



**Best.-Nr.: 151456**  
**Version: 1.0**  
**Stand: April 2017**

# MEMS-Mikrofon

## MEMS-1

### **Technischer Kundendienst**

Für Fragen und Auskünfte stehen Ihnen unsere qualifizierten technischen Mitarbeiter gerne zur Verfügung.

**ELV · Technischer Kundendienst · Postfach 1000 · 26787 Leer · Germany**

**E-Mail: [technik@elv.de](mailto:technik@elv.de)**

**Telefon: Deutschland 0491/6008-245 · Österreich 0662/627-310 · Schweiz 061/8310-100**

**Häufig gestellte Fragen** und aktuelle Hinweise zum Betrieb des Produktes finden Sie bei der Artikelbeschreibung im ELV Shop: [www.elv.de](http://www.elv.de) ...at ...ch

**Nutzen Sie bei Fragen auch unser ELV Techniknetzwerk: [www.netzwerk.elv.de](http://www.netzwerk.elv.de)**

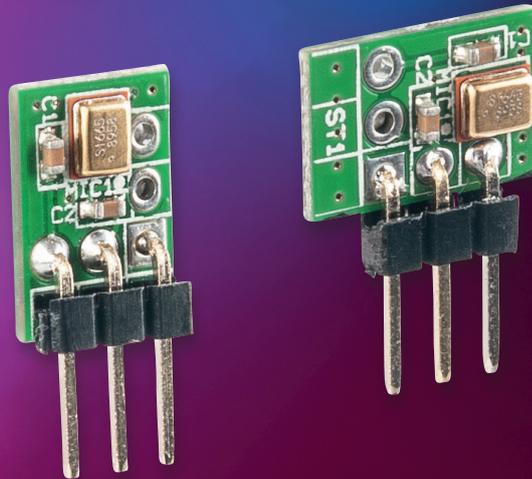
---

### **Reparaturservice**

Für Geräte, die aus ELV Bausätzen hergestellt wurden, bieten wir unseren Kunden einen Reparaturservice an. Selbstverständlich wird Ihr Gerät so kostengünstig wie möglich instand gesetzt. Im Sinne einer schnellen Abwicklung führen wir die Reparatur sofort durch, wenn die Reparaturkosten den halben Komplettbausatzpreis nicht überschreiten. Sollte der Defekt größer sein, erhalten Sie zunächst einen unverbindlichen Kostenvoranschlag.

Bitte senden Sie Ihr Gerät an: **ELV · Reparaturservice · 26787 Leer · Germany**

**ELV Elektronik AG · Maiburger Straße 29–36 · 26789 Leer · Germany**  
**Telefon 0491/6008-88 · Telefax 0491/6008-7016 · [www.elv.de](http://www.elv.de)**



# Feine Mikromechanik

## MEMS-Mikrofon

Infos zum Bausatz

im ELV Shop

#10092

Mikro-Elektromechanische Systeme (MEMS) sind ein äußerst interessantes Technikgebiet, das noch relativ jung ist, aber sich zunehmend weite Anwendungsbereiche erobert. Das hier vorgestellte MEMS-Mikrofon ist eine solche Anwendung. Es ist extrem kompakt und hat einen sehr weiten Frequenzbereich, der bis weit in den Ultraschallbereich geht. So findet es gleich einmal seine Anwendung in dem ebenfalls in diesem ELV Journal vorgestellten Fledermaus-Detektor.

