



Warnt vor „dicker“ Luft – HomeMatic®-CO₂-Sensor

Zu hohe Kohlendioxid-Konzentrationen in Räumen führen zu Müdigkeit, Leistungsabfall, Kopfschmerzen. Leider bemerkt man eine ansteigende CO₂-Konzentration nicht ohne Weiteres. Der neue HomeMatic-CO₂-Sensor erledigt diese Aufgabe. Er überwacht die Luftqualität im Raum und gibt bei Erreichen einer eingestellten CO₂-Schwelle eine Warnung an die Zentrale ab bzw. löst direkt einen entsprechenden Aktor aus.

CO₂ rechtzeitig erkennen

Kohlendioxid (exakter Name: Kohlenstoffdioxid) ist eigentlich ein natürlicher Bestandteil der Luft (Tabelle 1), der zum einen durch Verbrennen von Kohlenstoff (landläufig: „fossile Brennstoffe“) und zum anderen als Atemprodukt von Lebewesen entsteht. Und dieses Gas CO₂ ist lebensnotwendig – für die Pflanzen, die per Photosynthese daraus Glukose produzieren, wie wir alle noch aus dem Biologieunterricht wissen. Allerdings trägt die großtechnische Erzeugung und Nutzung von Kohlendioxid durch den Menschen entscheidend zum berüchtigten Treibhaus-Effekt und damit zur Erderwärmung bei. So viel zur globalen Auswirkung von CO₂.

Wir wollen hier jedoch einen anderen Aspekt betrachten – die Auswirkung eines Raumklimas mit hohem CO₂-Gehalt auf den Menschen.

Wie gesagt, Kohlendioxid entsteht als Atemprodukt, als farb- und geruchloses Gas, das in höheren Konzentrationen Auswirkungen auf unseren gesundheitlichen Zustand hat, da es direkt auf das Atemzentrum im Gehirn einwirkt. Diesen Effekt kennt jeder, der einen Raum betritt, in dem

Technische Daten: HM-CC-SCD

Spannungsversorgung:	230 VAC/50 Hz
Leistungsaufnahme:	max. 1,1 W
Protokoll:	BidCos®
Reichweite:	bis 100 m (Freifeld)
Abm. (B x H x T):	63 x 125 x 41 mm

Tabelle 1: Zusammensetzung der „reinen“ Luft in Erdnähe

Gas	Formel	Volumenanteil
Hauptbestandteile		
Stickstoff	N ₂	78,08 %
Sauerstoff	O ₂	20,95 %
Argon	Ar	0,934 %
Gehalt an Spurengasen		
Kohlenstoffdioxid	CO ₂	0,035 %
Neon	Ne	18,0 ppm
Helium	He	5,0 ppm
Methan	CH ₄	1,7 ppm
Krypton	Kr	1,0 ppm
Wasserstoff	H ₂	500,0 ppb
Distickstoffoxid	N ₂ O	317,0 ppb
Kohlenstoffmonoxid	CO	200,0 ppb
Xenon	Xe	90,0 ppb

ppm = parts per million (10⁻⁶), ppb = parts per billion (10⁻⁹)

sich längere Zeit Menschen aufhalten und der ebenso lange nicht ge- oder belüftet wurde – es entsteht ein Raumklima mit „schlechter“ Luft. Der Mensch im Raum bemerkt diese schleichende Verschlechterung des Raumklimas lange nicht, er gewöhnt sich bis zu einem gewissen Punkt daran.

