

# **LiBo/AC Sensor -8 und -16**

## **Betriebsanleitung und Datenblatt**

Entwurf

Urheberrecht bei Ing. Büro Willer und Fa. M-System Elektronik GmbH, 08. April 2019

### 1. Allgemeine Beschreibung

Diese neuen Schaltungen erlauben zum einen das Erkennen von seriellen und parallelen Gleichstrom(DC)-Lichtbögen, zum anderen die Beobachtungen von Wechselströmen (AC) auf Versorgungsleitungen im Frequenzbereich von 50-800Hz und geeignete Reaktionen auf beides durch den Kunden.

Werden DC-Lichtbögen sicher erkannt und darauf reagiert, kann das einen (Folge)-Brand durch das entstehende heiße Plasma im Lichtbogen verhindern.

Werden in AC-Netzen bestimmte Stromschwellen unter- oder überschritten, so lassen sich durch Abschaltung der betreffenden Leitung Folgeschäden vermeiden. Der Detektor reagiert erheblich schneller als eine konventionelle Sicherung auf einen konkreten Stromwert, es lassen sich nicht nur Ströme, sondern auch bestimmte Timings exakt überwachen.

## 2. Technische Beschreibung

LiBo/AC Sensor -8 und -16 unterscheiden sich allein im Innendurchmesser der Ringkernspule, um unterschiedliche Kabeldurchmesser oder mehrere Kabel durch die gleiche Ringkernspule ziehen zu können. LiBo/AC Sensor-8 hat einen lichten Innendurchmesser von 8mm, währenddessen LiBo/AC Sensor-16 einen lichten Innendurchmesser von 16mm aufweist. Die nachfolgend beschriebenen Detektoren erlauben eine galvanisch isolierte Erkennung von DC-Lichtbögen und Strommessungen auf AC-Leitungen. Die kompakte Bauform lässt ein einfaches Anbringen an den zu überwachenden Leitungen zu: das Kabel wird einfach durch die Ringkernspule gesteckt.

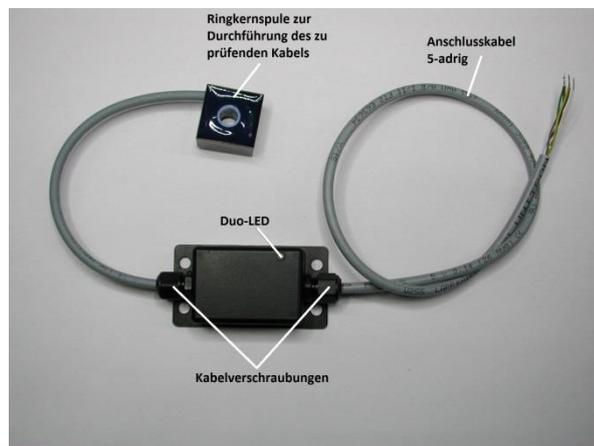


Bild 1: Bauteile des Sensors



Bild 2: LED rot = Lichtbogen-Erkennung oder Fehler in Schaltung



Bild 3: LED grün = Normaler Betrieb

Wenn Lichtbögen oder kritische AC-Ströme entdeckt werden, kann der Kunde selbst Aktoren einbringen, um den betroffenen Stromkreis oder eine Batterie abzuschalten. Dies kann mit Hilfe von Motorschaltern, Leistungs-Relais, Schützen oder anderen Mitteln geschehen. Möglich ist auch, Leuchten oder Sirenen anzuschließen bzw. auch nur die Signale für Test, Reset und Alarm für eine komplexe Überwachungselektronik zu nutzen.

Für die Weiterverarbeitung der Signale unserer Sensoren als auch die Spannungsversorgung ist der Kunde zuständig. Für Applikationsanpassung wird dazu gerne die Hilfe des Herstellers angeboten.

Die Detektoren können eingesetzt werden in:

- Photovoltaik (PV) Applikationen, in Übereinstimmung mit E DIN EN 63027 für AFD
- Leitungsnetzen von Flugzeugen (400Hz/800Hz) oder Eisenbahnen/Schiffen
- Leitungen der E-Mobilität bei E-Autos, Hybrid Kfz, Ladestationen AC+DC
- 50/60 Hz Systemen
- Zündsysteme oder Schweißroboter, um „sichere“ Lichtbögen sicherzustellen
- Windkraftanlagen und E-Motore generell

### 3. Anleitung zur Inbetriebnahme

Das zu untersuchende Kabel wird durch die Ringkernspule gezogen, die Richtung spielt keine Rolle. Es kann die kleine (LiBo/AC Sensor-8) oder große Ringkernspule (LiBo/AC Sensor-16) je nach Kabeldurchmesser verwendet werden. Überschreitet der Kabeldurchmesser 16mm, so kann auf Wunsch eine kundenspezifische Ringkernspule gefertigt werden.

