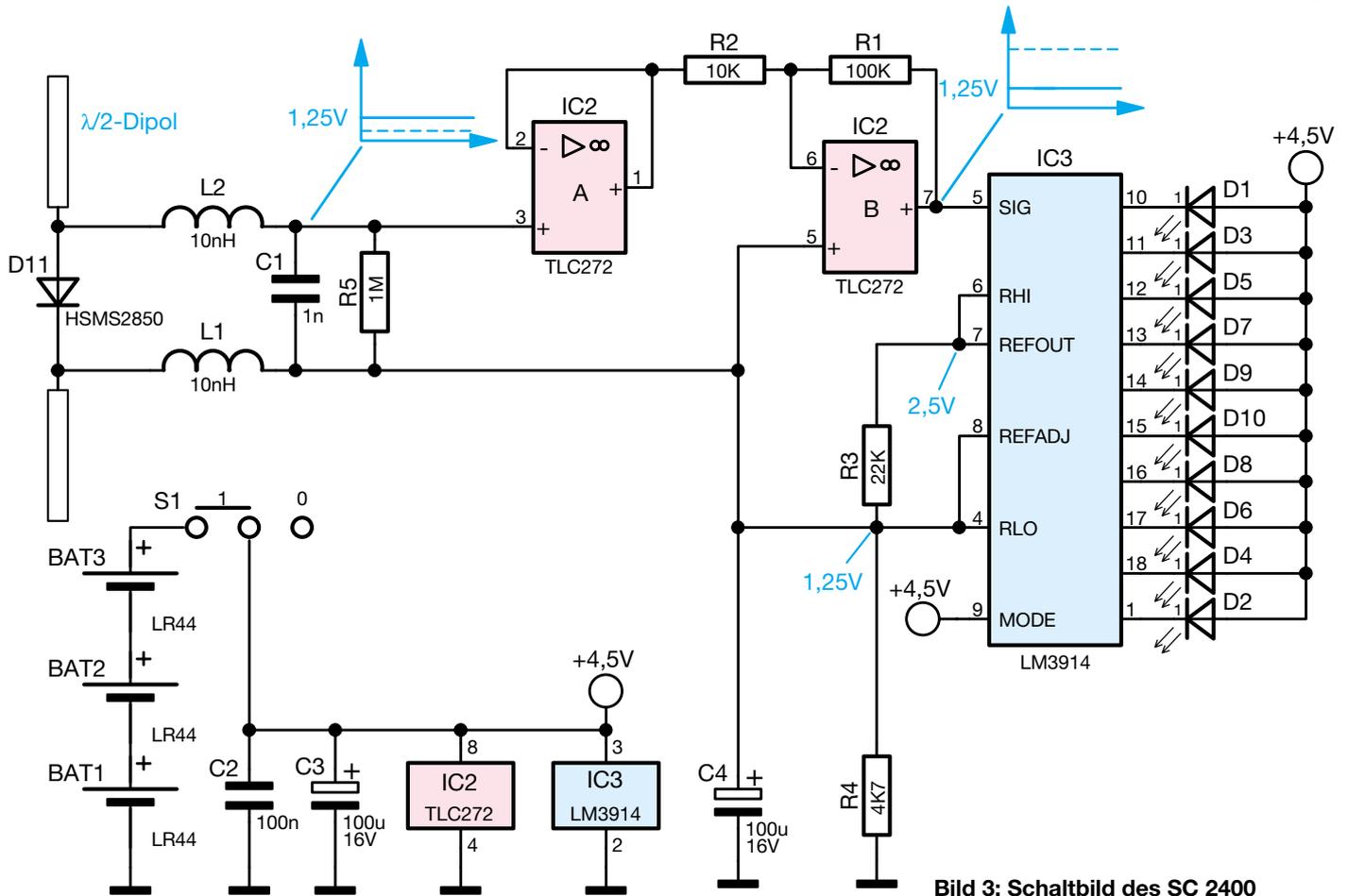


Bild 3: Schaltbild des SC 2400

Der Operationsverstärker IC 1 A ist als Spannungsfollower beschaltet und nimmt das Gleichspannungssignal hochohmig vom Gleichrichter ab. Mit dem invertierenden Verstärker IC 1 B erfolgt eine Verstärkung um den Faktor -10, sodass am Ausgang, Pin 7, das verstärkte Signal mit positiver Polarität ansteht.

