

Infraschall-Mikrofon

mit preiswerter Elektret-Kapsel

Von Karl Heinz Kopp

Industriell gefertigte Infraschall-Mikrofone sind für den gemeinen Nutzer unerschwinglich teuer. Wenn man aber ein solches Mikro nicht gerade als Präzisions-Messinstrument einsetzen möchte, bietet sich der Selbstbau aus wenigen Bauteilen aus der Bastelkiste an.

Ein Mikrofon hat die Aufgabe, Schall möglichst signalgetreu in eine elektrische Spannung zu verwandeln. Die Wandlung vollzieht sich in zwei Stufen, nämlich einer akustisch/mechanischen durch die Mikrofonkapsel und einer mechanisch/elektrischen durch den Wandler. Die charakteristischen Größen eines Mikrofons sind seine Richtwirkung und sein Frequenzgang. Die Richtwirkung interessiert hier nur am Rande, der Frequenzgang aber um so mehr. Wie kann man ein Mikrofon, dessen technische Daten einen Frequenzgang erst ab beispielsweise 50 Hz versprechen, dazu bringen, Infraschall bis hinunter zu einigen Hertz zu übertragen? Um diese Frage zu beantworten, dringen wir ein wenig in die Theorie ein. Der Frequenzgang eines Mikrofons wird vom Zusammenwirken des Wandlers und der Kapsel bestimmt. Man unterscheidet hier zwischen dynamischen Mikrofonen (Bändchen, Tauchspulen) und elektrostatischen (Kondensator). Andere Wandlerarten wie Kristall-Kohle- oder Kontaktwandler haben nur noch historische Bedeutung.

Wollen wir ein preiswertes und einfaches Mikrofon aufbauen, fällt die Wahl des Wandlertyps leicht. Es kommt nur ein Elektretmikrofon in Frage, das nach dem Kondensatorprinzip arbeitet. Elektret-Kapseln sind gut in vielen Ausführungen erhältlich und kosten nicht viel. Sie benötigen keine elektrische Kapselvorspannung, da die Membran (Elektrode) aus einem Elektretmaterial besteht, in der Regel einer Teflonfolie, die durch Elektronenbeschuss permanent elektrisch geladen wurde. Bei besseren Elektret-Mikrofonen ist auch die Gegenelektrode mit einem Elektret bedampft.

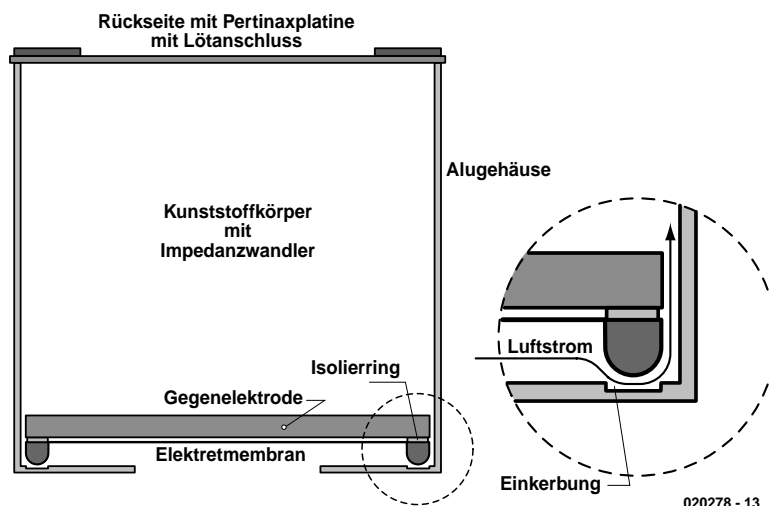


Bild 1. Querschnitt durch eine Elektret-Mikrofonkapsel.

Bild 1 zeigt einen Querschnitt durch ein Elektret-Mikrofon. An der Vorderseite ist die Elektret-Membran platziert, dahinter in einem geringen Abstand die Gegenelektrode. Die Membran ist auf einem Isoliererring gelagert. Den Löwenanteil der Kapsel nimmt ein Kunststoffkörper ein, in dem ein kleiner Impedanzwandler (eine simple FET-Stufe) steckt. Das Pertinaxplatinchen, auf dem der Impedanzwandler aufgebaut ist, dient als Rückseite und gleichzeitig als Anschlussterminal. Das Ganze steckt in einem Aluminiumröhrchen mit gebördelten Rändern.

Druck- und Gradientenempfänger

Untersucht man ein Elektret-Mikrofon genau, so stößt man auf eine Winzigkeit, die aber weitreichende Konsequenzen für den Frequenzverlauf hat. Im Rand des Alugehäuses sind unterhalb des Isolierlings Einkerbungen angebracht. Durch diese Einkerbungen ist ein Luftaustausch zwischen Vor- und Rückseite der Membran möglich. Dies verwandelt die Kapsel von einem Druckempfänger in einen Druck-Gradienten-Empfänger.

elektrische Ladung die Membran und die inneren Teile der Kapsel zerstören, erden wir uns, streifen dünne Gummihandschuhe (ohne Talkumpuder!) über und nehmen die weiteren Arbeiten in dem Reinraum vor.