Am Boden der Box befindet sich ein Deckel mit vier selbstschneidenden Schrauben. An den Schmalseiten der Box befindet sich je eine Kabeldurchführung für das Kabel zur Ringkernspule und die Anschlussleitung mit 5 farblich gekennzeichneten Adern. Auf einem ESD-gerechten Arbeitsplatz werden die vier Schrauben vorsichtig herausgedreht und die Kabelverschraubungen an den Überwurfmuttern gelockert. Der Deckel kann nun abgenommen werden, die beiden Kabel werden durch die Kabelverschraubungen nach innen geschoben. Im Deckel befindet sich die Platine mit den elektronischen Komponenten, sie ist mit doppelseitigem Klebeband im Deckel fixiert. Man erkennt 3 Teststifte und ein kleines Mehrgang-Potentiometer.

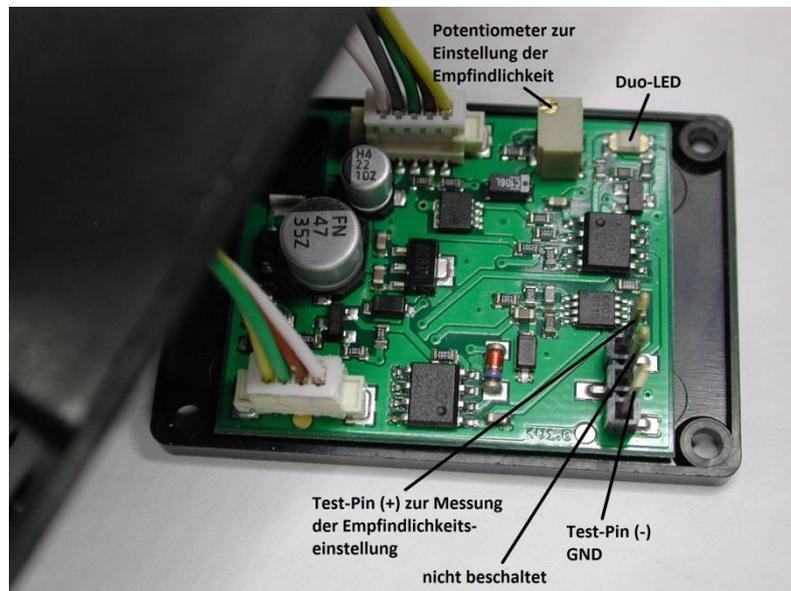


Bild 4: Lage des Potentiometers und der Test-Pins

Nun wird eine Gleichspannung von 12-24V an die graue (+) und weiße (-) Ader angeschlossen. Das zu untersuchende Kabel wird durch die Ringkernspule gesteckt und in (Nenn-)Betrieb genommen.

Ein DC-Voltmeter wird an die beiden im Bild gezeigten Test-Pins angeschlossen und die sich ergebende Spannung abgelesen. Bei Auslieferung ist der Wert auf 1,84-1,85VDC mit dem Potentiometer eingestellt. Werden bei aktivem zu messenden Kabel mehr als 1,85VDC angezeigt, so kann bereits eine Störung auf der Leitung sein. Mit dem kleinen Potentiometer wird die Spannung wieder auf 1,84-1,85VDC eingestellt. Achtung: um das Potentiometer einzustellen, sollte ein kleiner Uhrmacher-Schraubenzieher mit max. Klingenbreite von 1,5mm verwendet werden. Wird die Spannung herabgeregelt, sinkt die Empfindlichkeit. Wird die Spannung nahe dem Schwellwert von 1,875VDC eingestellt, ist die Empfindlichkeit am größten. Wird der Schwellwert überschritten, folgt der Alarmstatus „aktiv“ (rote LED leuchtet). Ein Reset ist nur möglich, wenn der Spannungswert wieder unter dem Schwellwert liegt bzw. so eingestellt wird. Nach

Einstellung der Spannung auf den Wert bei Auslieferung ist ein Reset für mindestens 2s durchzuführen: die rote LED wechselt nach einem erfolgreichen Selbsttest des Geräts wieder zu grün (falls kein weiterer Schaltungs- bzw. auch Bauteilfehler vorliegt). Wenn die Empfindlichkeit kontrolliert und eingestellt wurde, kann der Deckel wieder auf das Gehäuse montiert werden, indem die beiden Kabel vorsichtig nach draußen gezogen werden und mit den Überwurfmuttern fixiert werden. Die Überwurfmuttern müssen die Außenisolation der Kabel erfassen, da sonst eine Fixierung nur der Adern stattfindet, was nicht zulässig ist. Die vier Schrauben werden vorsichtig wieder eingedreht, bis der Deckel plan im Gehäuse aufliegt.