Zur Anzeige des Signalpegels dient der bekannte LED-Treiberbaustein LM 3914, IC 2, dessen Blockschaltbild in Abbildung 5 dargestellt ist.

Die interne Spannungsreferenz stellt zwischen Pin 7 und Pin 8 eine Referenzspannung von 1,25 V zur Verfügung. Durch Beschaltung mit den Widerständen R 3

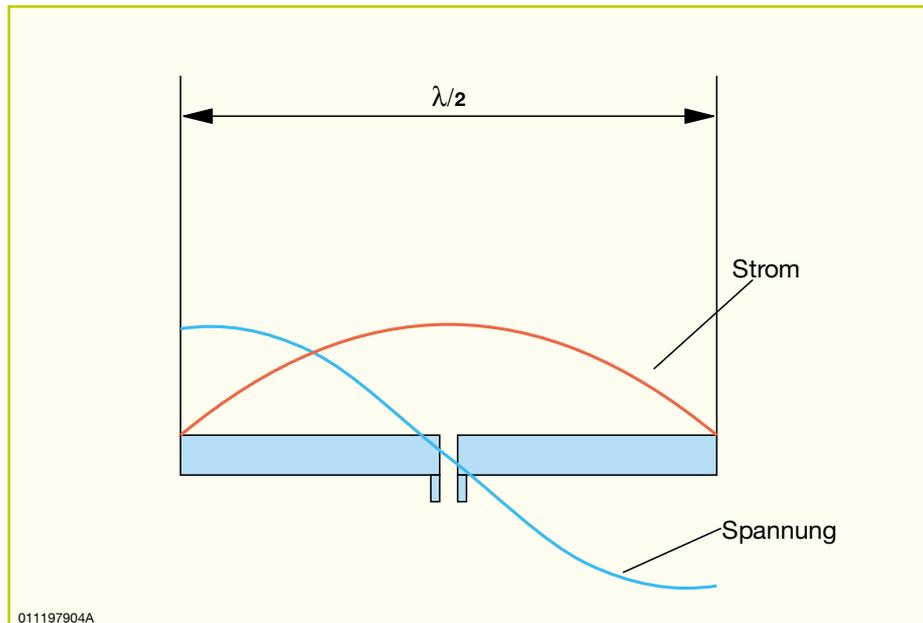


Bild 4: Strom- und Spannungsverteilung eines Halbwellendipols

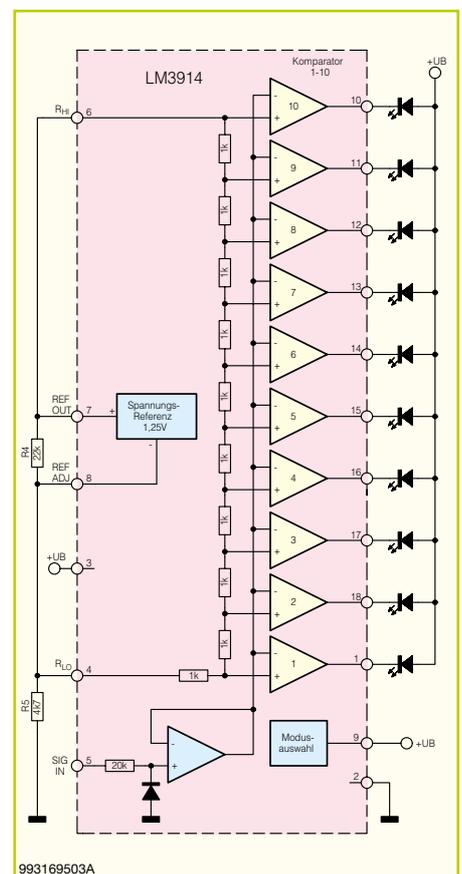


Bild 5: Innenschaltung des LM 3914

## Stückliste: 2,4-GHz-Sender-Check SC 2400

### Widerstände:

4k7Ω/SMD .....	R4
10kΩ/SMD .....	R2
22kΩ/SMD .....	R3
100kΩ/SMD .....	R1
1MΩ/SMD .....	R5

### Kondensatoren:

1nF/SMD .....	C1
100nF/SMD .....	C2
100µF/16V .....	C3, C4

### Halbleiter:

TLC272 .....	IC2
