Camping-Gas-Warner

Speziell für den Einsatz auf dem Camping-Platz konzipiert, zeichnet sich dieser Gas-Warner durch einen verhältnismäßig geringen Stromverbrauch bei einer unstabilisierten Versorgungsspannung im Bereich von 9 V bis 15 V aus.

Das Gerät besitzt außerdem eine Self-Test-Automatik, die in regelmäßigen Abständen eine Überprüfung wesentlicher Schaltungsteile vornimmt, wodurch eine hohe Zuverlässigkeit erreicht wird.

Allgemeines

Besonders auf Camping-Plätzen, wo auf 1 km² Stellfläche zum Teil viele Tausend einzelne Gasverbraucher kommen, ist das Sicherheitsbedürfnis hinsichtlich defekter Gasleitungen naturgemäß hoch. Eine zuverlässige Anzeige von gefährlichen Gaskonzentrationen ist daher sehr wichtig.

Bei der Entwicklung des ELV Camping-Gas-Warners wurde sowohl auf die mechanische Stabilität großer Wert gelegt als auch auf die weiteren, teilweise erschwerten Einsatzbedingungen, wie z. B. große Temperaturschwankungen.

Die Schaltung spricht auf Gase, wie n-Butan, Metan, Propan o. ä. bei einem Fremdgasanteil von ca. 0,3 %, entsprechend 3000 ppm, an. Dieser Wert liegt um ca. 1 Zehnerpotenz (Faktor 10) unter der Konzentration eines zündfähigen Gemisches, so daß im allgemeinen ein ausreichender Sicherheitsabstand und damit eine hinreichende Frühwarnung gegeben ist. Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang allerdings die Verteilung des Gasgemisches. Es kann grundsätzlich nicht von einer gleichmäßigen Vermischung eines ausströmenden Gases mit der Umgebungsluft ausgegangenen werden. Je nach Temperatur von Gas- und Umgebungsluft kann sich der Fremdgasanteil am Boden oder auch an der Decke konzentrieren. Hier kann dann der Fremdgasanteil deutlich höhere Werte als im Raummittel annehmen. Wir empfehlen daher, das Gerät in der Nähe von gefährdeten Stellen anzuordnen, um ein möglichst sicheres Erkennen von Fremdgasanteilen zu ermöglichen.

Für eine 100 %ige Sicherheit wäre es allerdings erforderlich, an den verschiedensten Positionen eines Raumes die Luft zu Prüfzwecken über eine Pumpe abzusaugen und dem Gaswarner zuzuführen. Da dies jedoch einen erheblichen zusätzlichen Aufwand sowie eine entsprechende Geräuschbelästigung durch die Pumpe bedeuten würde, haben wir hierauf bewußt verzichtet und müssen eine kleine Einschränkung hinsichtlich der Zuverlässigkeit des hier vorgestellten Gerätes der Ordnung halber machen. Da jedoch die Luft in den seltensten Fällen vollkommen ruht und außerdem ein ca. 10facher Sicherheitsabstand eingebaut wurde, ist vorgenannte Einschränkung gering und die Zuverlässigkeit des Gerätes, nicht zuletzt aufgrund seiner Self-Test-Automatik, sehr hoch.

Zur Schaltung

Als Meßverfahren wird das sogenannte „Wärmetön-Verfahren" angewendet, das in Verbindung mit einem hochwertigen Sensor, dessen Meßwendel aus reinem Platin besteht, auch verhältnismäßig geringe Konzentrationen der brennbaren Gase wie Metan, n-Butan, Propan o. ä. erkennen läßt.

Aufgrund der hervorragenden Eigenschaften des Platinsensors in bezug auf Ansprechempfindlichkeit, d. h. Steilheit der Kennlinie, Linearität und Langzeitkonstanz, ist es möglich, in Verbindung mit der im ELV-Labor entwickelten Schaltung, auf den im allgemeinen sehr komplizierten und aufwendigen Abgleich über Referenzgase vollständig zu verzichten, ohne daß sich hieraus Genauigkeitseinbußen ergeben. Dieses Verfahren wurde erstmals im ELV journal Nr. 30 bei dem ELV micro-line Gas-/Rauch- und Temperaturmelder angewendet und für die hier vorliegende Schaltung weiter verbessert.