Die Kapsel wird senkrecht am Kabel gehalten und die Aluminiumhülle vorsichtig nach oben abgezogen. Nun wird genauso vorsichtig die Griffhülse der Cinch-Kupplung über die Kapsel gestülpt, ohne die Innereien zu berühren. Der Isolierring der Membran liegt jetzt auf dem inneren Rand der Hülse, die sonst den Kabel-Knickschutz der Cinch-Buchse festhält. Die abgesägte Klinkenstecker-Griffhülse wird eingesetzt und mit der BNC-Verschraubung fixiert (**Bild 5**).

Das Infrashallmikrofon, so dürfen wir es schon jetzt nennen, kann jetzt aus dem Reinraum entfernt werden. Das Gehäuse dürfte nun ausreichend luftdicht sein, um damit Messungen im Infrashallbereich auszuführen. Wer ganz sicher gehen will, kann die Berührungsstelle von Griffhülse und Isolierring mit einer Nadel etwas lösungsmittelfreien Sekundenkleber aufbringen, ohne aber dabei die Membran zu berühren.

Die freiliegende Membran ist sehr empfindlich und muss vor Staub und Berührung geschützt werden. Dazu stülpt man einen etwa 20 mm langen passenden Kunststoffschlauch über den vorderen Teil und versieht die Öffnung mit einer Schaumstoffkappe.

Elektronische Verstärkung

Die Ausgangsspannung eines Kondensatormikrofons ist nicht gerade hoch und muss um Zehnerpotenzen verstärkt werden, will man das Signal weiter verarbeiten. Eine erste Impedanzwandlung, die ja schon innerhalb der Kapsel vorgenommen wird, erfordert eine Spannungsversorgung für die Elektronik, die in der Schaltung in **Bild 6** durch R1/R2 realisiert wird. Die Wechselspannung gelangt vom Mikrofon über den Koppelkondensator C3 zur ersten Verstärkerstufe IC1.A. Die Eingangsimpedanz wird von R3 bestimmt, die Verstärkung von $1 + R5/R4$. C4 begrenzt die Bandbreite und verhindert instabiles Verhalten des Verstärkers. 34-fache Verstärkung ist angesichts einer Mikrofonspannung von $-30 \dots -70$ dBu nicht ausreichend. Eine zweite Verstärkerstufe mit IC1.B hebt das Signal nochmals um den Faktor 3,3 oder 30 an. Damit ergibt sich eine Verstärkung von 100 (in der gezeigten Stellung von S1) oder 1000 in der anderen Schalterposition. Damit kann jedes handelsübliche Elektret-Mikrofon (der geeigneten Größe) eingesetzt werden, und am Ende der Schaltung steht das Signal mit Line-Pegel zur Verfügung.

Der eingesetzte Doppelopamp ist übrigens

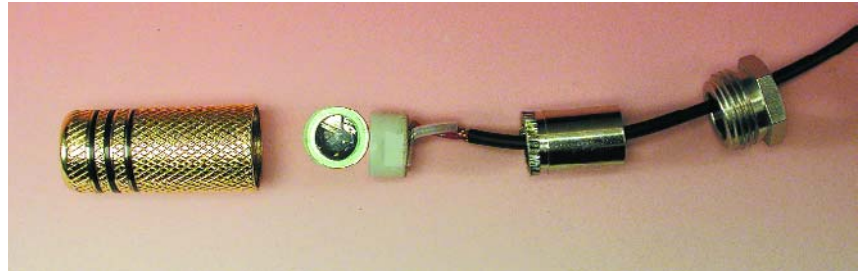


Bild 4. Hier wächst zusammen, was nicht zusammen gehört.

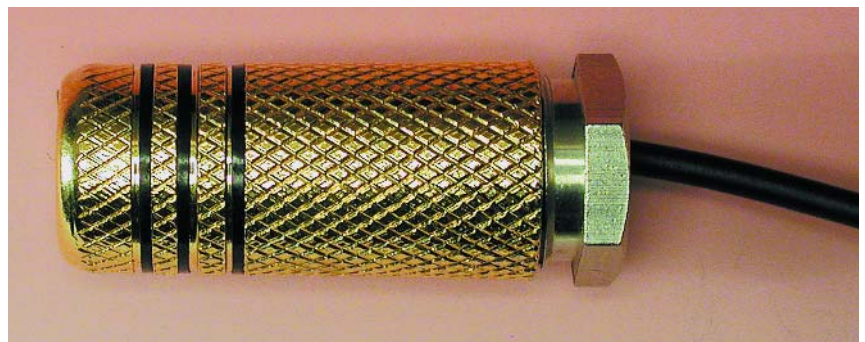


Bild 5. So werden die Einzelteile im Reinraum zusammengesetzt.

ein Präzisionsverstärker (gute Offsetwerte) von Maxim mit sehr niedriger Stromaufnahme und deswegen geeignet für Batteriebetrieb. Das Datenblatt finden Sie unter <http://pdfserv.maxim-ic.com/arpdf/MXL1178-MXL1179.pdf> und in der Heftmitte.