LM3914 .....	IC3
HSMS2850 .....	D11
LED, 3 mm, rot .....	D1-D10

### Sonstiges:

SMD-Induktivität, 10nH, Bauform 0805 .....	L1, L2
Miniatur-Schiebeschalter, 1 x um .....	S1
Batteriehalter für LR44-Batterien, print .....	BAT1-BAT3
3 Knopfzellen, LR44	
1 Kunststoff-Element-Gehäuse, Typ G430, bearbeitet und bedruckt	
15 cm Schaltaht, blank, versilbert	

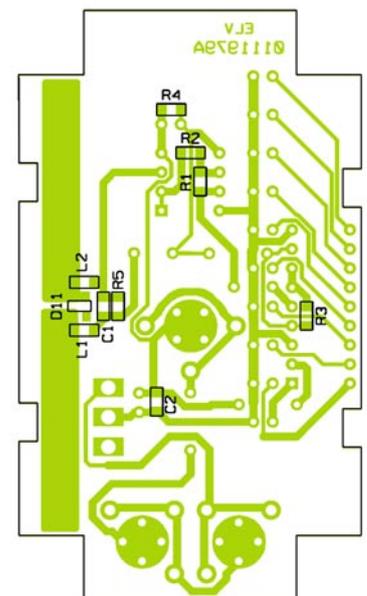
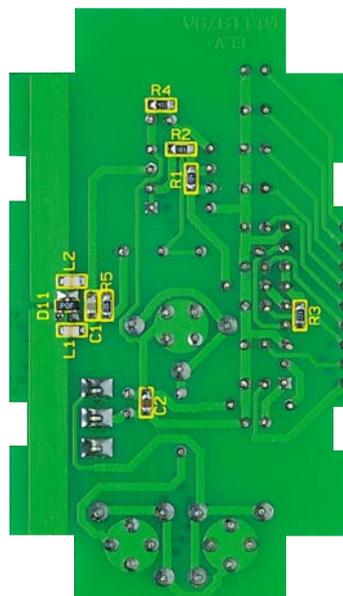
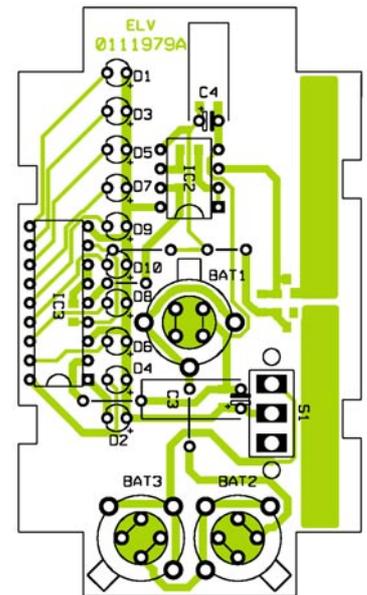
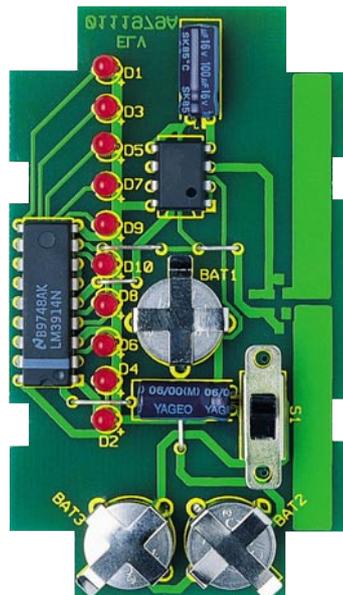
und R 4 stellt sich an Pin 8 eine Spannung von 1,25 V und an Pin 6 eine Spannung von 2,5 V ein. Weiterhin wird der Strom durch die einzelnen LEDs durch den aus Pin 7 herausfließenden Strom bestimmt.