Es ist lediglich ein einziger einfacher Spannungsabgleich erforderlich, der vollkommen ohne fremde Hilfsmittel von außen am Gerät vorgenommen werden kann und leicht von Zeit zu Zeit zu wiederholen ist.

Aus Gründen der Betriebssicherheit liegt der Meßsensor RG 1 in Reihe mit einem weiteren Platinsensor, dem Referenzsensor RG 2. Zusammen mit den Widerständen R 14 bis R 16 bilden die beiden Sensoren eine Meßbrücke. In der Brückendiagonalen, d. h. Mittelpunkt der beiden Sensoren sowie Mittelabgriff von R 15, wird die Brückenspannung zur weiteren Verarbeitung abgenommen.

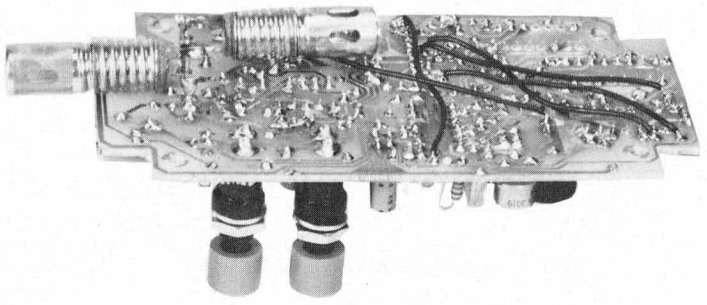
Zum Herausfiltern der Taktfrequenz der Versorgungsspannung der Brücke dienen die beiden R/C-Glieder R 19/C 12 sowie R 22/C 13. In Verbindung mit der weiteren Beschaltung des OP 2 wird der Verstärkungsfaktor (R 20/R 21) festgelegt.

Sobald ein entsprechendes Gas auf die Wendel des Meßsensors RG 1 gelangt, steigt dessen Innenwiderstand an und bringt somit die Brücke aus dem Gleichgewicht, da der Referenzsensor RG 2 gegen Fremdgaseinflüsse abgedichtet ist.

Am Ausgang des OP 2 steht das verstärkte, auf Masse bezogene Signal der Brückendiagonalen an.

Über R 23/24 gelangt dieses Signal auf den als Komparator geschalteten OP 3, dessen Schwelle mit R 25/R 26 festgelegt wird. R 54 dient zur Erzeugung einer geringen Hysterese.

Der Ausgang des OP 3 ist seinerseits wieder über R 29 auf einen weiteren Komparator (OP 4) geschaltet, der über D 11/R 33 eine



Rückansicht der fertig bestückten Platine des Camping-Gaswarners

Selbsthaltung besitzt. Sobald die mit R 27/R 28 festgelegte Schaltschwelle überschritten wird, geht der Ausgang des OP 4 von ca. 0 V auf ca. + 5 V und gibt über D 12 den Signalgenerator, bestehend aus OP 6 und OP 7 mit Zusatzbeschaltung, frei, so daß ein intermittierendes 2 kHz-Signal ertönt.

Mit D 10/C 14 wird ein Rücksetzen des OP 4 nach erfolgtem Aus- und wieder Einschalten erreicht. Über R 30 wird C 14 weiter aufgeladen, damit dieser Kondensator im Dauerbetrieb nicht den Komparator OP 4 beeinflußt. D 9 dient nach erfolgtem Ausschalten dem schnellen Entladen von C 14.

Kommen wir nun zur Beschreibung der Self-Test-Automatik.

Bei den Schaltern ES 1, ES 2 und ES 3 handelt es sich um drei voneinander unabhängig aktivierbare elektronische Schalter, die in einem IC des Typs CD 4053 integriert sind. Die Ansteuerung erfolgt über die IC's 5 und 6 anhand des in Bild 1 aufgezeigten Taktdiagrammes. Nullpotential bedeutet hierbei, daß sich der jeweilige Schalter in der eingezeichneten Stellung befindet, während „high" Potential die jeweils andere Schaltstellung symbolisiert.