### MEMS-Technologie

Der Begriff MEMS steht für „Micro-Electro-Mechanical-System“ [1]. Diese Bauteile vereinen sehr kleine mechanische Strukturen mit elektronischen Komponenten. Die mechanischen Strukturen bewegen sich im Nano-Maßstab von 100 µm (nicht zu verwechseln mit Nano-Technik!) und sind echte, sich bewegende

Teile. Wie klein diese Strukturen sind, verdeutlicht Bild 1, das eine Mikromechanik im Vergleich mit dem Bein einer Spinnmilbe zeigt. Unter [2] und [3] findet

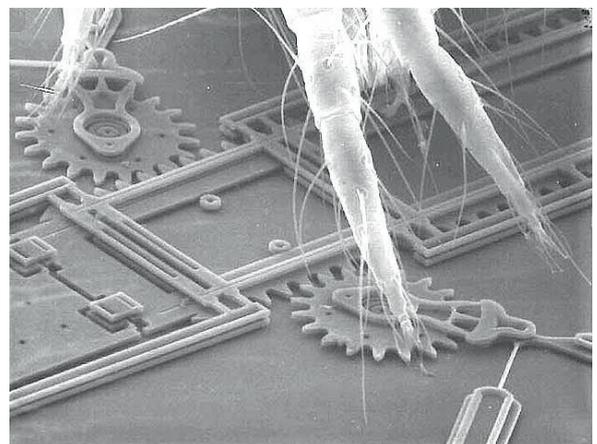


Bild 1: Mikromechanik im Nanometer-Bereich: das Bein einer Spinnmilbe im Vergleich mit einer MEMS-Spiegelmechanik (Courtesy Sandia National Laboratories, SUMMIT™ Technologies, [www.sandia.gov/mstc](http://www.sandia.gov/mstc))

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	MEMS-1
Mikrofontyp:	SPU0410LR5H-QB (Knowles)
Versorgungsspannung:	1,5–3,6 Vdc
Stromaufnahme:	max. 160 µA
Max. Schalldruck (AOP):	118 dB
Empfindlichkeit:	-38 dB
Frequenzbereich:	100 Hz bis 80 kHz
Signal-Rauschabstand:	63 dB
Ausgangsimpedanz:	400 Ω
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
Abmessungen (B x H x T):	12 x 8 x 3,5 mm
Gewicht:	0,5 g

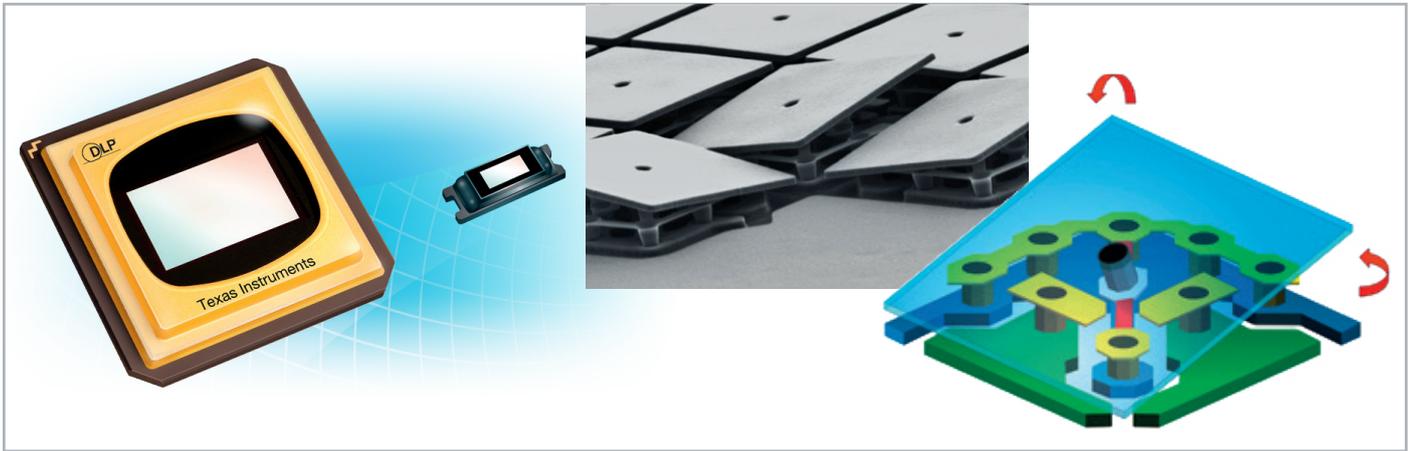


Bild 2: DLP-Chip von Texas Instruments für die Verwendung in Projektoren. In der Mitte sieht man die vergrößerte Mikromechanik der Spiegelfacetten, rechts die Funktionsweise. (Bilder: Texas Instruments)