Die IC-interne Widerstandskette für die Komparatorschwellen der einzelnen LEDs ist über die Pins  $R_{HI}$  und  $R_{LO}$  (Pin 6 und Pin 4) nach außen geführt und wird in dieser Anwendung direkt mit der 1,25-V-Referenzspannung verbunden. Daher entspricht jede LED einer Spannungsstufe von 125 mV. Liegt der Signaleingang SIG, Pin 5, auf 1,25 V, leuchtet keine LED, ab 2,5 V Eingangsspannung leuchten alle LEDs.

Da sich der Gleichspannungs-Bezugspunkt der beiden OP-Verstärkerschaltungen auf 1,25 V befindet, kann das Empfangssignal direkt auf Pin 5 geführt werden. Die Stärke des Empfangssignals lässt sich so auf der LED-Kette ablesen. Die Spannungsversorgung der Schaltung erfolgt mit 3 Knopfzellen des Typs LR44.

## Nachbau

Die sowohl aus SMD- als auch aus be-drahteten Bauelementen bestehende Schaltung ist schnell und einfach aufzubauen. Dazu wird die 78 x 44 mm messende ein-seitige Platine anhand von Bestückungs-



**Ansicht der fertig bestückten Platine des SC 2400 mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite**

plan, Platinenfoto und Stückliste zunächst mit den SMD-Bauelementen bestückt. Es empfiehlt sich die Verwendung eines Löt-kolbens mit bleistiftspitzer Spitze, auf sauberes Löten ist unbedingt zu achten.

Im ersten Schritt muss das entsprechende Pad leicht vorverzinnt werden. Anschließend ist das Bauteil mit einer Pinzette zu platzieren, festzuhalten und zunächst auf einer Seite zu verlöten. Vor dem beidseitigen Verlöten ist die korrekte Position zu überprüfen.

Nach Komplettierung der SMD-Bestückung werden auf der Komponentenseite zunächst die Brücken montiert. Bei der Montage der Brücken unterhalb der Batterien ist darauf zu achten, dass diese möglichst plan auf der Platine aufliegen. Die Elkos werden liegend montiert, die LEDs sind so einzubauen, dass der Abstand zwischen Gehäuseunterkante und Platinen-

oberfläche 4,8 mm beträgt. An dieser Stelle folgt der Einbau der Batteriehalter und des Schiebeschalters, der im Abstand von 1,5 mm zur Platine verlötet wird.

Bei der Montage von IC 1 und IC 2 ist auf die Übereinstimmung der Markierungen im Bestückungsdruck und am Bauteil zu achten.

Nachdem der Aufbau im Hinblick auf Lötzinnbrücken und korrekte Bestückung kontrolliert wurde, schiebt man die 3 Batterien in die entsprechenden Halter. Die so komplettierte Platine wird in das Oberteil des Gehäuses eingelegt, der Gehäuseboden ist aufzusetzen und mit den beiliegenden Schrauben zu fixieren. Damit ist der SC 2400 fertiggestellt. Nach dem Einschalten lässt sich die ordnungsgemäße Funktion durch Annäherung an einen 2,4-GHz-Sender oder einen Mikrowellenherd überprüfen.