



CO₂-Warner

Der CO₂-Warner dient zur Luftqualitäts-Überwachung in Innenräumen, wo der CO₂-Gehalt ein wichtiges Beurteilungskriterium ist. Der Warner überwacht den CO₂-Gehalt und gibt akustisch und optisch Alarm, sobald der vorgegebene Grenzwert überschritten wird.

Allgemeines

Eine objektive Unterscheidung zwischen „guter Luft“ und „schlechter Luft“ ist ohne Hilfsmittel schwierig, da sich der Spürsinn des Menschen an eine langsame Verschlechterung der Raumluft gewöhnt.

Betritt man hingegen von außen einen Raum mit schlechtem Raumklima, wird die Luft oft sofort als stickig empfunden.

Hauptsächlich verantwortlich für ein schlechtes Raumklima und somit stickige Luft ist der langsame Anstieg der Kohlendioxid(CO₂)-Konzentration.

Besonders wenn sich mehrere Personen in einem geschlossenen Raum aufhalten, kommt es recht schnell zu einem Anstieg

der CO₂-Konzentration, da jeder Mensch, je nach Tätigkeit zwischen ca. 20 und ca. 70 Liter CO₂ in der Stunde ausatmet.

In frischer Außenluft herrscht ständig eine CO₂-Grundkonzentration von ca. 350 ppm.

Die natürlichen oder vom Menschen

verursachten Schwankungen in der Außenluft sind recht gering und haben eine lange Zeitkonstante.

Der Kohlendioxid-Ausstoß ist für die langsame Klimaerwärmung verantwortlich, so dass dieses Gas auch als „Treibhausgas“ bezeichnet wird. Neben der Aus-

Technische Daten: CO₂-Warner

Alarmausgabe:	akustisch und optisch
Ansprechschwelle:	einstellbar: 600 ppm, 1200 ppm; 3000 ppm, 5000 ppm über Abgleichpegel
Abgleich:	automatisch und auf Tastendruck bei Frischluft
Anzeigen:	Abgleichmode, Alarm
Betriebsspannung:	7–20 V DC
Stromaufnahme:	ca. 150 mA
Abmessungen (B x H x L):	58 x 24 x 52 mm

atmung von Mensch und Tier sind vor allem Verbrennungsprozesse für den CO₂-Ausstoß verantwortlich. So werden von einer Ölheizung mehr als 1000 kg CO₂ im Jahr emittiert.

Während die CO₂-Außenluftkonzentration in der vorindustriellen Zeit noch bei ca. 260 ppm lag, ist heute in „reiner“ Außenluft eine Konzentration von ca. 350 ppm zu messen. Stadtluftwerte im Freien können durchaus Konzentrationen von 700 ppm und mehr aufweisen. Typische CO₂-Konzentrationen und die Auswirkungen auf den Menschen zeigt die Tabelle 1.

Die Einsparung von Brennstoff durch eine gezielte Frischluftzufuhr ist nicht nur ökonomisch, sondern kann auch erheblich zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes beitragen.

Um eine gezielte Frischluftzufuhr in Wohnräumen zu ermöglichen, benötigen automatische Lüftungssysteme und -steuerungen Messsysteme zur Luftqualitätsbeurteilung. Die CO₂-Konzentration ist mit modernen Sensoren zu erfassen und eines der wichtigsten Kriterien zur Beurteilung der Raumluftqualität.

Einer der führenden Hersteller auf dem Gebiet der Gassensoren ist die japanische Firma Figaro, die unter der Bezeichnung TGS 4161 einen Festelektrolyt-Sensor zur Messung der CO₂-Konzentration in der Umgebungsluft herstellt. Der Sensor erzeugt eine elektrische Spannung in Abhängigkeit von der umgebenden Gaskonzentration. Zur Messung wird dabei das Sensorelement 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.

Da die natürliche CO₂-Konzentration von Frischluft bei ca. 350 ppm liegt, gilt dieser Wert als Bezugswert für die Messung. Die Grafik in Abbildung 1 zeigt die Empfindlichkeit des Sensors in Abhängigkeit von der CO₂-Konzentration, wobei auch hier die typische Umgebungskonzentration von 350 ppm als Bezugswert gilt. Wie zu sehen ist, besitzt der Sensor eine sehr geringe Querempfindlichkeit auf andere Gase.