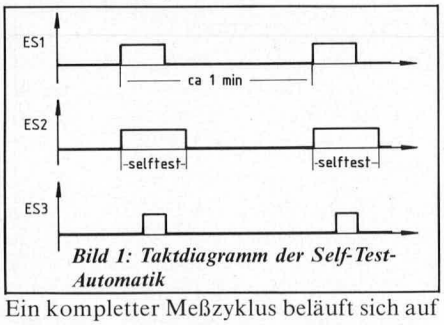


Bild 1: Taktdiagramm der Self-Test-Automatik

Ein kompletter Meßzyklus beläuft sich auf ca. 1 Minute (ca. 40 s Messen + ca. 20 s Selbsttesten).

Für den Self-Test wird zunächst der Schalter ES 2 geöffnet. Hierdurch wird der Komparator OP 4 von seiner Signalquelle getrennt. über R 31/R 32 liegt der nichtinvertierende (+) Eingang des OP 4 jetzt auf ca. + 1,4 V, d. h. also deutlich unterhalb der Spannung am invertierenden (–) Eingang, die bei ca. + 3 V liegt. Der Ausgang des OP 4 bleibt daher bei ca. 0 V stehen, vorausgesetzt, daß vorher kein Alarm ausgelöst wurde.

Gleichzeitig mit Öffnen des Schalters ES 2 wurde der Schalter ES 1 geschlossen. R 18 liegt jetzt parallel zum unteren Meßbrückenzweig, bestehend aus R 16 sowie einem Teil von R 15.

Hierdurch wird die Meßbrücke künstlich aus dem Gleichgewicht gebracht und ein Alarmfall simuliert. Die mit OP 2 entsprechend verstärkte Spannung führt dazu, daß die Komparatorschwelle von OP 3 überschritten wird, so daß der Ausgang von ca. 0 V auf ca. + 5 V geht.

Nach ca. 7 Sekunden wird ES 3 geschlossen. Der invertierende (–) Eingang des OP 4 ist jetzt direkt mit dem Ausgang des OP 3 verbunden.

Liegt der Ausgang des OP 3 ordnungsgemäß auf ca. + 5 V, bleibt der Ausgang des OP 4 weiterhin auf ungefähr 0 V.

Nach 7 Sekunden werden ES 1 und ES 3 wieder geöffnet und weitere 7 Sekunden später ES 2 wieder geschlossen. Der Ausgangszustand zur normalen Gasmessung ist wiederhergestellt.

Angezeigt wird die Self-Test-Phase über die Leuchtdiode D 8.

Ein Alarmsignal wird während der Self-Test-Phase nur dann ausgelöst, wenn beim Schließen von ES 3 der Ausgang des OP 3 nicht geschaltet hat, d. h. wenn er weiterhin auf ca. 0 V liegt. In diesem Fall sinkt das Potential im invertierenden (–) Eingang des OP 4 unter das Potential am nichtinvertierenden (+) Eingang und der Ausgang des OP 4 geht auf ca. + 5 V. Über die Selbsthalteschaltung, bestehend aus D 11/R 33, bleibt dann der Ausgang des OP 4 solange auf „high", bis das Gerät für kurze Zeit aus- und wieder eingeschaltet wurde. Der Sound-Transducer ertönt in seinem intermittierenden 2 kHz-Signal.

Die Versorgung der Elektronik erfolgt über den Festspannungsregler des Typs 78L06 (IC 1). Eine Entkopplung wird über die Diode D 1 sowie eine zusätzliche Störimpulsunterdrückung über die HF-Drossel L 1 erreicht, in Verbindung mit den Kondensatoren C 1, C 3 und C 4.

Die eigentliche Meßbrücke hingegen wird direkt aus der unstabilisierten 12 V-Akku-Bordspannung versorgt, wobei lediglich D 2 und C 2 zur Entkopplung und Pufferung dienen.

Über T 1 wird mit einer Frequenz von einigen 100 Hz die volle Akkuspannung direkt auf die Meßbrücke gegeben. Da die Spannung an der Meßbrücke jedoch nur ca. 2,2 V_{eff} betragen sollte, ergibt sich ein Puls-/Pausen-Verhältnis von ca. 1 zu 5, d. h. der Stromfluß findet nur in ca. 17 % der Zeit statt, wodurch die mittlere Stromaufnahme von normalerweise ca. 0,7 A auf jetzt ca. 0,2 A reduziert werden konnte.