Betritt man hingegen von außen einen Raum mit schlechtem Raumklima, wird die Luft oft sofort als unangenehm empfunden. Hauptsächlich verantwortlich für ein schlechtes Raumklima und somit stickige Luft ist der langsame Anstieg der Kohlendioxid-Konzentration in der Atemluft. Während die natürliche Konzentration von CO₂ in der Luft heute ca. 0,04 % beträgt, gilt in der Arbeitswelt ein oberer Grenzwert von 0,5 % bei 8 Stunden Aufenthalt. Bereits ab 1,5 % Konzentration fällt das Atmen (unmerklich) schwerer, was man selbst aber kaum bemerkt, da der Prozess schleichend ist. Ab einer Konzentration von 5 % in der Atemluft treten Kopfschmerzen und eventuell bereits Schwindelgefühle auf, noch höhere Konzentrationen führen zur Bewusstlosigkeit und zum Tod. Aus diesem Grund sind auch an allen industriellen Arbeitsplätzen, an denen mit diesem Gas umgegangen werden muss, entsprechende Mess- und Alarmgeräte vorgeschrieben. Wie gefährlich dieses Gas in hohen Konzentrationen ist, kann man an publizierten Unfällen u. a. auf Bauernhöfen ersehen, wo es immer wieder Todesfälle beim Reinigen von Güllegruben oder Silos gibt. Hier treten derart hohe Konzentrationen auf, dass eine Selbstrettung und meist auch eine Rettung durch hinzueilende Helfer kaum möglich ist.

Viel häufiger, und das ist unser Thema hier, setzen wir uns jedoch in geschlossenen Räumen, ob Wohnung oder Büro, der schleichenden Erhöhung durch die Atemtätigkeit aus. Folgen sind Schläfrigkeit/Müdigkeit, abfallende geistige und körperliche Leistung, Unwohlsein. Dagegen hilft ein ganz einfaches Mittel – Lüften! Und hier setzt der HomeMatic-CO₂-Sensor an: Er meldet sich, sobald eine bestimmte CO₂-Konzentrationsschwelle überschritten wird, entweder bei der HomeMatic-Zentrale, die entsprechende, vielfältig programmierbare Reaktionen auslöst, oder aber er löst direkt einen HomeMatic-Aktor wie etwa die WinMatic (Abbildung 1) aus, die selbstständig das Fenster zum Lüften öffnet. Auch andere Aktoren sind hier einsetzbar, so z. B. ein Schaltaktor, der eine vorhandene Lüftungsanlage in Gang setzt. Der Vorteil eines solchen Sensors: Er ist im Gegensatz zum schleichenden Gewöhnungsprozess der menschlichen Wahrnehmung objektiv! Einmal in Gang gesetzt, orientiert er sich an den eingestellten Grenzwerten und überwacht automatisch die CO₂-Konzentration – irgendeine Bedienung



Bild 1: Der ideale Partner des CO₂-Sensors: Die WinMatic öffnet und schließt automatisch das Fenster und ermöglicht so automatisches Lüften bei einer Grenzwertüberschreitung.

ist nicht erforderlich, selbst ein Batteriewechsel entfällt aufgrund des notwendigen Netzbetriebs. Durch das grundsätzliche Arbeitsprinzip der HomeMatic-Funk-Komponenten ist der Betrieb dieses Sensors auch als besonders sicher und zuverlässig anzusehen.

Der Gas-Sensor

Der eingesetzte Sensor, dessen Aufbau in Abbildung 2 zu sehen ist, stammt von der japanischen Firma „Figaro Engineering“, es ist der TGS 4161. Dieser Sensor ist speziell für die CO₂-Erfassung konzipiert, er zeichnet sich durch einen besonders kompakten Aufbau, geringe Leistungsaufnahme und Langlebigkeit aus. Besonders Letztere hat hier durch neue Materialien und eine gegenüber Vorgängergenerationen deutlich leistungsärmere Sensorheizung (und damit geringere Sensor-Alterung) profitiert. Das Design des Sensors ist dazu so ausgelegt, dass er erhöhten Anforderungen an eine stabile Funktion bei Temperatur- und Luftfeuchteschwankungen genügt.