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. Diese Referenzwertmessung erfolgt beim CO₂-Warner automatisch, wobei davon ausgegangen wird, dass dem Sensor zumindest zeitweise innerhalb eines Messzeitraumes Frischluft (Außenluft) zugeführt wird. Da der Minimalwert

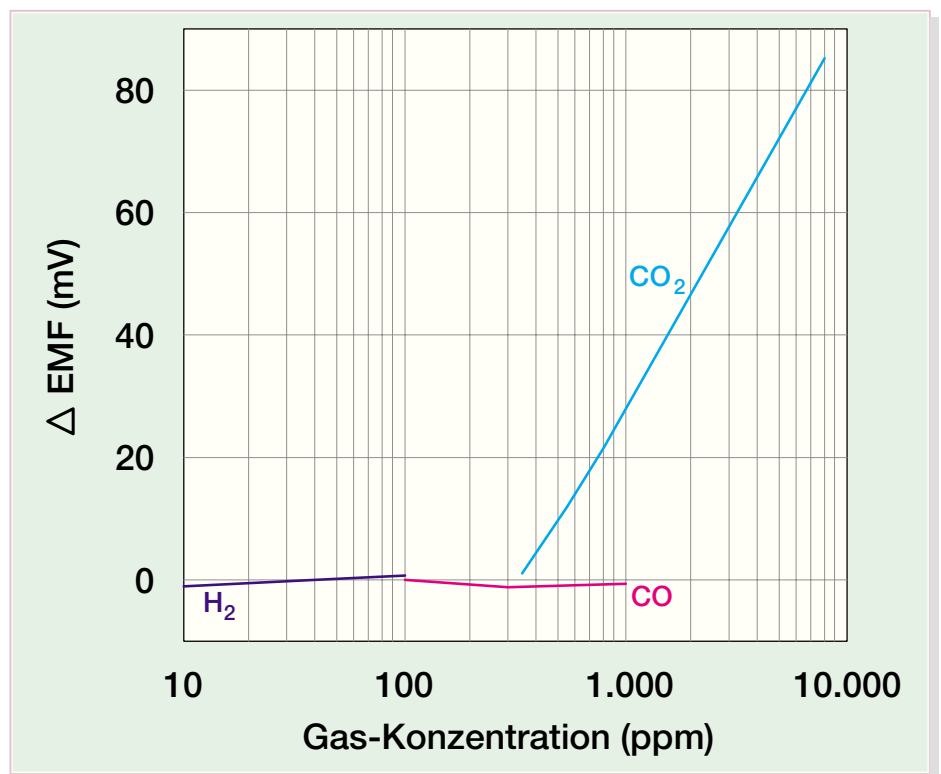


Bild 1: Empfindlichkeit des TGS 4161 in Abhängigkeit von der CO₂-Konzentration

innerhalb dieses Zeitraumes mindestens einer CO₂-Konzentration von 350 ppm entspricht, wird dieser Wert als Referenz abgespeichert. Grundsätzlich wird für die CO₂-Messung die Differenz zum abgespeicherten Referenzwert ausgewertet.

Bedienung

Die Bedienung des CO₂-Warners ist sehr einfach, da nur 1 Taster, 2 interne Codier-

brücken und 2 Leuchtdioden vorhanden sind.

Mit Hilfe der Codierbrücken wird die Ansprechempfindlichkeit in 4 Stufen entsprechend der Tabelle 2 zwischen ca. 600 ppm und 5000 ppm oberhalb des Referenzwertes eingestellt.