Zur weiteren Erläuterung soll noch angemerkt werden, daß bei den vorliegenden Schalt- und Spannungsverhältnissen eine effektive Brückenversorgungsspannung von ca. 2,2 V_{eff} einem arithmetischen Mittelwert von ca. 0,9 V entspricht, der mit R 7/C 8 gebildet wird.

Über R 7 wird die Versorgungsbrückenspannung auf den invertierenden (–) Eingang des OP 1 gegeben, der als Miller-Integrator geschaltet ist.

OP 1 vergleicht nun die Ist-Spannung zur Versorgung der Meßbrücke mit der Soll-Spannung, die über R 8/R 9 auf den nichtinvertierenden (+) Eingang des OP 1 geführt ist.

Bei zu geringer Versorgungsbrückenspannung steigt die Ausgangsspannung des OP 1, die über R 6/C 7 auf den Steuereingang des IC 2 (Pin 7) gelangt.

Das IC 2 ist als Spannungs-/Frequenz-Umsetzer geschaltet mit konstanter Impulsdauer.

Am Ausgang des IC 2 (Pin 3) stehen die Steuerimpulse für den Schalttransistor T 1 zur Verfügung, die, wie bereits erwähnt, eine konstante Länge aufweisen. Hieraus ergibt sich, daß bei steigender Frequenz die Einschaltdauer von T 1 direkt proportional größer wird, d. h., daß die mittlere Versorgungsbrückenspannung entsprechend steigt.

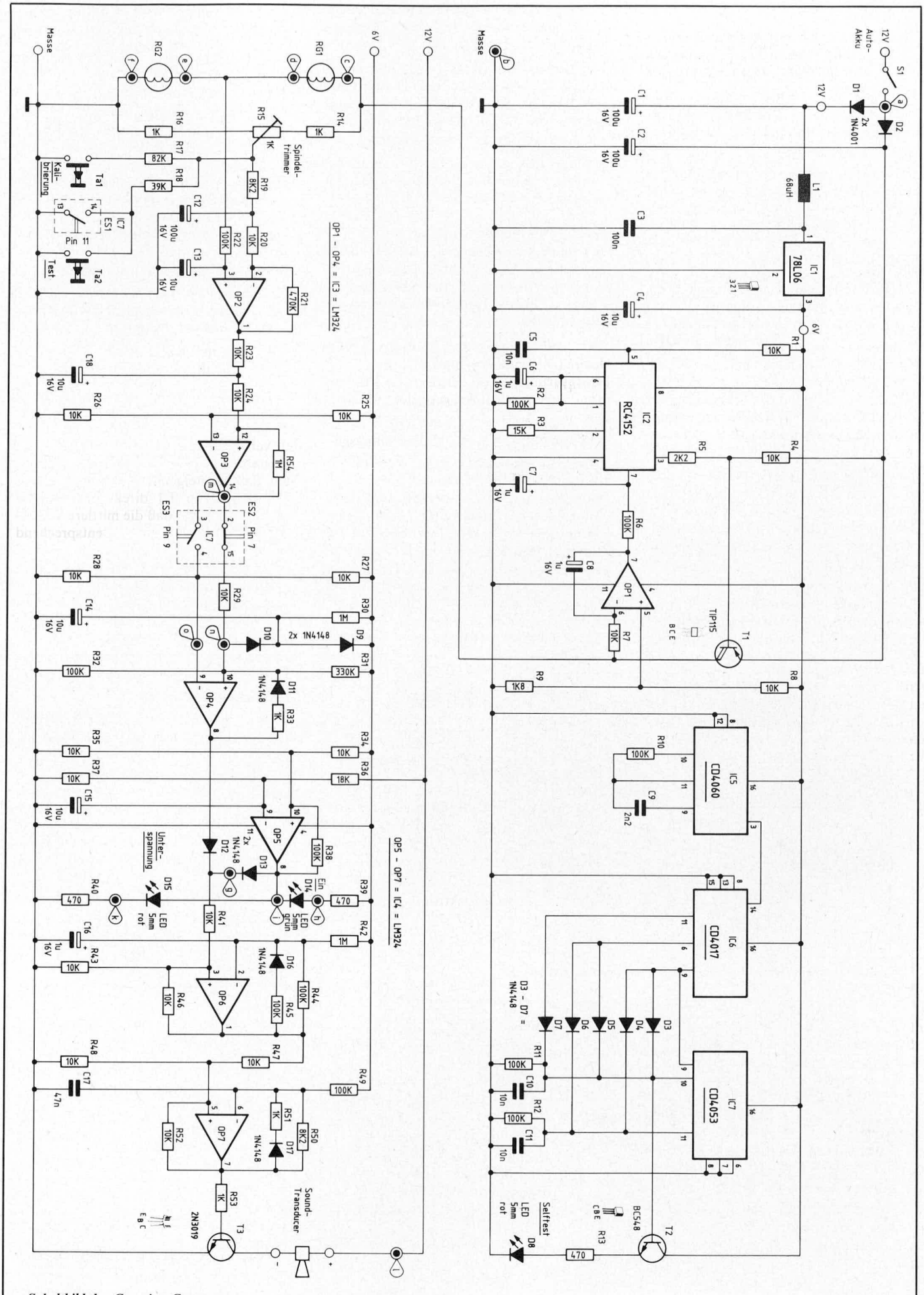
Durch die Schleifenverstärkung des Regelkreises wird die Versorgungsbrückenspannung sehr genau konstant gehalten, und zwar in weiten Grenzen, vollkommen unabhängig von der Eingangsversorgungsspannung, die ohne Genauigkeitseinbußen im Bereich von + 9 V bis + 15 V schwanken darf.