Anschluss der 5 farbigen Anschlusskabel:

Grau : wie bereits ausgeführt, ist das die Plus-Versorgung der Schaltung mit 12-24VDC  
Weiß : Minus-Versorgung der Schaltung, Ground ( „GND“ im folgenden Text)  
Braun : Reset (abgekürzt durch „R“ im folgenden Text)  
Grün : Alarm Output (abgekürzt durch „AO“ im folgenden Text)  
Gelb : Test (abgekürzt durch „T“ im folgenden Text)

Auf der letzten Seite dieses Dokuments sind einige Vorschläge (1-4) gemacht, wie weitergehende Schaltungen an die Detektoren angeschlossen werden können.

Wegen der Tatsache, dass die Detektoren hauptsächlich entwickelt wurden, um der Norm E DIN EN 63027 (Gleichstrom-Lichtbogenerfassung und –unterbrechung in photovoltaischen Energiesystemen) gerecht zu werden, bezieht sich der folgende Text auf den Schaltungsvorschlag Nr.1 auf der letzten Seite.

Die Spannungsversorgung der Schaltung geschieht über ein schon vorhandenes Netzteil in der Applikation des Kunden (z.B. 12VDC- oder 24VDC-Schienen in einem Inverter), oder es wird ein externes Netzteil verwendet mit einer Ausgangsspannung von 12-24VDC. Die Stromaufnahme der Detektoren ist mit max. 8-20mA so gering, dass ein bereits vorhandenes Netzteil die Detektoren leicht mitversorgen kann. Die graue Anschlussleitung wird mit Plus, die weiße mit Minus der Netzteilspannung verbunden. Es ist sicherzustellen, dass die angelegte Spannungshöhe niemals 26,4VDC überschreitet! Das könnte die Detektoren zerstören. Jedoch besteht Schutz gegen Überspannungen auf der Versorgung (Automotive: z.B. Lastabwurf) sowie gegen Anschluss mit falscher bzw. vertauschter Polarität. Es ist weiter zu beachten, dass die Schaltung des Detektors keine Sicherung aufweist wegen des sehr kleinen Betriebsstromes. Die Spannungsversorgung des Kunden sollte die unwahrscheinlichen harten Kurzschlüsse in der Detektor-Schaltung handhaben können.

Die eingebrachte Software ist ausgerichtet nach den Erfordernissen der E DIN EN 63027 für AFD = Arc Fault Detector. Wenn erstmalig Spannung an den Detektor angelegt wurde, dann ist stets für 2s ein Reset auszulösen, indem die braune mit der weißen Ader elektrisch verbunden wird. AO wird für etwa 2s im hochohmigen Zustand sein (LED rot), was einem aktiven Alarm entspricht. Nach dieser Zeit, und vorausgesetzt, es ist kein weiterer Fehler in der automatischen Testschleife, wird AO auf GND gezogen, der Alarm ist aus (LED grün). Wenn ein Problem in der Schaltung vorliegt, bleibt AO hochohmig, und die Schaltung ist zu überprüfen einschließlich der Ringkernspulen (Sichtprüfung bzw. zwecks Reparatur an den Hersteller zurückschicken). Vielleicht hat sich ein Draht gelöst,

ein Bauteil der Schaltung ist defekt, oder ein Kabel weist eine Beschädigung auf. Wenn die Versorgungsspannung einbricht bzw. ganz verschwindet, so kommt nach Wiederkehr der Versorgung automatisch der letzte Alarm-Status wieder. Bei Auslieferung ist der Alarm-Status AUS, d.h., es lag kein Alarm an (LED grün). Bei Wiederkehr der Versorgungsspannung leuchtet die LED kurz rot auf (Eigentest) und wechselt dann automatisch auf Grün, wenn kein Fehler vorliegt. Wenn der letzte Alarm-Status EIN war (LED rot), so kommt bei Wiederkehr der Versorgungsspannung ebenfalls der Status Alarm EIN zurück. Im Gehäuse-Sensor befindet sich eine Duo-LED, bei Alarm leuchtet sie rot, bei Normalbetrieb grün.