Neben der automatischen Referenzwertmessung und -speicherung kann auch jederzeit manuell ein Abgleich bei Frischluft durchgeführt werden. Dazu wird der Sen-

Tabelle 1: Typische CO ₂ -Konzentrationen und die Auswirkungen auf den Menschen	
260 ppm	Außenluft in vorindustrieller Zeit
350 ppm	typischer Wert für „reine Außenluft“ heute
700 ppm	typische Stadtluftwerte im Freien
1400 ppm	Stadtluftwerte in Wohnungen und Bürogebäuden
5000 ppm	maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK-Wert)
20.000 ppm	Kurzzeit-Maximalwert
40.000–50.000 ppm	Ausatmungsluft
80.000–100.000 ppm	tödliche Dosis bei längerer Einatmung
>100.000 ppm	tödliche Dosis bei kurzzeitiger Einatmung

Tabelle 2: Auswahl der Ansprechempfindlichkeit oberhalb des gespeicherten Referenzwertes			
Schwelle	JP 1	JP 2	CO ₂ -Konzentration über Referenzwert
1	offen	offen	600 ppm
2	geschlossen	offen	1200 ppm
3	offen	geschlossen	3000 ppm
4	geschlossen	geschlossen	5000 ppm

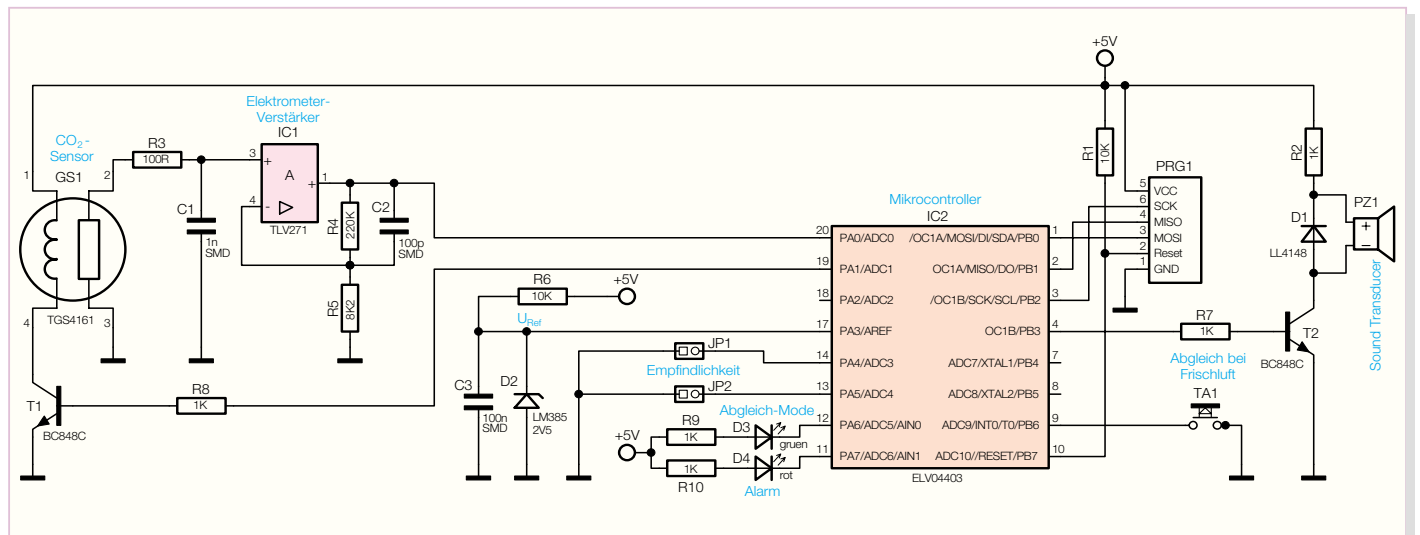


Bild 2: Schaltung des CO₂-Warners

sensor Frischluft ausgesetzt und die Abgleich-taste betätigt. Nach der Tastenbetätigung erfolgt zunächst die Anzeige der selektierten Ansprechempfindlichkeit. Je nachdem, wie die Codierbrücken gesetzt sind, werden zwischen 1 und 4 Blinkimpulse (Schwelle 1–4) ausgegeben. Während der Referenzwertfassung leuchtet die grüne Abgleich-LED und erlischt erst, wenn der Messwert im prozessorinternen EEPROM abgespeichert wurde.

Sobald die gemessene CO₂-Konzentration den eingestellten Grenzwert überschreitet, erfolgt dann die optische (rote LED) und akustische Alarmierung.