Bei noch geringeren Eingangsspannungen würde der Festspannungsregler IC 1 nicht mehr einwandfrei arbeiten, während zu große Spannungen ein extremes Tastverhältnis hervorrufen, wodurch die Meßbrücke ungünstig beeinflußt werden kann. Für die in der Praxis vorkommenden, im 12 V-Bereich liegenden Versorgungsspannungen ist die Schaltung jedoch bestens gerüstet.

Wie bereits beschrieben wird für die Weiterverarbeitung der Meßbrückenspannung der arithmetische Mittelwert mit Hilfe der R/C-Glieder R 19/C 12 und R 22/C 13 gebildet. Daher ist es auch erforderlich den arithmetischen Mittelwert der getakteten Brücken-Versorgungsspannung konstant zu halten, der vom echten Effektivwert abweichen kann. Da der Leistungsverbrauch der Platinwendeln jedoch ungefähr proportional zum echten Effektivwert der Brücken-Versorgungsspannung ist, leuchten die Meßwendeln bei steigender Versorgungsspannung etwas stärker. Die Konstanthaltung des arithmetischen Mittelwertes ist jedoch zuverlässig gewährleistet.

OP 5 steuert in Verbindung mit seiner Zusatzbeschaltung die LED's 14 + 15 an. Bei ausreichender Versorgungsspannung leuchtet die grüne LED 14, während die rote LED 15 Unterspannung signalisiert. Zusätzlich ertönt der Sound-Transducer.

Das akustische Signal bei Unterspannung entfällt, wenn D 13 nicht eingebaut wird.



Schaltbild des Camping-Gaswarners

Zum Nachbau

Die gesamte Schaltung wird auf einer einzigen Platine untergebracht, die waagerecht in ein dafür passendes Gehäuse eingebaut werden kann.

Die Bestückung der Leiterplatte wird in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorgenommen.

Zu beachten ist lediglich die Anordnung der beiden Platinsensoren, die auf der Leiterbahnseite parallel zur Platine angeordnet sind. Der Kopf des Meßsensor muß hierbei ca. 10 mm aus dem ansonsten abgedichteten Gehäuse herausragen. Der Referenzsensor ist zusätzlich mit luftdichter Folie sorgfältig abzukleben, während der Meßsensor zur Vermeidung einer evtl. Zündung von Gasgemischen mit einem Stückchen Metallgaze umwickelt werden muß. Die Metallgaze wird zweckmäßigerweise mit etwas Zweikomponentenkleber am Sensorgehäuse angeklebt, wobei zunächst eine Fixierung über Silberschaltdraht hilfreich sein kann, bis der Kleber abgebunden hat.