Um den Infrashall zu analysieren, schließt man den Mikrofonvorverstärker an den Eingang der Sound-

karte an. Ein geeignetes Programm (mit einer kostenlosen Testversion) zur Schwingungs- und Schallanalyse ist *Medusa* unter www.maschinendynamik.de/index.html

Eine Bauanleitung für dieses Mikrofon ist übrigens auch im Internet auf der Site der Interessengemeinschaft zur Aufklärung des Brummtons (IGZAB) www.brummt.de enthalten.

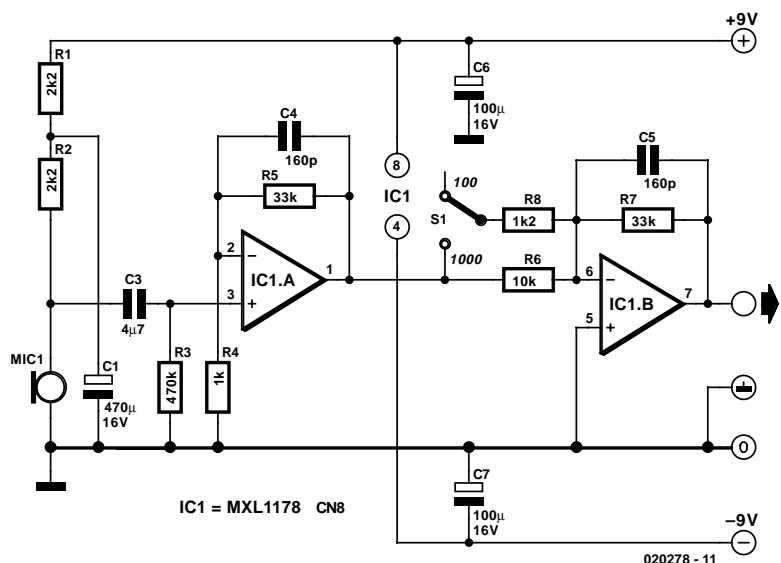


Bild 6. Schaltplan für einen Mikrofonvorverstärker.

Mikrofon, Mikrofonverstärker und Soundkarte weisen in dem interessanten Frequenzbereich unter 10 Hz keinen linearen Frequenzgang auf. Solange Sie keine Möglichkeit haben, die Übertragungseigenschaften der Glieder der Messkette zu messen, dürfen Sie nur von Schätzwerten ausgehen.

Der Übertragungsfaktor des Infrasschallmikrofons ist nicht bekannt und wurde deshalb (mit viel Optimismus) als 1 angenommen. Die Korrekturfaktoren des verwendeten Mikrofonvorverstärkers und der (Terratec-)Soundkarte wurden ermittelt, so dass sich folgende Korrekturfaktoren ergaben (**Tabelle 1**).

Natürlich lassen sich Infrasschallaufnahmen auch ohne Soundkarte, sondern mit einem A/D-Wandler vornehmen. Der Autor verwendet das *UA-1A USB Audio Interface Edirol* von Roland. Daraus ergeben sich andere Korrekturwerte (**Tabelle 2**). Werden beide Eingänge des Edirol

Tabelle 1

Frequenz in Hertz	Korrekturfaktoren			
	Infrasschallmikrofon	Vorverstärker	Terratec Soundkarte	gesamt
10	1	1	1	1
4	1	1	0,62	1,6
2	1	1	0,37	2,7
1	1	1	0,25	4

Tabelle 2

Frequenz in Hertz	Korrekturfaktoren			
	Infrasschallmikrofon	Vorverstärker	Edirol UA-1A	gesamt
10	1	1	1	1
4	1	1	0,94	1,1
2	1	1	0,85	1,2
1	1	1	0,73	1,4

verwendet und zwei Mikrofone in einem bestimmten Abstand voneinander aufgebaut, kann man sogar

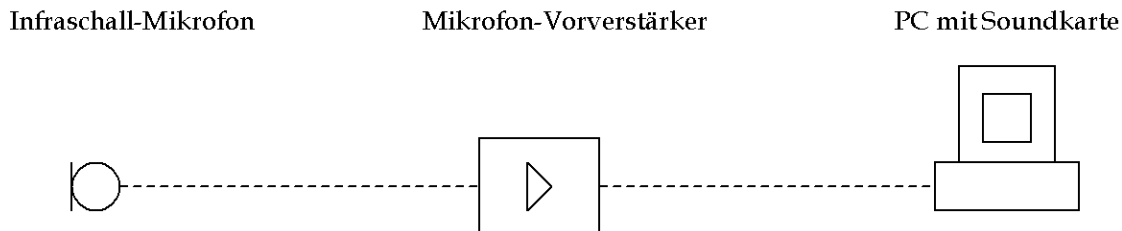
eine Ortung der Schallquelle versuchen.