Schaltung

Für die Signalauswertung des Sensors ist es wichtig, dass die Zellenspannung des Sensors so hochohmig wie möglich abgegriffen wird. Laut Sensor-Datenblatt muss der Eingangswiderstand der Messschaltung mindestens 1000 MΩ betragen, und der Bias-Strom darf nicht mehr als 1 pA betragen. Eine zu niederohmige Sensoran-kopplung würde zur Messwertverfälschung führen und die Lebensdauer des Sensors erheblich verringern.

Der in unserer Schaltung (Abbildung 2) eingesetzte Operationsverstärker des Typs TLV 271 wird als Elektrometerversärker

betrieben und verfügt über einen sehr hoch-ohmigen Eingang (1000 GΩ) und einen Rail-to-Rail-Ausgang.

Während R 3, C 1 hochfrequente Stör-einkopplungen verhindern, bestimmen die Widerstände R 4 und R 5 die Verstärkung der Schaltung (ca. 28fach). Die Ausgangs-spannung des Messverstärkers wird direkt auf den AD-Wandler-Eingang des Mikro-controller (IC 2) geführt.

Wie bereits erwähnt, benötigt das Sen-sorelement zum Betrieb eine Heizung. Das im Sensorgehäuse integrierte Heizelement steht an Pin 1 und Pin 4 zur Verfügung und wird über den Transistor T 1 mit 5 V versorgt. Die Steuerung des Transistors erfolgt wiederum direkt vom Mikrocontroller (Port PA 1).

Eine Referenzspannung von 2,5 V wird mit Hilfe der Referenzdiode D 2 erzeugt und an Port PA 3 des Controllers angelegt. Der Kondensator C 3 dient dabei zur Stör-unterdrückung.

Die Bedienelemente, bestehend aus den beiden Codierbrücken JP 1 und JP 2 sowie dem Abgleichtaster TA 1, sind direkt mit den entsprechenden Prozessorports verbunden. Da der Controller über interne Pull-ups verfügt, ist keine weitere Beschaltung erforderlich.

Bei Überschreiten der Ansprechschwelle (Alarm) wird an Port PB 3 ein 2-kHz-

Signal ausgegeben und mit diesem Signal über R 7 der Transistor T 2 gesteuert. Im Kollektorzweig des Transistors befindet sich wiederum der Sound-Transducer PZ 1 zur akustischen Alarmausgabe.

Die Leuchtdioden D 3 (Abgleich) und D 4 (Alarm) sind direkt mit PA 6 und PA 7 des Mikrocontrollers verbunden und werden über R 9 und R 10 mit Spannung versorgt.

Die recht einfache Spannungsversorgung des CO₂-Warners ist in Abbildung 3 dargestellt, wobei zum Betrieb ein unstabiliertes Steckernetzteil dienen kann. Von BU 1 gelangt die unstabilierte Spannung dann über die Verpolungsschutzdiode D 5 auf den Pufferelko C 4 und direkt auf den Eingang des Spannungsreglers IC 3. Am Ausgang stehen dann stabilisierte 5 V zur Verfügung. Der Elko C 7 verhindert Schwingneigungen am Ausgang des Reglers, und die Kondensatoren C 5, C 6 und C 8 bis C 10 dienen zur hochfrequenten Störunterdrückung. Für den im Mikrocontroller integrierten AD-Wandler erfolgt eine zusätzliche Siebung der Versorgungsspannung mit L 1, C 11 und C 12.