Um die Alarm-Funktion jederzeit unabhängig von der Automatik testen zu können, so muss die T-Ader mit GND für mindestens 2s verbunden werden, der Alarm besteht solange, wie T mit GND verbunden ist. Nach Trennung dieser Verbindung geht das Gerät in den Normalbetrieb (LED leuchtet grün), wenn keine weiteren Fehler vorliegen. Sollte bei dieser manuellen Prüfung kein Alarm ausgelöst werden, so ist die Schaltung zu überprüfen (ggf. Kabel abgegangen, Kabelbruch etc.). Die Prüfung ist dann zu wiederholen bzw. das Gerät an den Hersteller zur Reparatur zurückzuschicken. Wenn Alarm gesetzt wurde, entweder durch einen Lichtbogen oder einem Fehler in der automatischen Testschleife, kann der Alarm durch Auslösen des Resets (braune Ader mit weißer Ader für mindestens 2s verbinden) zurückgesetzt werden.

Neben der manuellen Testfunktion zu jedem Zeitpunkt besitzt der Detektor eine automatische Testfunktion, die im Hintergrund abläuft. Alle etwa 24 Stunden wird die gesamte Schaltung einschließlich der Ringkernspulen geprüft. Ist dieser Test bestanden, wird sich nichts an der normalen Betriebssituation ändern, AO wird auf GND liegen während des Tests. Wird der Test nicht bestanden (z.B. ein Kabel hat sich gelöst), so geht AO in den hochohmigen Zustand, was die Auslösung eines Alarms bedeutet, danach ist ein Reset für mindestens 2s durchzuführen. Bleibt die LED rot trotz Reset, so ist das Gerät an den Hersteller zwecks Reparatur zurückzuschicken.

Wenn ein Lichtbogen erkannt wird, wird AO hochohmig. Ein manueller Reset ist erforderlich für mindestens 2s, nachdem die Applikation des Kunden nach dem Grund des Lichtbogens abgesucht wurde.

Bitte beachten, dass GND des AO durch einen Open-Drain-N-Channel FET auf die grüne Ader gebracht wird, was es erlaubt, Lasten anzuschliessen im Bereich 48V/1A. Wenn z.B. ein Relais an AO angeschlossen wird, muss eine Freilauf-Diode (etwa 1N4002 o.ä.) über die Spule geschaltet werden mit der Kathode an Plus. Niemals die graue Ader auch mit AO verbinden! Siehe dazu auch die Schaltungsvorschläge auf der letzten Seite.

Zur Erkennung und Behandlung kritischer Ströme auf AC-Leitungen (50-800Hz) in Flugzeugen, der Eisenbahn oder Haushaltsgeräten, wird die Empfindlichkeit des Detektors auf etwa 1,84-1,85VDC bei Nennstrom eingestellt, wie vorher beschrieben. Wenn eine Schwelle von etwa 1,875VDC überschritten wird, wird Alarm ausgelöst, was z.B. bedeuten würde, dass ein Überstrom vorliegt. Man kann auch die Empfindlichkeit verringern, indem man die Testspannung kleiner als 1,84VDC wählt. Das muss im Einzelfall experimentell überprüft werden. Die Schaltungen erlauben sowohl eine Unter- als auch Überstromerkennung. Es sollte der technische Support des Herstellers oder seines Beauftragten für weitere Fragen hierzu genutzt werden, einschließlich der Möglichkeit, die Schaltung (und Software) optimal an den Kundenwunsch anzupassen. Während AC-Tests ist stets die Software nach E DIN EN63027 aktiv.

Dasselbe trifft zu, wenn man stehende DC-Lichtbögen in Zündsystemen, Schweißrobotern oder E-Motoren überprüfen möchte. In diesen Fällen hat AO eine inverse Funktion: solange ein stehender (Nutz-)Lichtbogen anliegt, wird der Schwellwert dauernd überschritten und AO bleibt im hochohmigen Zustand. Wenn der Lichtbogen schwächer wird oder zusammenbricht, fällt die Messspannung unter 1,875VDC und AO wird GND. Es wird angeraten, hierzu technischen Support des Herstellers einzuholen, um den Detektor optimal auf die Erfordernisse des Kunden einzustellen.