man neben vielen Informationen zum Thema auch zahlreiche Bilder von MEMS-Anwendungen. Die mechanischen Elemente dieser Systeme nutzen die verschiedensten physikalischen Effekte wie Piezoeffekte, Bewegungen, Wärme und Licht bis hin zum elektromechanischen Antrieb bei Aktoren. Sie sind direkt mit den auswertenden oder antreibenden Elektronikkomponenten verbunden, somit entsteht eine ultrakompakte Sensor- oder Aktorkomponente. Ein bekannter Vertreter für diese Technik ist der von Texas Instruments entwickelte DLP-Spiegel (Bild 2). Hier befinden sich mehrere Millionen kleiner Spiegel auf einem Chip, die jeder für sich angesteuert werden können. Damit lassen sich hochwertige Bildprojektoren realisieren.

Die MEMS-Technologie kommt bereits in vielen Bereichen des täglichen Lebens vor, ohne dass wir uns bewusst mit dieser hochmodernen Technik beschäftigen. An erster Stelle sei das Handy oder Smartphone genannt. Hier kommen z. B. 3-Achsen-Neigungssensoren, Beschleunigungssensoren (siehe Bild 3) und Mikrofone in MEMS-Technik zum Einsatz. Auch Lautsprecher für solche Geräte werden bereits in MEMS-Technik ausgeführt (Bild 4, [4]).

### MEMS-Mikrofon

Moderne ultrakleine Mikrofone finden sich heutzutage in vielen Handys und Smartphones. Diese sind, wie schon erwähnt, in MEMS-Technik aufgebaut und haben die klassischen Elektret-Mikrofone in diesem Sektor verdrängt [5]. In Bild 5 ist der direkte Vergleich zwischen diesen beiden Mikrofonen zu sehen. Nicht nur die mechanischen Abmessungen, sondern auch die technischen Daten sind überzeugend. So zeichnen sich MEMS-Mikrofone durch einen hohen Signal-Rausch-Abstand, große Empfindlichkeit und den sehr geringen Stromverbrauch aus.

Bei MEMS-Mikrofonen wird zwischen analogen und digitalen Typen unterschieden. Bei analogen MEMS-Mikrofonen wird aus dem Schallsignal eine entsprechende analoge Ausgangsspannung generiert, während ein digitales MEMS-Mikrofon ein durch Pulsdichtenmodulation (PDM) codiertes Ausgangssignal erzeugt. In Bild 6 ist der mechanische Aufbau eines MEMS-Mikrofons dargestellt.

Das MEMS-Mikrofon wird auch als Mikrofonchip oder Siliziummikrofon bezeichnet. Eine druckempfindliche Membran wird durch MEMS-Verarbeitungstechniken direkt in einen Siliziumwafer geätzt und ist in der Regel mit einem integrierten Vorverstärker verbunden. Die meisten MEMS-Mikrofone sind Varianten des Kondensatormikrofons. Digitale MEMS-Mikrofone haben Analog-Digital-Wandler(ADC)-Schaltungen auf dem gleichen CMOS-Chip eingebaut, wodurch der Chip ein digitales Mikrofon ist und so einfacher in moderne digitale Produkte integrierbar ist. Wie man in Bild 6 unten erkennt, gibt es wie bei einem Kondensatormikrofon eine Membran, die zusammen mit der Grundplatte eine Kapazität bildet. Durch die akustischen Schallwellen treten Kapazitätsänderungen

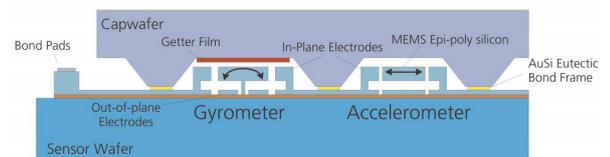


Bild 3: Bei dieser MEMS-Anordnung für einen Drehraten-/Beschleunigungssensor erkennt man gut die Verbindung mechanischer und elektronischer Strukturen. (Bild: Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie ISIT)