Für den Überwachungsbetrieb sollte das Gerät möglichst so plaziert werden, daß der Meßsensor frei von störender Zugluft ist. Kann dies nicht ganz ausgeschlossen werden, so empfiehlt es sich, ggfs. zusätzlich zur Metallgaze etwas Filterpapier um den Meßsensor zu wickeln.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig darauf hinzuweisen, daß die Platinwendel des Referenzsensors auf keinen Fall mit den auszuwertenden Gasen in Berührung kommen darf, da ansonsten die Meßbrücke keine auswertbare Spannung abgeben kann.

Der Sound-Transducer wird direkt hinter eine entsprechende kleine Schallöffnung geklebt. Jetzt ist lediglich noch eine kleine Bohrung für die Zuleitung mit den Batterieklemmen im Gehäuse anzubringen.

Nachdem die Schaltung überprüft und getestet wurde, kann die Leiterplatte im Gehäuse festgeschraubt werden.

Zur Einstellung

Wie bereits vorstehend beschrieben, ist lediglich eine einfache spannungsmäßige Einstellung erforderlich, die ohne jegliche fremde Hilfsmittel auf einfache Weise leicht durchführbar ist.

Der Meßsensor sollte sich hierbei in möglichst reiner Luft befinden.

Darüber hinaus ist es wichtig, den Abgleich nur in der Zeit durchzuführen, in der nicht ein Self-Test von der Schaltung durchgeführt wird.

Zunächst wird die Taste Ta 1 betätigt und mit einem Schraubendreher der Spindeltrimmer so weit verdreht, daß der Sound-Transducer ein intermittierendes 2 kHz-Warnsignal abgibt. Die Taste Ta 1 wird weiterhin gedrückt gehalten und R 13 nun langsam stückchenweise (jeweils $^1/_{10}$ Umdrehung) so weit zurückgedreht, bis der Sound-Transducer gerade eben verstummt. Nach jeder $^1/_4$ Umdrehung ist das Gerät hierbei für einige Sekunden auszuschalten, damit ein Rücksetzen des Alarms erfolgen kann.

Nun kann die Taste Ta 1 losgelassen werden.

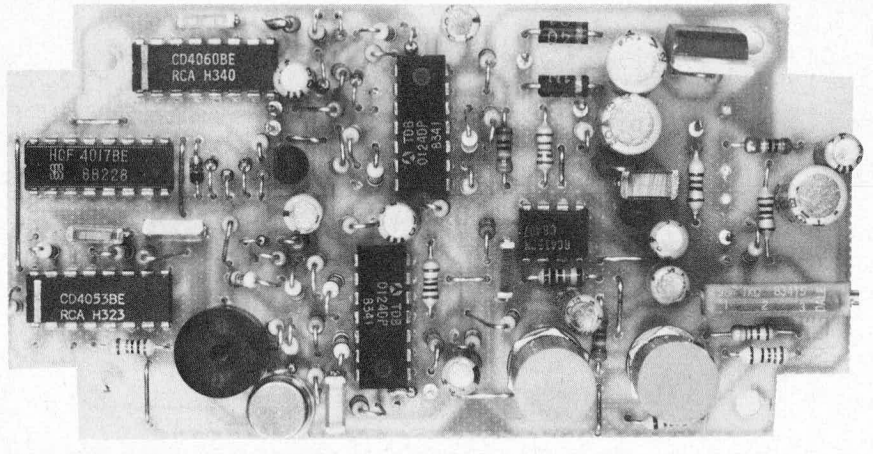
Eine Betätigung der Taste Ta 2 dient der Funktionskontrolle. Hierbei muß der Sound-Transducer ertönen.

Wie bereits erwähnt, kann die Einstellung über Ta 1 sowie ein manueller Test mit Hilfe von Ta 2 nur in der Zeit vorgenommen werden, in der das Gerät keinen automatischen Self-Test vornimmt. Sollte man während einer Einstellphase versehentlich in die Self-Test-Funktion hineingeraten, kann der Abgleich erst nach Beendigung des Self-Tests fortgeführt werden. Ein Defekt der Schaltung kann hierdurch nicht auftreten.