(020278)rg

Sehr geehrte Forumsteilnehmer,

damit auch weniger versierte ein Infrasschall-Mikrofon bauen und Brummtton-Messungen durchführen und bewerten können, eine kurze Anleitung.
 Das Infrasschall-Mikrofon und der Mikrofon-Vorverstärker und der PC mit Soundkarte bilden eine Messkette.

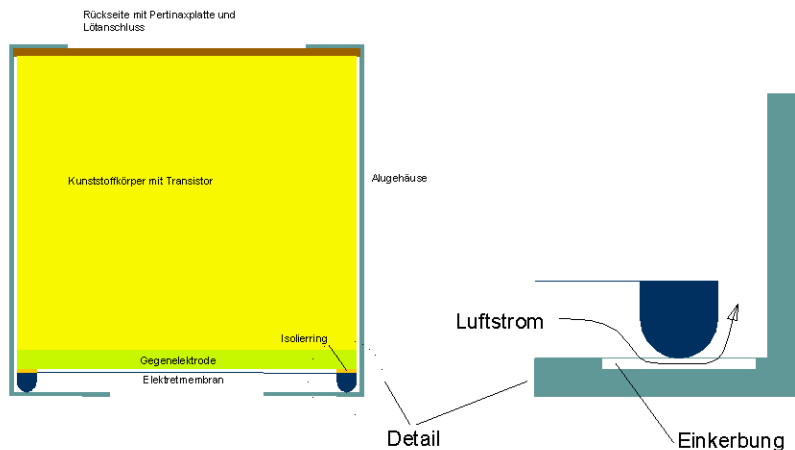
Die Messkette:



Per Definition beginnt der Infrasschallbereich bei der Frequenz von 16 Hertz. Handelsübliche Hi-Fi-Mikrofone sind für diesen Frequenzbereich wenig geeignet und Messmikrofone für Infrasschall sind unerschwinglich teuer (circa 2000 Euro).

Mit der folgenden Bauanleitung können billige zweipolige Kondensator-Mikrofon-Kapseln (Elektret-Mikrofon-Kapseln) zu Infrasschall-Mikrofonen umgebaut werden. Ein passender Typ ist mit der Suchfunktion auf <http://www.buerklin.de> zu sehen. Zur Suche die Bürklin-Bestellnr. 46M483 eingeben.

Die Mikrofon-Kapsel:



Der Luftstrom strömt durch eine Einkerbung hinter die Membrane. Dadurch kann bei niedrigen Frequenzen an der Membrane kein Schalldruck aufgebaut werden. Der Querschnitt der Einkerbung ist also maßgeblich für die untere Frequenzgrenze (z. B. 40 Hz) der Mikrofon-Kapsel.

Soll die Mikrofon-Kapsel zur Messung von Infrasschall genutzt werden muss der Querschnitt der Einkerbung verkleinert werden. Bisher habe ich keinen Weg gefunden diese Einkerbung in der Mikrofon-Kapsel zu verschließen, ohne die Mikrofon-Kapsel zu zerstören.

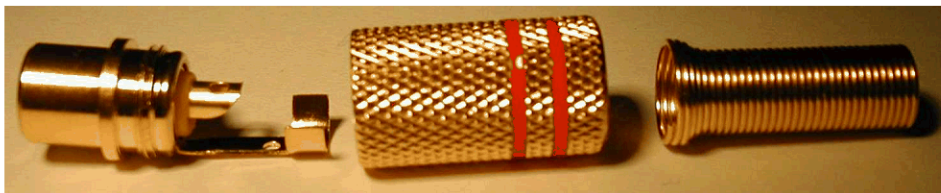
Daher wird in der folgenden Bauanleitung die Mikrofon-Kapsel in ein neues Gehäuse ohne Einkerbungen eingebaut.

Benötigt werden folgende Teile:

1. Cinch Kupplung



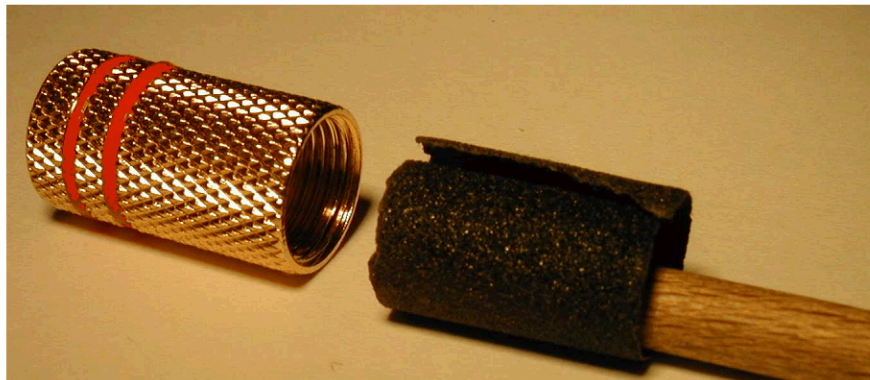
Die Cinch-Kupplung wird aufgeschraubt.