Bild 4: In MEMS-Technik ausgeführter Prototyp eines Smartphone-Lautsprechers (Bild: Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie ISIT)



Bild 5: Direkter Vergleich zwischen einem Elektret- (links) und einem MEMS-Mikrofon (rechts)

auf, die vom ASIC (Elektronik mit Verstärker) weiterverarbeitet werden. Die Schallöffnung, auch Port genannt, kann sich auf der Gehäuseober- oder -unterseite befinden.

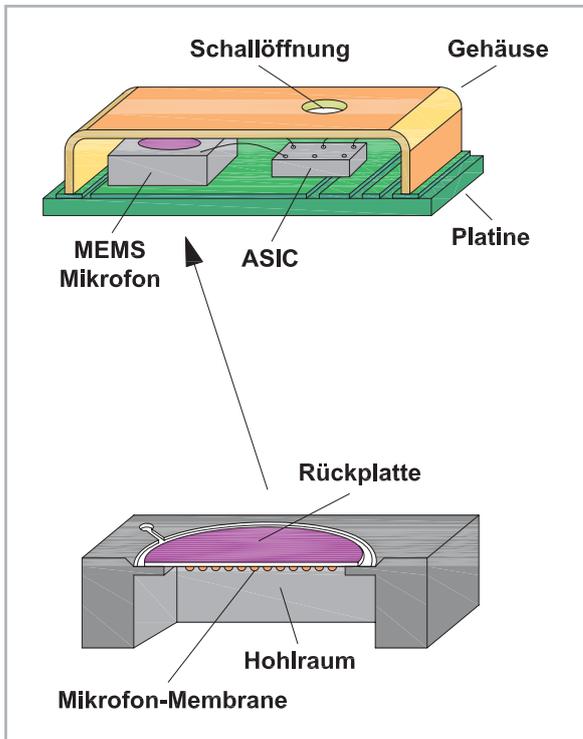


Bild 6: Aufbau eines Mikrofons in MEMS-Technologie mit Schallöffnung (Port) auf der Oberseite

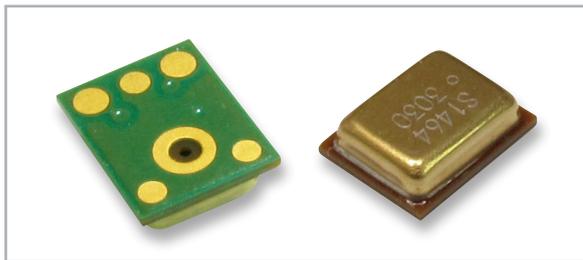


Bild 7: Das MEMS SPU0410LR5H-QB

### Das MEMS-Mikrofon SPU0410LR5H-QB

Das in dieser Schaltung verwendete Mikrofon hat die Typenbezeichnung SPU0410LR5H-QB, es stammt vom Hersteller Knowles. Unter [6] kann das Datenblatt für dieses Mikrofon heruntergeladen werden. In Bild 7 ist dieses Mikrofon dargestellt.

Die Besonderheit an dieser Variante liegt darin, dass auch der Ultraschallbereich mit abgedeckt wird. In Bild 8 und Bild 9 ist der Frequenzgang für das SPU0410LR5H-QB dargestellt. Tests im Labor haben ergeben, dass viele MEMS-Mikrofone auch ohne spezielle Design- und Schaltungsmaßnahmen für Ultraschall geeignet sind.