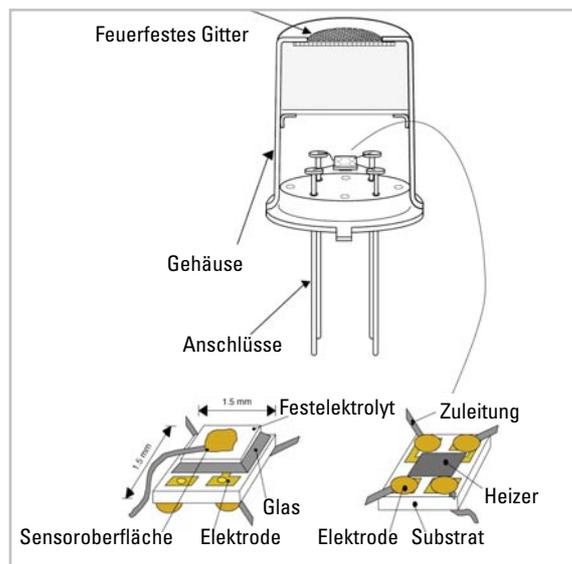


Bild 2: Der Aufbau des Sensors TGS 4161

Der eigentliche Sensor ist in einem festen Elektrolyten eingebettet, der wiederum auf einem Glassubstrat sitzt. Auf dessen gegenüberliegenden Seite befindet sich der zur Auslösung der chemischen Reaktion am Sensor nötige Heizer, der das Sensor-Element auf ca. 450 °C aufheizt. Bei dieser Temperatur adsorbiert das Sensormaterial Sauerstoff-Moleküle aus der Raumluft. Diese elektrisch negativen Sauerstoffmoleküle binden Elektronen aus der Sensoroberfläche, worauf das Sensor-Element elektrisch positiver wird und sein elektrischer Widerstand bis zu einem bestimmten Maximalwert ansteigt, der konstant bleibt. Steigt jetzt der Anteil von CO₂-Molekülen in der Luft an, so verdrängen diese die Sauerstoffmoleküle mit der Folge, dass deren Einwirkung auf die Sensoroberfläche absinkt. Zusätzlich geben die CO₂-Moleküle sogar Elektronen an das Sensor-Element ab. Damit wird die Wirkung des Sauerstoffs auf den Sensor umgekehrt – der elektrische Widerstand des Sensors sinkt mit steigender CO₂-Konzentration in der Raumluft.

Je nach Sensor-Material reagieren Gas-Sensoren unterschiedlich auf bestimmte Gase in der Luft. Es gibt „breitbandige“ Sensoren, die auf mehrere Gase gleichermaßen reagieren (allgemeine Luftgüte-Sensoren), aber auch spezialisierte Sensoren wie eben der hier verwendete, die ganz speziell auf ein bestimmtes Gas reagieren. Abbildung 3 zeigt die Empfindlichkeit des TGS 4161 bei Einwirkung verschiedener Gase, bezogen auf eine Konzentration von 350 ppm. Signifikant ist der starke Empfindlichkeits-Anstieg auf CO₂ bei 350 ppm, also eine sehr geringe Querempfindlichkeit auf andere Gase, was diesen Sensor eben auf CO₂ spezialisiert. 350 ppm ist etwa die natürliche CO₂-Konzentration von Frischluft, deshalb gilt dieser Wert als Bezugswert für die Messung.

Der Empfindlichkeitsbereich des Sensors beträgt 350 bis 10.000 ppm, womit ein breiter Anwendungsbereich erfasst wird, beginnend beim unteren Grenzwert für die Gaskonzentration am Arbeitsplatz.

Trotz der guten Messeigenschaften ist der Sensor aufgrund einer relativ hohen Drift aber nicht für genaue Absolutmessungen geeignet. In bestimmten Zeitabständen muss eine Nachkalibrierung erfolgen, indem die Ausgangsspannung bei „Frischluft“ ermittelt und als Referenz gespeichert wird. Dies geschieht durch einen automatischen Abgleich mit dem niedrigsten CO₂-Pegel innerhalb von 24 Stunden. Allerdings ist auch jederzeit ein manueller Abgleich möglich.