Es wird nur die Hülse gebraucht.



Die Hülse der Cinch-Kupplung soll später die Mikrofon-Kapsel aufnehmen und muss daher passend gemacht werden. Dazu öffnen wir eine Mikrofon-Kapsel und verwenden das Innenteil aus Kunststoff als Schablone.



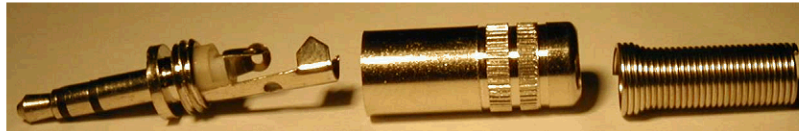
Die Hülse wird vorsichtig in eine Bohrmaschine eingespannt und mit an einem Hölzchen befestigten 400er Schleifpapier ausgeschliffen. Die Hülse wird geschliffen, bis der Kunststoffteil leichtgängig in die Hülse hinein passt. Es sind nur wenige 10tel Millimeter, die abgeschliffen werden. Vorsicht nicht zu viel vom Innengewinde abschleifen.

Nach der Bearbeitung werden die fertigen Teile sorgfältig von Staub, Schmutz und Flusen gereinigt. Sauberkeit ist sehr wichtig!

2. Klinkenstecker 3,5 mm Stereo.



Der Klinken-Stecker wird aufgeschraubt.



Es wird nur die Hülse gebraucht.



Die Hülse wird nun mit einer Säge auf 10 mm gekürzt und mit einer Feile begradigt.



Das Bild der gekürzten Hülse.

3. BNC Stecker mit Verschraubung.

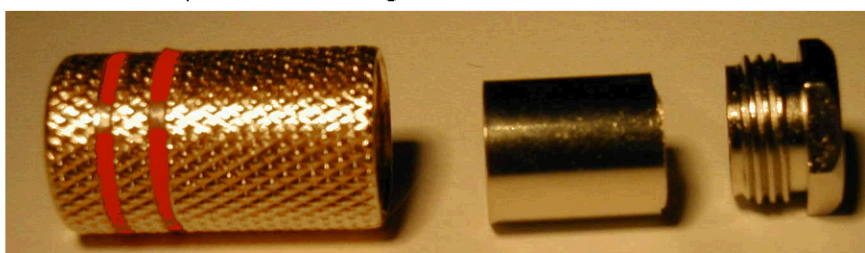


Der BNC-Stecker wird aufgeschraubt.

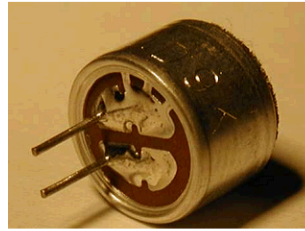


Es wird nur die Verschraubung gebraucht.

So werden die Steckerteile später zusammengesetzt.



4. Kondensator-Mikrofonkapsel 2polig (Elektret-Kapsel).



Nun werden die Teile zu einem Infrasschall-Mikrofon zusammen gesetzt:

Eine Kondensator-Mikrofonkapsel wird mit einem scharfen Messer aus dem Baumarkt aufgeschnitten. Bitte nur 2polige Elektret-Kapseln verwenden.

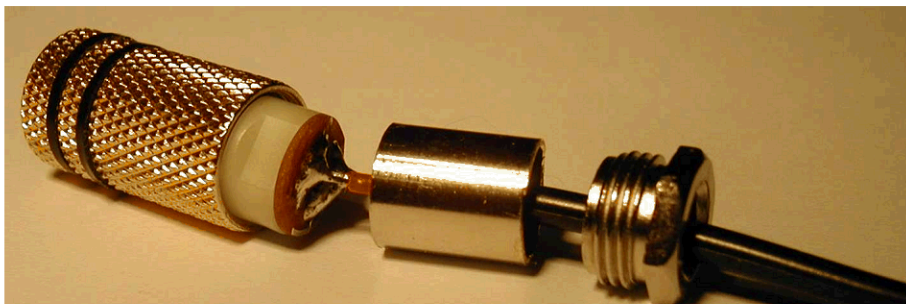


Die Bördelkante an der Rückseite der Kapsel wird mit kleinen Schnitten bis auf die Platine abgetragen. Vorsicht, dabei nicht in die Mikrofon-Öffnung greifen, die Membrane könnte beschädigt werden. Bei diesem Arbeitsgang müssen die Innenteile der Kapsel immer innerhalb des Gehäuses bleiben die innere Kapsel noch nicht heraus nehmen. Die Membrane der Kapsel und die inneren Teile der Kapsel dürfen nicht berührt werden. Bei Berührung wird die Kapsel durch Fett, Schmutz und durch elektrische Aufladung zerstört.

Nach dem Aufschneiden der Kapsel wird das abgeschirmte 2polige Kabel angelötet. Auf die Polarität achten.