Der Frequenzverlauf unterhalb von 100 Hz ist vom Hersteller nicht angegeben. Allgemein sind MEMS-Mikrofone für sehr tiefe Frequenzen nicht sehr geeignet. Es gibt aber eigentlich nur wenige Fälle in der Aufnahmetechnik, in denen gute Eigenschaften im Tieftonbereich erwünscht sind, so etwa für Musikinstrumente, die tiefe Frequenzen unterhalb von 100 Hz erzeugen. Hier kommen allerdings dafür speziell geeignet Mikrofonsysteme zum Einsatz. Da z. B. Wind und Körperschall sogenannte Rumpelgeräusche erzeugen, sind schlechte Mikrofoneigenschaften im Tieftonbereich für die Haupteinsatzgebiete der

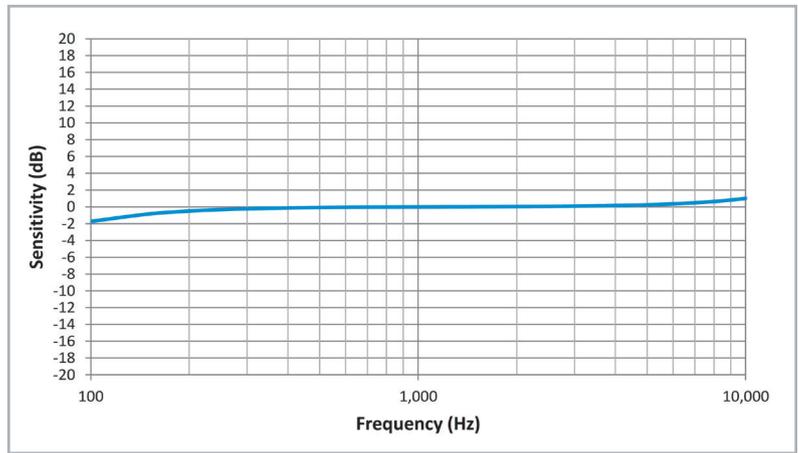


Bild 8: Der Frequenzgang des SPU0410LR5H-QB im hörbaren Bereich

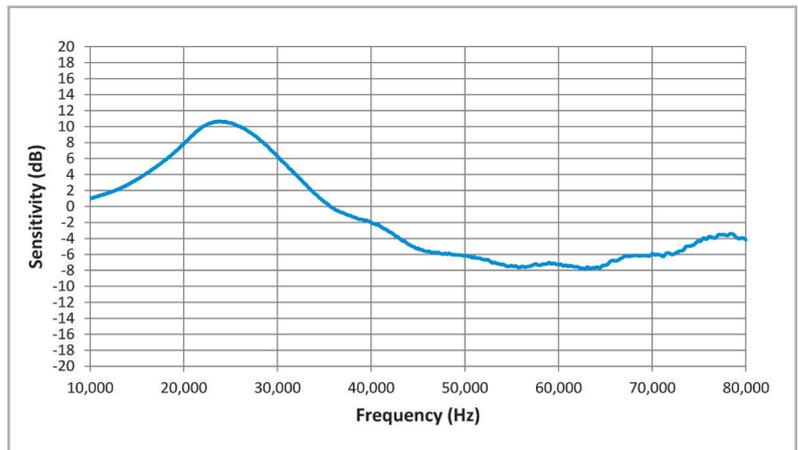


Bild 9: Der Frequenzgang des SPU0410LR5H-QB im Ultraschallbereich

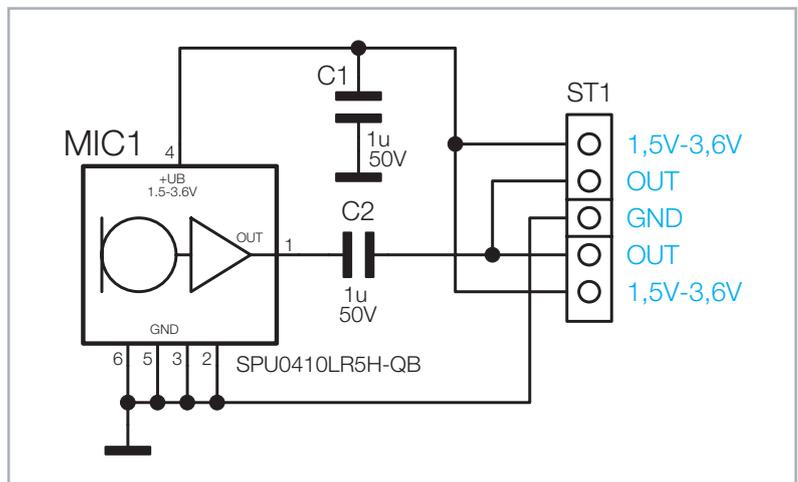


Bild 10: Das Schaltbild der MEMS-1-Platine

MEMS-Mikrofone wohl eher erwünscht und ersparen eine aufwendige Filterschaltung.