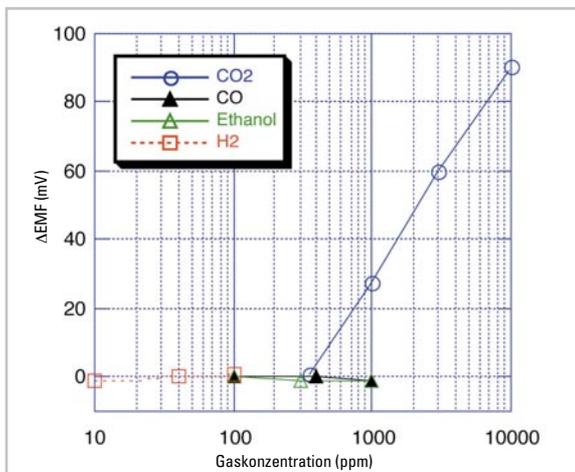


Bild 3: Die Grafik zeigt die Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Gasen, bezogen auf 350 ppm. Deutlich ist zu sehen, dass der Sensor CO₂ präferiert.

Betrieb und Bedienung

Die Inbetriebnahme erfolgt sehr einfach durch das Einstecken des Gerätes in eine Netzsteckdose, gefolgt von einer Aufwärmphase von 15 Minuten. Innerhalb von 24 Stunden führt das Gerät dann eine automatische Referenzwertspeicherung am Einsatzort aus und passt sich so an die konkrete Umgebung an. Dieser Abgleich ist auch jederzeit manuell ausführbar, etwa bei wechselndem Einsatzort oder geänderter Klimatisierung des Raums.

Als sinnvolle direkte Anlernpartner kommen, wie bereits erwähnt, vor allem Geräte wie die WinMatic oder HomeMatic-Schaltaktoren in Frage.

Mit der HomeMatic-Zentrale lassen sich dabei die vielfäl-

tigen Verknüpfungen und Programme in der gewohnt einfachen Weise erstellen. Hier ist es auch möglich, weitere Grenzwerte auszuwählen, Aktivzeiten für die Aktoren zu definieren, Benachrichtigungen zu generieren usw.

Detailliertere Hinweise zur Bedienung finden sich in der zum Gerät mitgelieferten Bedienungsanleitung.

Schaltung

Kommen wir nun zur Schaltungsbeschreibung des am 230-V-Netz zu betreibenden Sensors. Die komplette Schaltung ist in Abbildung 4 zu sehen.

Der Varistor VDR 1 dient als Schutz vor Überspannung und R 1 kommt als Sicherungswiderstand zum Einsatz. Durch die Gleichrichtung der 230-V-Wechselspannung mit den Dioden D 1 bis D 4 und anschließender Siebung mittels der beiden Kondensatoren C 1, C 2 und der Spule L 1 entsteht eine Gleichspannung. Diese Spannung liegt am Drain-Anschluss des Schaltreglers IC 2. Der Schaltkreis IC 2 vom Typ VIPer12A beinhaltet alle wesentlichen Baugruppen eines Schaltnetzteils. Neben einem integrierten Leistungs-MOSFET, der als Schalter arbeitet, sind hier alle Regelungs- und Sicherungsfunktionen bereits implementiert. Im Anlaufmoment erhält das IC seine Versorgungsspannung über eine interne strombegrenzte Quelle aus dem Drain-Anschluss. Anschließend läuft der interne Oszillator an.

Auch die weiteren internen Stufen werden aktiv und der Power-MOSFET beginnt zu schalten. Die Begrenzung des Drain-Stromes erfolgt über eine interne Regelschaltung und den externen Feedback-Anschluss. Für den Betrieb des Schaltreglers werden zusätzliche externe Bauteile wie die Freilaufdiode D 5 und die Speicherdrossel L 2 benötigt. Mit der Z-Diode D 7 und dem Widerstand R 2 wird die Ausgangsspannung +UB eingestellt. Die Kondensatoren C 3 und C 4 unterstützen die Spannungsversorgung des Schaltreglers, während die Diode D 6 für eine Entkopplung zwischen Regelkreis und Versorgungskreis sorgt. Die beiden Kondensatoren C 5 und C 6 unterstützen das Regelverhalten des VIPer12A. Um die erzeugte Spannung +UB zu glätten, ist der Kondensator C 7 nachgeschaltet.