Die folgenden Arbeitsschritte müssen in Staub- und Flusenfreier Umgebung durchgeführt werden. Dazu nehmen wir einen durchsichtigen Müllbeutel und dünne puderfrei Gummihandschuhe. Die vorbereiteten Steckerteile und die aufgeschnittene Mikrofon-Kapsel werden im Müllbeutel zusammen gesetzt.

Die Mikrofon-Kapsel wird senkrecht an den Lötstiften festgehalten und das Alu-Gehäuse vorsichtig nach oben von der Mikrofon-Kapsel abgezogen. Nun wird die ausgeschliffene Hülse der Cinch-Kupplung über die Innenteile der Mikrofon-Kapsel gestülpt. Die Mikrofon-Teile werden ganz in die Hülse eingeführt. Jetzt wird die abgesägte Klinken-Hülse eingesetzt und mit der Verschraubung festgeschraubt.



Das Gehäuse wird in den meisten Fällen ausreichend luftdicht sein, um damit Messungen im Infrasschall Bereich zu machen. Wer es ganz genau haben möchte, muss an der Nahtstelle an der die Hülse und der Membranring zusammen kommen mit einer Nähnadel einen lösungsmittelfreien

Sekundenkleber aufbringen, ohne die Membran zu berühren. Damit dürfte das Mikrofon nach vorn absolut dichten sein. Alle umgebauten Mikrofone haben bisher ohne Kleber funktioniert.

Das Innere des Mikrofons müsste nach akustischen Eigenschaften gestaltet werden. Dazu müsste diese Mikrofonskapsel mit einem definierter Hohlraum und einer Kapillare zum Ausgleich bei atmosphärischen Luftdruckschwankungen ausgestattet werden. Ich habe darauf verzichtet.



Damit das Infrasschall-Mikrofon vor Staub und Berührung geschützt wird, muss es noch mit einer schalldurchlässigen Schutzkappe versehen werden. Dazu wird ein 2 cm langes Stück durchsichtiger Kunststoffschlauch vom Baumarkt über den vorderen Teil gestülpt und dabei ein kleines Stück flusenfreies Stoffgewebe vor der Membran fest geklemmt. Zum Schluss wird die verbleibende Öffnung mit einer Schaumstoffkappe versehen.



Viel Vergnügen beim Bau der Infrasschall-Mikrofone. Verbesserungsvorschläge sind erwünscht!

Der zweite Teil der Messkette der Mikrofon-Vorverstärker:

Damit das vom Mikrofon kommende Signal, circa 2 mV (0,002 Volt), im PC verarbeitet werden kann muss es erst noch verstärkt werden. Handelsübliche Vorverstärker haben eine untere Frequenzgrenze die erheblich variieren kann von z. B. 5 Hz bis 20 Hz. Zur Messung von Infrasschall brauchen wir einen Vorverstärker mit der unteren Frequenzgrenze von mindestens 1 Hz oder kleiner. Das Signal wird je nach Schalterstellung 100fach oder 1000fach verstärkt.

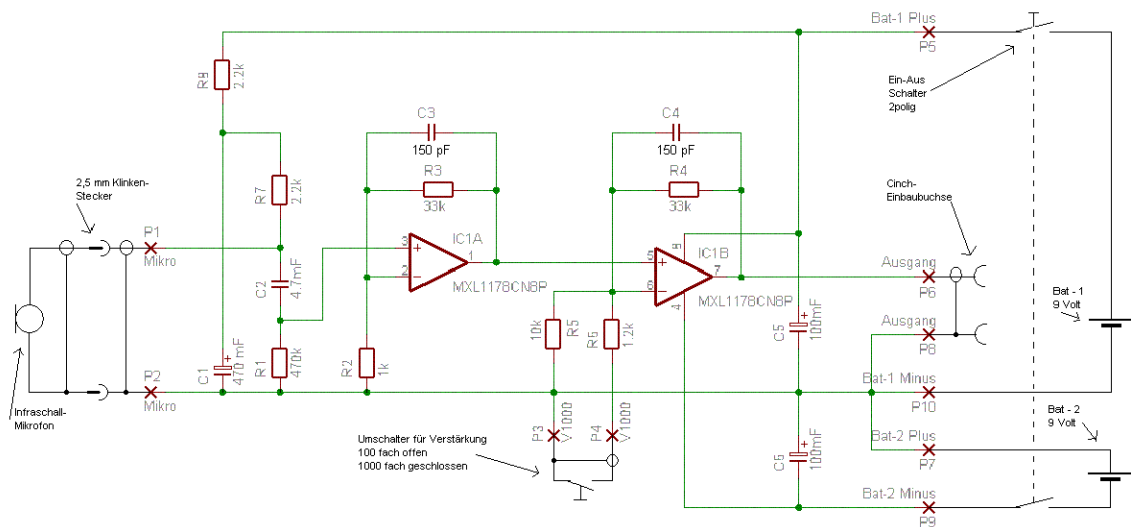
In der folgenden Schaltung wurde ein Gleichspannungsverstärker mit nur einem Kondensator, C3, im Eingangsbereich verwendet. Der Kondensator C3 bildet mit dem Widerstand R3 die untere Frequenzgrenze. Als Operationsverstärker (IC1) wurde ein Typ mit sehr kleiner Offsetspannung und Eigenverbrauch eingesetzt.