### Schaltung

Das Schaltbild der MEMS-1-Platine ist in Bild 10 dargestellt. Die einfache Schaltung besteht im Prinzip nur aus dem Mikrofon MIC1 vom Typ SPU0410LR5H-QB. Zur Siebung der Versorgungsspannung ist der Kondensator C1 vorhanden. Der Kondensator C2 dient als Koppelkondensator und verhindert, dass die Gleichspannung des MIC1 auf den Ausgang gelangt.

<b>Kondensatoren:</b>	1 $\mu$ F/50 V/SMD/0603	C1, C2
<b>Sonstiges:</b>	Mikrofon, SPU0410LR5H-QB	MIC1
	Stiftleiste, 1x 3-polig, winkelprint	ST1

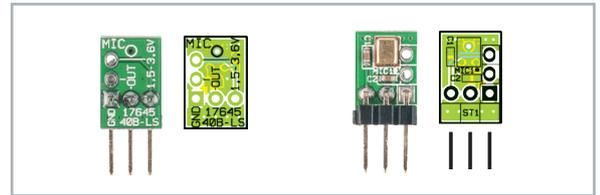


Bild 11: Platinfoto und Bestückungsplan des komplett bestückten MEMS-1

## Nachbau und Inbetriebnahme

Der Nachbau besteht hier allein, nach der Kontrolle der Bestückung anhand der Platinfotos und der Bestückungspläne (Bild 11), aus dem Einlöten der Stiftleiste, da die SMD-Bauteile schon bestückt sind. Dies ist für den Anwender von großem Vorteil, weil das MEMS-Mikrofon für den Hobbyelektroniker nicht mehr zu handhaben ist. Denn da sich die Löt pads auf der Unterseite befinden, kann der Lötvorgang nur durch das Reflow-Verfahren erfolgen.

Die Platine ist so ausgelegt, dass die Stiftleiste an zwei unterschiedlichen Positionen bestückt werden kann (Bild 12). Wie man hier erkennt, ist so eine vertikale oder horizontale Montage möglich. Dies ist für die spätere Montage und den damit verbundenen Platzbedarf interessant.

Beim Einsatz des Mikrofons ist zu beachten, dass sich die Schallöffnung für das Mikrofon auf der Unterseite des MEMS-1 befindet (siehe Bild 13).

Abschließend sei hier noch darauf hingewiesen, dass die Versorgungsspannung keine Störspannungen aufweisen darf. **ELV**

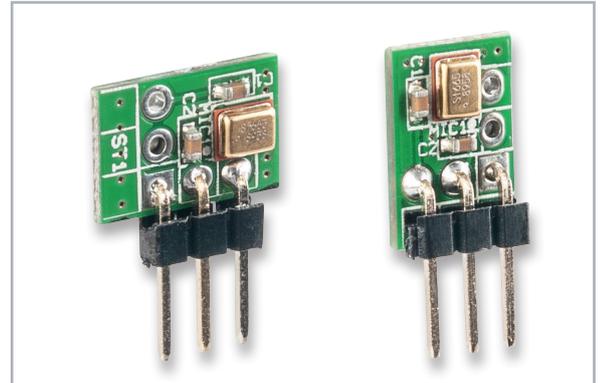


Bild 12: Die Stiftleiste kann für die vertikale oder horizontale Montage bestückt werden.