Mit Hilfe der Z-Diode D 9 werden eventuell auftretende Spannungsspitzen auf maximal 12 V begrenzt. Die Spannung +UB dient als Eingangsspannung für den Spannungsregler IC 3 vom Typ 78L33ABZ. Dieser Spannungsregler erzeugt eine Spannung von 3,3 V für den Betrieb der Schaltung. Die Kondensatoren C 8, C 9, C 11, C 15, C 16 und der Elektrolyt-Kondensator C 10 werden zur Blockung und Glättung eingesetzt.

Im Mittelpunkt der Schaltung steht der Mikrocontroller IC 1, an dem als Taktgeber der Keramikschwinger Q 1 angeschlossen ist. Er stabilisiert die Taktfrequenz auf 8 MHz. Der an 3,3 V liegende Widerstand R 6 ist für einen definierten Reset nach dem Anlegen der Spannung zuständig.

Die DUO-LED D 10 wird über die Widerstände R 4 und R 5 mit dem Mikrocontroller verbunden.

Das Transceivermodul TRX 1 wird über das Mikrocontroller-interne „Serial Peripheral Interface“ (SPI) angesteuert. Das SPI gliedert sich in folgende Signale:

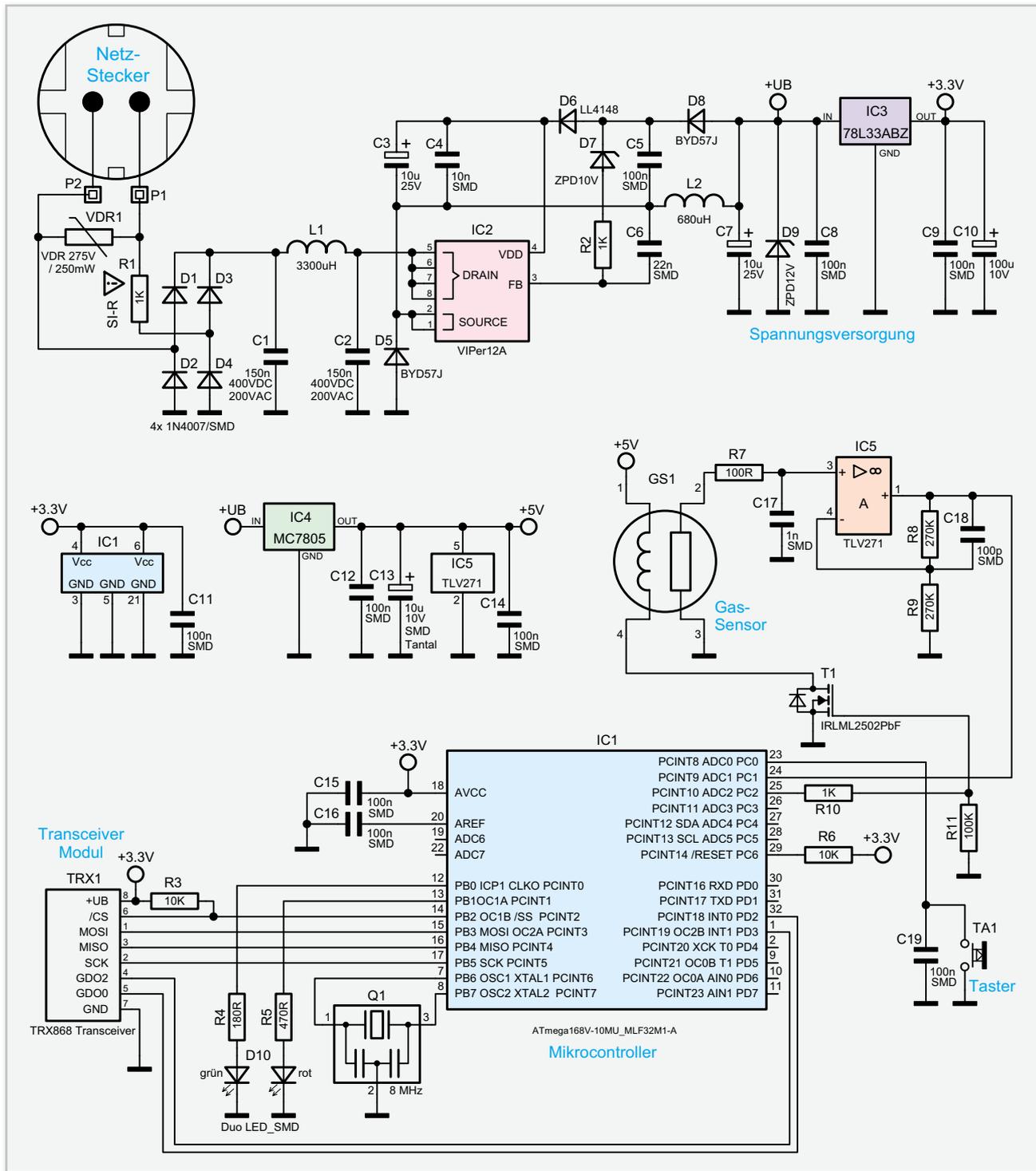


Bild 4: Die Gesamtschaltung des CO₂-Sensors

- Master out Slave in (MOSI)
- Master in Slave out (MISO)
- Clock (SCLK)
- Chip Select (CS) inkl. R 3 als Pull-up-Widerstand

Der Taster TA 1 hat die Bedienung der Schaltung zu Anlern- und Konfigurationszwecken zur Aufgabe. Der Kondensator C 19 dient dabei als Abblockkondensator. Der Spannungsregler IC 4 MC7805 dient zur Versorgung des Mess-Zweiges. C 12, C 