Nachbau

Der CO₂-Warner besteht zwar nur aus wenigen Bauelementen, jedoch erfordert

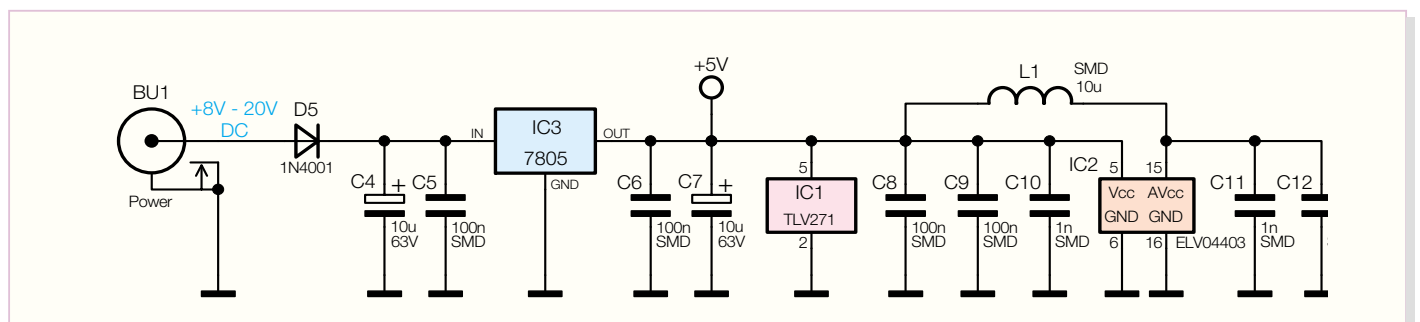


Bild 3: Spannungsversorgung des CO₂-Warners

der praktische Aufbau aufgrund der teilweise winzigen SMD-Bauteile und des geringen Pin-Abstandes beim Mikrocontroller sowie beim Operationsverstärker entsprechende Löterfahrung. Ohne einen LötKolben mit sehr feiner Lötspitze, dünnes SMD-Lötzinn und eine Lupenleuchte oder Lupe ist das kaum zu bewerkstelligen.

Wir beginnen die Bestückung mit dem Mikrocontroller, dessen Polarität durch eine Punktmarkierung an Pin 1 gekennzeichnet ist. Zuerst wird, vorzugsweise an einer Gehäuseecke, ein LötPad der Leiterplatte vorverzinnt, das Bauteil mit einer Pinzette exakt positioniert und vorsichtig am vorverzinnten LötPad angelötet. Das vollständige Verlöten erfolgt, wenn alle Anschlusspins auf den zugehörigen LötPads aufliegen. Versehentlich zwischen die Anschlusspins laufendes Lötzinn ist relativ einfach mit Entlötauglitze zu entfernen.

Im nächsten Arbeitsschritt wird dann der Operationsverstärker IC 1 in der gleichen Weise verarbeitet. Hier ist die Pin 1 zugeordnete Gehäuseseite leicht an den 3 Anschlusspins zu erkennen, während die gegenüberliegende Gehäuseseite nur 2 Anschlusspins besitzt.

Danach werden der SMD-Transistor (T 1) und die SMD-Diode (D 1) aufgelötet. Die SMD-Diode ist an der Katodenseite (Pfeilspitze) durch einen Ring gekennzeichnet.

Weiter geht es danach mit der Bestü-

ckung der SMD-Widerstände, deren Widerstandswert direkt auf dem Gehäuse aufgedruckt ist. Grundsätzlich gibt dabei die letzte Ziffer die Anzahl der Nullen an.

Vorsicht ist geboten bei den SMD-Kondensatoren, da diese Bauteile nicht gekennzeichnet sind. Es empfiehlt sich, die Bauteile erst direkt vor der Verarbeitung aus der Verpackung zu nehmen.

Nach Auflöten der SMD-Spule L 1 sind alle Komponenten an der Platinenunterseite bestückt.

An der Platinoberseite sind zuerst die Drahtbrücken, dann der Spannungsregler IC 3 zu bestücken. Dieser wird in liegender Position mit einer Schraube M3 x 8 mm, Zahnscheibe und Mutter auf die Platine geschraubt. Erst danach sind die Anschlüsse an der Platinenunterseite zu verlöten. Wie auch bei allen anderen, nachfolgend zu bestückenden Bauteilen sind die an der Platinenunterseite überstehenden Drahtenden direkt oberhalb der Lötstellen abzuschneiden.

Die Spannungsreferenz D 2 ist so tief wie möglich, und die beiden Leuchtdioden sind mit 16 mm Abstand von der LED-Spitze bis zur Platinoberfläche einzulöten. Bei den Leuchtdioden ist die korrekte Polarität an dem längeren Anodenanschluss zu erkennen.

Beim Einbau des Sound-Transducers PZ 1 und der beiden Elkos ist ebenfalls die korrekte Polarität zu beachten.