#### 4. Datenblatt für LiBo/AC Sensoren -8 und -16

- Elektronik- Box Abmessungen: 68x36x20,7 (LxBxH, alle Angaben in mm) einschließlich Flansche, schwarz, UL-94HB (UL94-V0 auf Anfrage), IP40/54
- LiBo/AC Sensor -8 Ringkernspule-Gehäuse schwarz, Abmessungen: 25x25x15 (LxBxH, alle Angaben in mm), für Kabel mit bis zu 8mm Außendurchmesser, PF, UL94-V0, schwarz, gefüllt mit Vergussmasse blau, Artikelnummer 25630004-00
- LiBo/AC Sensor -16 Ringkernspule-Gehäuse schwarz, Abmessungen: 50x50x25 (LxBxH, alle Angaben in mm), für Kabel mit bis zu 16mm Außendurchmesser, PF, UL94-V0, schwarz, gefüllt mit Vergussmasse blau, 25630005-00
- Kabel zwischen Spulen und Elektronik-Box: 4-adrig (4x 0,14qmm), Länge 25cm, grau, UL Style 21576, AWM A/B I/II, IEC 60332-1-2, FT2
- Anschlusskabel: 5-adrig (5x 0,14qmm), Länge 50cm, grau, UL Style 21576, AWM A/B I/II, IEC 60332-1-2, FT2, andere Längen auf Anfrage
- Zwei Kabelverschraubungen M8x1, schwarz, IP68, UL94-HB
- Gesamtgewicht LiBo/AC Sensor -8: max. 60g, LiBo/AC Sensor -16: max 160g
- Alle Bauteile entsprechen der RoHS-Norm
- Verfahren: Messung und Bewertung eines elektromagnetischen Feldes eines stromführenden geraden Leiters
- Galvanische Trennung zwischen zu prüfenden Kabeln und der Detektor-Elektronik. Die minimale Isolationsspannung entspricht der Spannungsfestigkeit der Kabelisolation
- Lichtbogenerkennung auf Gleichstrom-Leitungen bis 100A (höhere Ströme auf Anfrage)
- Einstellbare Empfindlichkeit (Messgröße: DC-Spannung) einfach durch Mehrgang-Potentiometer. Bei Auslieferung ist die Empfindlichkeit auf 1,84-1,85VDC eingestellt (entspricht der Vorgabe der E DIN EN 63027, Kapitel 9.2.1.6), vergleichbar mit einer Lichtbogenleistung von etwa 50 Watt, und wird ggf. entsprechend der Störspannung auf dem zu untersuchenden Kabel nachjustiert.
- Die Erkennung von Schaltlichtbögen und EMV-Störungen führt in der Regel nicht zur Alarmauslösung
- Erkennung von Überstrom- oder sonstigen abnormalen AC-Strömen (50-800Hz)
- Betriebstemperaturbereich: -20 bis +80C (-40 bis +125C auf Anfrage), rF: 10-90%
- Lagertemperatur: -40 bis +94C
- Schutzklasse: IP40/IP54, IP65 auf Anfrage
- Versorgungsspannung 12-24VDC +/- 10%, max. Ripple-Spannung 50mVss
- Empfehlung: Steckernetzteil von FRIWO oder gleichwertig, Netzteil muss EMV-Richtlinie 2014/30/EU entsprechen
- Stromverbrauch: max. 8-20mA (Idle: 8mA, Test aktiv: 20mA, Erfassung 13mA)
- Alarm-Ausgang: Open-Drain FET 48V/1A. Hochohmiger Zustand bei aktivem Alarm, GND bei Alarm Aus. Alle induktiven Lasten brauchen eine Freilaufdiode parallel zur Induktivität, mit Kathode an Plus. Im Gehäuse zeigt eine Duo-LED den Alarmstatus (rot) oder den normalen Betriebsstatus (grün) an
- Reset: braune Reset-Leitung mit weißer Minus-Leitung für mindestens 2s verbinden. Den Detektor erstmalig nach Anlegen der Versorgungsspannung immer mit einem Reset (2s) starten, falls die LED nicht automatisch von rot (Eigentest) nach grün wechselt!