Der Ausgang des Vorverstärkers ist nicht mit einem Kondensator entkoppelt und kann daher Gleichspannung führen. Besonders beim Einschalten des Vorverstärkers und beim Anschließen des

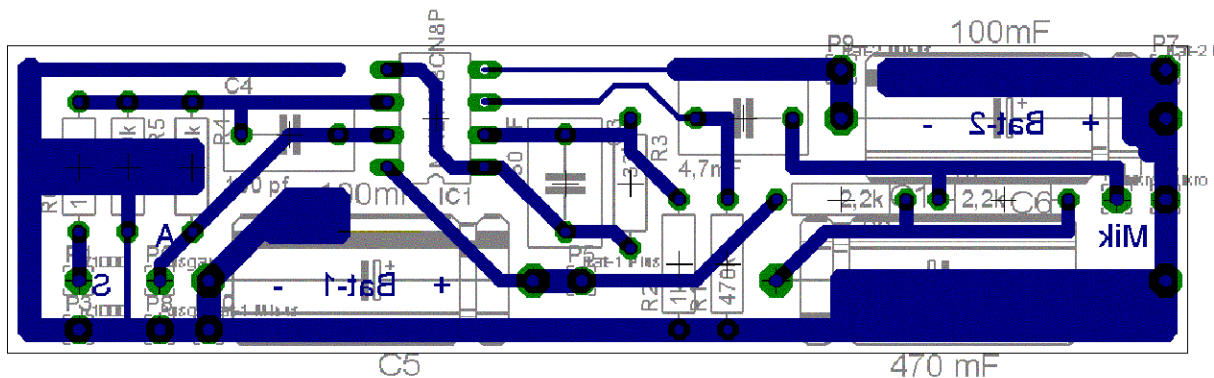
Infrasschall-Mikrofonen können Impulse bis zu 9 Volt auftreten daher zuerst den Vorverstärker mit dem Mikrofon verbinden einschalten und dann mit dem PC verbinden. Vorsicht der Betrieb geschieht auf eigene Gefahr. Ohne Beachtung dieser Vorsichtsmaßnahmen sind an meinem PC bisher keine nachteilige Störungen aufgetreten.

Durch Verändern der Kondensatoren C3 (150 pF) und C4 (150 pF) kann der Infrasschall-Vorverstärker die Eigenschaft eines Tiefpasses bekommen. Bringt man die Tiefpass Grenzfrequenz auf 300 Hz kann die Soundkarte mit 600 Hz Abtastfrequenz arbeiten. Dadurch werden bei Langzeitaufnahmen über 24 Stunden die Wave-Dateien nicht übermäßig groß (etwa 100Mbyte). Leider können die meisten Soundkarten nur bis 6000 Abtastungen pro Sekunde machen und die Wave Dateien werden riesig (etwa 1 Gbyte).

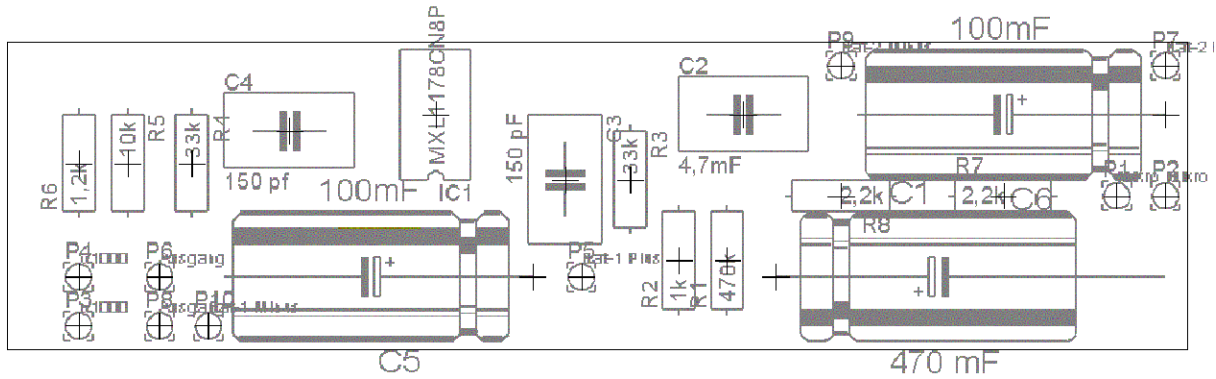
Die Schaltung des Infrasschall-Vorverstärker:



Die bestückte Platine des Infrasschall-Vorverstärker:



Die Bauteile auf der Platine:



Die Stückliste:

In der rechten Spalte stehen die Bestell-Nummern der Firma Bürklin. <http://www.buerklin.com/> die Bauteile können dort eingesehen werden.