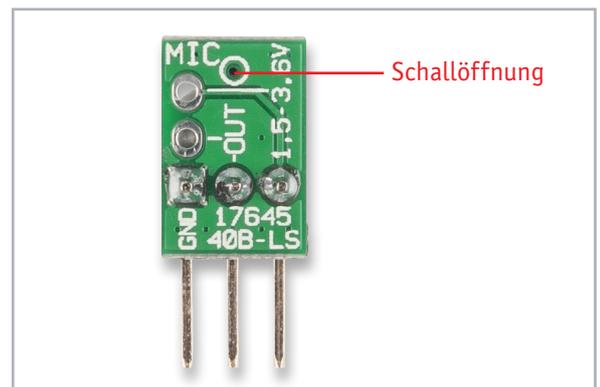


Bild 13: Die Schallöffnung (Port) befindet sich auf der Lötseite der Platine.



## Wichtiger Hinweis zum Umgang mit MEMS-Mikrofonen

- Das MEMS-1 ist empfindlich gegen Feuchtigkeit. Vor Nebel und feuchter Umgebung schützen!
- Die Platine darf nicht mit „Fluxfrei“ o. Ä. gewaschen werden, auch keine Ultraschallreinigung!
- Die Schallöffnung (Port) darf nicht abgedeckt werden!
- Kein Verpacken in einen Vakuumbbeutel!



## Weitere Infos:

- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Microelectromechanical\\_systems](https://en.wikipedia.org/wiki/Microelectromechanical_systems)
- [2] [http://www.sandia.gov/mstc/mems\\_info/movie\\_gallery.html](http://www.sandia.gov/mstc/mems_info/movie_gallery.html)
- [3] [http://www.memsnet.org/mems/what\\_is.html](http://www.memsnet.org/mems/what_is.html)
- [4] <http://www.isit.fraunhofer.de/Arbeitsgebiete/Mikrosystemtechnik/MEMS-Bauelemente.html>
- [5] <https://en.wikipedia.org/wiki/Microphone>
- [6] Datenblatt SPU0410LR5H-QB  
<http://www.knowles.com/eng/content/download/5755/91802/version/3/file/SPU0410LR5H-QB+revH.PDF>

## Hinweis zu den vorbestückten Bausatz-Leiterplatten

Sehr geehrter Kunde,

das Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG) verbietet (abgesehen von wenigen Ausnahmen) seit dem 1. Juli 2006 u. a. die Verwendung von Blei und bleihaltigen Stoffen mit mehr als 0,1 Gewichtsprozent Blei in der Elektro- und Elektronikproduktion.

Die ELV-Produktion wurde daher auf bleifreie Lötzinn-Legierungen umgestellt und sämtliche vorbestückte Leiterplatten sind bleifrei verlötet.

Bleihaltige Lote dürfen im Privatbereich zwar weiterhin verwendet werden, jedoch kann das Mischen von bleifreien- und bleihaltigen Loten auf einer Leiterplatte zu Problemen führen, wenn diese im direkten Kontakt zueinander stehen. Der Schmelzpunkt an der Übergangsstelle kann sich verringern, wenn niedrig schmelzende Metalle, wie Blei oder Wismut, mit bleifreiem Lot vermischt werden. Das unterschiedliche Erstarren kann zum Abheben von Leiterbahnen (Lift-Off-Effekt) führen. Des Weiteren kann der Schmelzpunkt dann an der Übergangsstelle unterhalb des Schmelzpunktes von verbleitem Lötzinn liegen. Insbesondere beim Verlöten von Leistungsbau-elementen mit hoher Temperatur ist dies zu beachten.

Wir empfehlen daher beim Aufbau von Bausätzen den Einsatz von bleifreien Loten.





**Entsorgungshinweis**

**Gerät nicht im Hausmüll entsorgen!**

Elektronische Geräte sind entsprechend der Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte über die örtlichen Sammelstellen für Elektronik-Altgeräte zu entsorgen!



Bevollmächtigter des Herstellers:

**eQ-3** eQ-3 AG · Maiburger Straße 29 · 26789 Leer · Germany