- Test: manueller Test der Schaltung und der Spulen durch Verbinden der gelben Test-Leitung mit der weißen GND-Leitung für mindestens 2s. Alarmzustand bleibt während dieser Verbindung erhalten, bis die Verbindung getrennt wird
- Automatischer Test der Schaltung und der Spulen im Hintergrund: alle etwa 24h (andere Intervalle auf Kundenwunsch), Alarm nur aktiv (rote LED leuchtet), wenn der automatische Test einen Fehler hatte
- Der letzte Alarm-Status bleibt gespeichert, wenn die Versorgungsspannung abfällt. Bei erneutem Anlegen der Spannung wird der letzte Alarm-Status gesetzt. Dabei wird auch bei vorangegangenem Alarm Status grün zunächst für etwa 2s die LED rot leuchten (Eigentest), wechselt aber dann auf grün, wenn mit der Schaltung alles in Ordnung ist.
- CE-Konformität und die Konformität zu E DIN EN 63027 ist gewährleistet
- Eine Seriennummer identifiziert den Detektor

Um eine bestimmungsgemäße Funktion der Lichtbogenerkennung über die Zeit sicherzustellen, empfiehlt der Hersteller eine regelmäßige Kontrolle der eingestellten Empfindlichkeit durch den Installateur der Lichtbogenerkennung.

## 5. Wichtige Hinweise

Die Schaltung ist nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik entwickelt und aufgebaut, Richtschnur ist die E DIN EN 63027 in der Fassung vom Februar 2018. In der vorab beschriebenen Grundeinstellung der Schaltschwelle von ca. 1,84 bis 1,85VDC arbeitet die Schaltung einwandfrei im Laborversuch als auch in den bisher benutzten realen Strings diverser Solaranlagen.

Durch die Vielzahl der am Markt befindlichen Solaranlagen kann es sein, dass eine ordnungsgemäße Einstellung/Nachjustierung erforderlich wird, die über die Einstellung der Empfindlichkeit mittels Potentiometer hinausgeht. Um nur einige Beispiele hierfür zu nennen:

- HF-Störungen im Frequenzbereich von etwa 5-10kHz mit Amplituden  $> 20\text{mVss}$  durch Wechselrichter-Taktfrequenzen (einschließlich deren Harmonischen) oder aufmodulierte Signale für Optimizer o.ä., die ununterbrochen auftreten für größer/gleich 0,6s, oder Schaltvorgängen im Wesentlichen von mechanischen Schaltern oder Relais
- Filter im Wechselrichter oder in einer String-Unterverteilung dämpfen das HF-Signal des Lichtbogens soweit ab, dass eine korrekte Erkennung (Überschreiten der Schwelle) nicht mehr möglich ist, dazu gehört auch kapazitiv/induktives Verhalten der Stringleitungen
- Eine Parallelschaltung mehrerer Strings am Wechselrichter lassen Lichtbogensignale zwischen den einzelnen Strings überkoppeln und damit können mehrere Detektoren gleichzeitig ansprechen bei einzeln überwachten Strings

Für solche und andere anlagenbezogenen Probleme bietet der Hersteller folgende Dienstleistungen an:

- Data-Logging zur Fehleranalyse bei Schaltvorgängen, in der Regel für mindestens 48h
- Spektrum-Analyse des Strings
- Hardware-Änderung des Eingangs-Schwingkreises mit Anpassung der Software
- Anpassung der Erfassungszeit von derzeit 0,6s auf einen neuen Wert  $< 2\text{s}$

**Vor Auftragserteilung setzt der Hersteller voraus, eine Schaltung leihweise und zeitlich befristet getestet zu haben, um die korrekte Funktion in einer beliebigen Anlage sicher zu stellen.**

Kann der Kunde einen einwandfreien Betrieb nicht allein durch Einstellung der Empfindlichkeit sicherstellen, so sind weitere Maßnahmen durch den Hersteller möglich bis zu der Aussage, dass möglicherweise eine bestimmte Anlage nicht geeignet zum Einsatz der vorliegenden Lichtbogenerkennung der Firma M-System ist.

### Hinweis zum Umweltschutz

Dieses Produkt darf am Ende seiner Lebensdauer nicht über den normalen Haushaltsabfall, sondern muss an einem Sammelpunkt für das Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten entsorgt werden.



### Hersteller:

**M-SYSTEM**  
**ELEKTRONIK GmbH**

Königsberger Str. 8 · 85368 Moosburg  
Tel.: 0 87 61/72 54-0 · Fax: 0 87 61/72 54-27  
Email: [info@m-system-gmbh.de](mailto:info@m-system-gmbh.de)  
[www.m-system-gmbh.de](http://www.m-system-gmbh.de)

Technische Auskünfte:  
Ing.- Büro Willer  
Dipl.-Ing. Bernd Willer  
Beethovenstr. 8  
85368 Moosburg  
Tel. +49-8761-753164  
Email: [bwiller@t-online.de](mailto:bwiller@t-online.de)