13 und C 14 sind dabei zur Glättung und Blockung eingesetzt. Der Festelektrolyt-Sensor TGS 4161 (GS 1) dient zur Messung der CO₂-Konzentration in der Umgebungsluft. Der Sensor erzeugt, wie bereits beschrieben, eine elektrische Spannung in Abhängigkeit von der umgebenden Gas-

konzentration. Zur Messung wird dabei das Sensor-Element mit Hilfe eines integrierten Heizelementes auf ca. 450° C erhitzt und die Zellenspannung gemessen. Wichtig ist dabei ein sehr hoher Eingangswiderstand der Messschaltung (>1000 MΩ) und ein äußerst geringer Bias-Strom von <1 pA. Während R 7 und C 17 hochfrequente Störeinkopplungen verhindern, bestimmen die Widerstände R 8 und R 9 die Verstärkung der Schaltung.

Die Ausgangsspannung des Messverstärkers wird direkt auf den A/D-Wandler-Eingang des Mikrocontrollers (IC 1) geführt. Um das Heizelement des Sensors zu schalten, sind der MOSFET T 1 IRLML2502PbF und die Widerstände R 10 und R 11 eingesetzt.



Ansicht der fertig bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan, links Oberseite, rechts Unterseite (SMD-Seite)

Nachbau

Achtung! Aufgrund der im Gerät frei geführten Netzspannung dürfen Aufbau und Inbetriebnahme ausschließlich von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind unbedingt zu beachten. Außerdem ist bei allen Arbeiten am geöffneten Gerät, z. B. bei der Reparatur, ein Netztrenntransformator zu verwenden.