Besonders wichtig ist die korrekte Pola-

Stückliste: CO₂-Warner

Widerstände:

100 Ω/SMD	R3
1 kΩ/SMD	R2, R7-R10
8,2 kΩ/SMD	R5
10 kΩ/SMD	R1, R6
220 kΩ/SMD	R4

Kondensatoren:

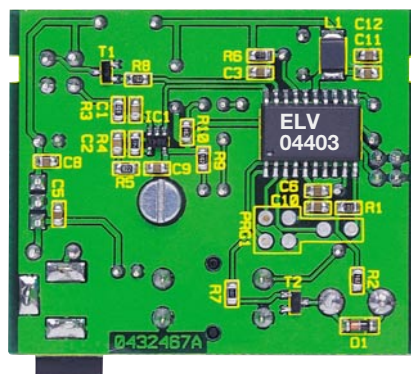
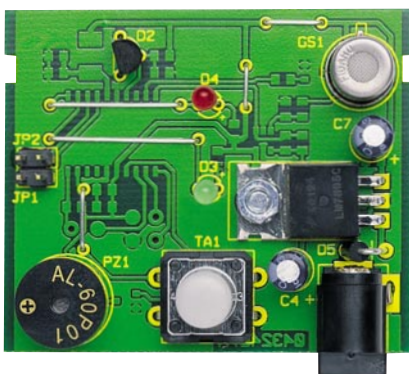
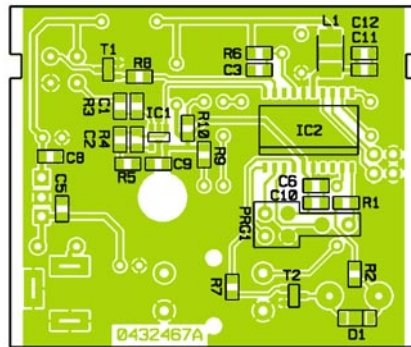
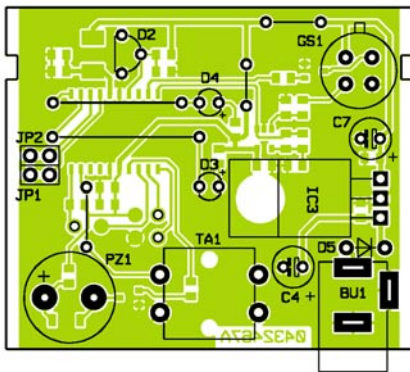
100 pF/SMD	C2
1 nF/SMD	C1, C10, C11
100 nF/SMD	C3, C5, C6, C8, C9, C12
10 µF/63 V	C4, C7

Halbleiter:

TLV271/SMD	IC1
ELV04403/SMD	IC2
7805	IC3
BC848C	T1, T2
LL4148	D1
LM385-2,5 V	D2
1N4001	D5
LED, 3 mm, grün	D3
LED, 3 mm, rot	D4

Sonstiges:

SMD-Induktivität, 10 µH	L1
CO ₂ -Gassensor TGS 4161, print	GS1
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU1
Sound-Transducer, 3 V, print	PZ1
Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1 x ein	TA1
Tastknopf, 18 mm	TA1
Stiftleiste, 1 x 2-polig, gerade	JP1, JP2
2 Jumper	JP1, JP2
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm	
1 Mutter, M3	
1 Fächerscheibe, M3	
1 Profilgehäuse, komplett, bearbeitet und bedruckt	
1 Typenschild-Aufkleber CO ₂ -300, transparent	
14 cm Schaltdraht, blank, versilbert	



Ansicht der fertig bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Bestückungsseite für konventionelle Bauteile, rechts von der SMD-Seite

rität beim hochwertigen Sensor. Das Gehäuse-Metallfännchen muss exakt mit dem entsprechenden Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmen.

Jetzt bleiben nur noch der Taster TA 1 und die beiden Stiftleisten zur Aufnahme der Codierstecker JP 1 und JP 2 sowie die Niederspannungsbuchse BU 1 einzulöten. Beim Verlöten ist darauf zu achten, dass diese Bauteile plan auf der Platinoberfläche aufliegen.

Nach Einsetzen der Platine in das dafür vorgesehene Schiebegehäuse sind die Aufbauarbeiten beendet und der CO₂-Warner ist einsatzbereit.

ELV