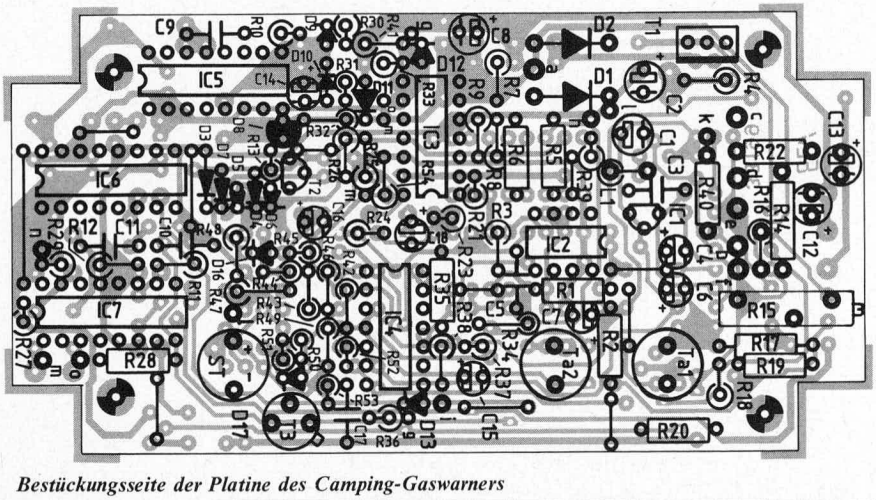
Eine genaue Funktionskontrolle mit Überprüfung der Ansprechempfindlichkeit kann z. B. in einer luftdichten Meßkammer mit einem speziellen Referenzgas durchgeführt werden. Da mit der vorliegenden Schaltung jedoch keine Präzisionsmessungen durchgeführt werden sollen, ist dieser Test im allgemeinen entbehrlich.

Zur unbedingt durchzuführenden, grundsätzlichen Funktionskontrolle kann ein Gasfeuerzeug dienen, dessen ausströmendes Gas für wenige Sekunden in ca. 10 cm Abstand, den Alarm auslösen sollte — selbstverständlich bei ausgepusteter Flamme.

Vorstehend beschriebener Test ist um so wichtiger, wenn der Meßsensor zusätzlich zur Metallgaze mit Filterpapier (einlagig) umwickelt wurde, um dessen Gasdurchlässigkeit überprüfen zu können.



Ansicht der fertig bestückten Platine des Camping-Gaswarners



Bestückungsseite der Platine des Camping-Gaswarners

Stückliste: Camping-Gaswarner

Halbleiter

IC1	78L06
IC2	RC 4152
IC3, IC4	LM 324
IC5	CD 4060
IC6	CD 4017
IC7	CD 4053
RG1, RG2	Platinsensoren
T1	TIP 115
T2	BC 548
T3	2N3019
D1, D2	1N4001
D3–D7	1N4148
D8, D15	LED, rot, 5 mm
D9–D13	1N4148
D16, D17	1N4148
D14	LED, grün, 5 mm

Kondensatoren

C1, C2, C12	100 µF/16 V
C3	100 nF
C4, C18	10 µF/16 V
C5, C10, C11	10 nF
C6–C8, C16	1 µF/16 V
C9	2,2 nF
C13–C15	10 µF/16 V
C17	47 nF

Widerstände

R1, R4, R7, R8, R20	10 kΩ
R2, R6, R10, R11, R12	100 kΩ
R3	15 kΩ
R5	2,2 kΩ
R9	1,8 kΩ
R13	470 Ω
R14, R33, R51, R53	1 kΩ
R15	1 kΩ, Spindeltrimmer
R16	82 kΩ
R17	4,7 kΩ
R18	39 kΩ
R19, R50	8,2 kΩ
R21, R39, R40	470 kΩ
R22, R32, R38, R44, R45, R49	100 kΩ
R23–R29	10 kΩ
R30, R42, R54	1 MΩ
R31	330 kΩ
R34, R35, R37, R41, R43	10 kΩ
R36	18 kΩ
R46–R48, R52	10 kΩ

Sonstiges

S1 Kippschalter 1 x um
2 Sound-Transducer
2 Fassungen für Platinsensoren
2 Taster, Schließer mit Knopf
18 Lötstifte
1 Metallgaze
2 Batterieanschlußklemmen (rot und schwarz)
4 Abstandsröllchen 10 mm
4 Schrauben M3 x 16 mm
15 cm Silberschaltdraht
20 cm isolierten Schaltdraht
2 m flexible Leitung 2 x 0,75 mm²