Platine

Auf der Platine sind bereits alle SMD-Bauteile vorbestückt, nur noch die bedrahteten Bauteile sind zu montieren. Die Bestückung der Bauteile erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste, des Bestückungsplans und unter Zuhilfenahme der Platinfotos. Dabei ist zu beachten, dass die Elektrolyt-Kondensatoren unbedingt mit der richtigen Polarität (Markierung beachten) einzulöten sind. Auch beim hochwertigen Gas-Sensor GS 1 und dem Spannungsregler IC 3 ist die Polarität zu beachten. Die Gehäusemarken müssen exakt mit dem entsprechenden Symbol im Bestückungsdruck der Pla-

tine übereinstimmen. Als Nächstes erfolgt das Transceiver-Modul TRX 1, das gemäß dem Bestückungsdruck aufgelötet wird. Bei Aufsetzen auf die Platine ist die Antenne des Transceiver-Moduls jedoch durch die entsprechende Bohrung zu führen. Im nächsten Schritt werden dann die Antennenhalter montiert und die Transceiverantenne durch die jeweils höchste Bohrung geführt. Sodann sollte die Antennenposition mit Heißkleber o. Ä. gesichert werden. Das Platinfoto und auch die Abbildung 5 zeigen die so verlegte Antenne.

Endmontage & Gehäuseeinbau

Der Einbau der Schaltung erfolgt in das HomeMatic-Stecker-Steckdosen-Gehäuse mit den Blenden und dem Belüftungseinsatz. Im ersten Schritt der Endmontage ist das Gehäuse für den Zusammenbau vorzubereiten. Dazu wird die innere silberne Blende mit zwei TORX-Schrauben (18 x 6 mm) in der Oberhalbschale verschraubt sowie die obere silberne Blende auf der Gehäuseoberseite, der LED-Lichtleiter und die Tastkappe eingesetzt.

Nun wird der Steckereinsatz entsprechend Abbildung 6 zusammengesetzt und es folgt die Montage desselben. Dazu

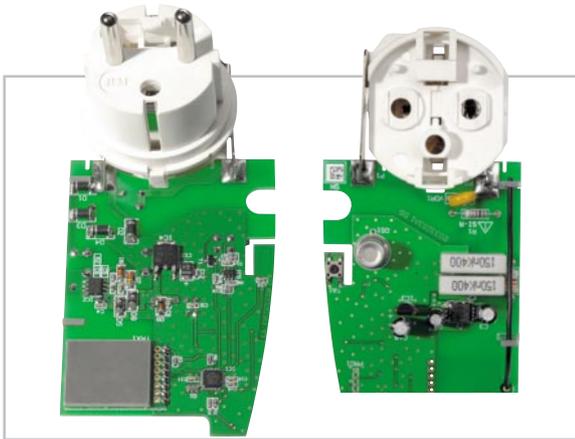


Bild 5: Montage der Antennenhalter

setzt man die Platine mit der Bestückungsseite nach oben auf die Leitbleche und schiebt diese so weit in Richtung Steckdoseneinsatz, dass die Leitbleche bis zum Anschlag in die dafür vorgesehenen Platinenschlitze eintauchen.

Die Leitbleche werden nun entsprechend der Länge vom Anschlusspad gekürzt. Durch ein provisorisches Einsetzen dieser Einheit in die untere Gehäusehalbschale lässt sich der korrekte Sitz der Verbindung nochmals prüfen, bevor dann die Leitbleche mit ausreichend Lötzinn über die gesamte Länge (!) mit den zugehörigen Lötflächen verbunden werden. Abbildung 7 zeigt die so verlötete Einheit von allen Seiten. Danach setzt man die fertig montierte Platineneinheit in die Unterschale ein. Nun wird die Belüftungskappe so auf die Abdeckplatte des Steckereinsatzes aufgesetzt, dass die drei Nippel in die zugehörigen Aussparungen fassen. Anschließend ist das Belüftungsgitter so auf die Belüftungskappe aufzusetzen, dass die Rastnasen passend einrasten (siehe auch Abbildung 7). Schließlich erfolgt das Aufsetzen des Ge-

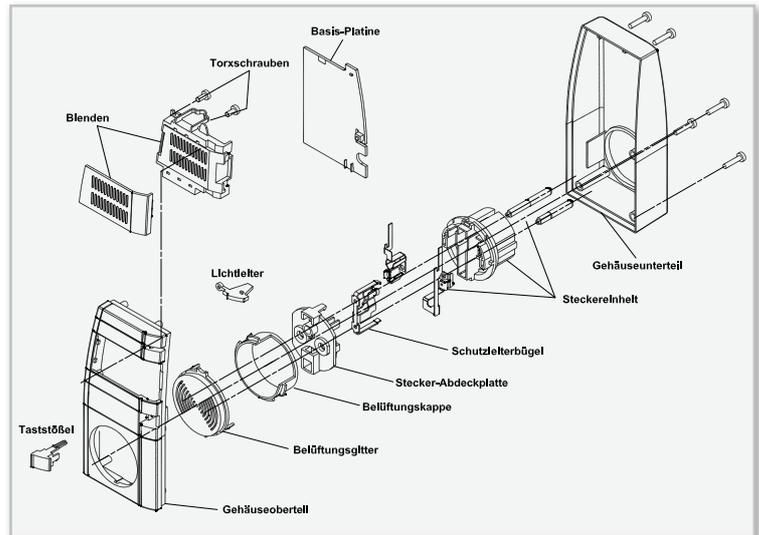


Bild 6: Explosionszeichnung des Gehäuses mit den Details zur Montage

häuseoberteils auf das Unterteil, wobei darauf zu achten ist, dass die Lautsprechereinheit genau in der dafür vorgesehenen Aussparung liegt, und dann werden beide Gehäuseteile mit den fünf zugehörigen Gehäuseschrauben verschraubt. Damit ist das Gerät betriebsbereit und kann seinen Dienst aufnehmen. **ELV**



Bild 7: So erfolgt die Montage und das Verlöten des Stecker-Steckdoseneinsatzes mit der Platine

Stückliste: HM-CC-SCD

Widerstände:

100 Ω /SMD/0603	R7
180 Ω /SMD/0603	R4
470 Ω /SMD/0603	R5
1 k Ω /SMD/0603	R2, R10
Sicherungswiderstand 1 k Ω , 0,5 W	R1
10 k Ω /SMD/0603	R3, R6
100 k Ω /SMD/0603	R11
270 k Ω /SMD/0603	R8, R9
Varistor, 275 V, 250 mW	VDR1

Kondensatoren:

100 pF/SMD/0603	C18
1 nF/SMD/0603	C17
10 nF/SMD/0603	C4
22 nF/SMD/0603	C6
100 nF/SMD/0603	C5, C8, C9, C11, C12, C14–C16, C19
150 nF/200 V _{Ac} /400 V _{Dc}	C1, C2
10 μ F/10 V/SMD/tantal	C13
10 μ F/25 V/105 °C	C3, C7
100 μ F/10 V/105 °C	C10

Halbleiter:

ELV09870/SMD	IC1
VIPer12A/SMD	IC2
78L33	IC3
MC7805CDT/SMD	IC4
TLV271/SMD	IC5
IRLML2502PbF/SMD	T1
SM4007/SMD	D1–D4
BYD57J	D5, D8
LL4148	D6
ZPD10V/SMD	D7
ZPD12V/SMD	D9
Duo-LED, Rot/Grün, SMD	D10

Sonstiges:

Keramikschwinger, 8 MHz, SMD	Q1
Festinduktivität, 3300 μ H	L1
SMD-Induktivität, 680 μ H/150 mA	L2
Mini-Drucktaster, 1x ein, 0,9 mm Tastknopflänge	TA1
CO ₂ -Gas-Sensor TGS4161, print	GS1
Sender-/Empfangsmodul TRX868, 868 MHz	TRX1
2 Antennenhalter für Platinen	
1 Gehäuse, komplett, bearbeitet und bedruckt	