C1	Elektrolytkondensator	470 MF / 40 Volt	1 Stück	11 D 310
C2	Kunststoffkondensator	4,7 MF / 63 Volt	1 Stück	51 D 804
C3 , C4	Keramikkondensator	150 pF / 100 Volt	2 Stück	55 D 418
C5 , C6	Elektrolytkondensator	100 MF / 40 Volt	2 Stück	11 D 300
R1	Widerstand 0,3 W	470 kR	1 Stück	17 E 420
R2	Widerstand 0,3 W	1 k	1 Stück	17 E 240
R3 , R4	Widerstand 0,3 W	33 k	2 Stück	17 E 340
R5	Widerstand 0,3 W	10 k	1 Stück	17 E 310
R6	Widerstand 0,3 W	1,2 k	1 Stück	17 E 245
IC 1	MXL 1178 CN8	Präzisions- Operations- verstärker	1 Stück	Hersteller MAXIM
Batt.-Clips	Batt-Anschluss	9Volt	2 Stück	28 A 103
Einschalter	2pol Kippschalter	Schalter	1 Stück	99 G 200
Umschalter	1pol Kippschalter	Schalter	1 Stück	99 G 210
Ausgang	Einbau-Cinch-Buchse	Buchse T706	1 Stück	60 F 128
Eingang	Einbau-2,5mm-Klinke	Buchse KLB 2,5	1 Stück	39 F 110
Alu- Gehäuse	Alu-Lackiert	Gehäuse 9513037	1 Stück	70 H 404

Die Schaltung des Infrasschall-Vorverstärker wurde mit dem hervorragenden Platinenlayout-Programm EAGLE entwickelt. Das Programm Eagle darf für private Zwecke benutzt und kann aus dem Internet geladen werden.

http://www.cadsoft.de/cgi-bin/download.pl?page=/home/cadsoft/html_public/download.htm.de&dir=pub/program/4.0

Mit Eagle kann die Schaltung des Infrasschall-Vorverstärker und die Platine nach bedarf verändert werden. So kann man der Platine eine andere Form geben um sie für ein anderes Gehäuse passend zu machen. Wegen der Abschirmung muss immer ein Metallgehäuse verwendet werden.

Die Eagle Dateien des Infrasschall-Vorverstärker:

Die Schaltung: <http://www.igzab.de/data/brummt.sch>
Das Layout: <http://www.igzab.de/data/brummt.brd>

Im Internet kann man mit der brummt.brd Datei bei einigen Herstellern ein Anzahl Platinen bestellen. Meist wird bei der Bestellung eine Mindeststückzahl verlangt.

Bei <http://www.basista.de> müssen 6 Platinen als kleinste Bestellmenge bestellt werden.

Viel Vergnügen beim Nachbau des Infrasschall-Vorverstärker. Verbesserungsvorschläge sind erwünscht.

Der dritte Teil der Messkette der PC mit Soundkarte:

Die Soundkarte hat eine untere Frequenzgrenze die je nach Typ unterschiedlich ausfallen kann. Bei einer einfachen Soundkarte von Terratec konnte eine Frequenzgrenze bei circa 5 Hz festgestellt werden.

Die Tabelle zeigt wie das eingehende Signal in der Soundkarte abgeschwächt wird. Bei der Frequenz von 1 Hz wird das eingehende Signal nur noch zu 25 % (Faktor 0,25) durchgelassen das muss bei später bei der Frequenzanalyse berücksichtigt werden. Soundkarten sind im Eingang regelbar dadurch wird der Vergleich der Messungen bei unterschiedlicher Einstellung der Eingangsempfindlichkeit schwierig.

Die Übertragungsfaktoren der Soundkarte bei den verschiedenen Frequenzen:

Faktor	0,25	0,37	0,62	1
Frequenz	1	2	4	10

Die Übertragungsfaktoren der Infrasschall-Mikrofone bei den verschiedenen Frequenzen können leider nicht ermittelt werden mit viel Optimismus nehmen wir die Faktoren 1 an.

Die Übertragungsfaktoren des Infrasschall-Vorverstärkers sind bei allen Frequenzen 1.

Um den Übertragungsfaktor der gesamten Messkette zu ermitteln werden die Faktoren des Mikrofons mit dem Faktor des Vorverstärkers und dem Faktor der Soundkarte bei jeder Frequenz multipliziert.

Frequenz	Mikrofon		Vorverstärker		Soundkarte		Messkette
	1	X	1	X	0,25	=	0,25
	1	X	1	X	0,37	=	0,37
	1	X	1	X	0,62	=	0,62
	1	X	1	X	1	=	1

Da die Faktoren des Mikrofons und des Vorverstärker 1 sind wird der Frequenzgang der gesamten Messkette nur noch durch die Soundkarte bestimmt.

Bei mobilen Messungen muss ein Notebook eingesetzt werden. Die Soundkarten eines Notebook ist meist von minderer Qualität und für die Infrasschall-Messung nicht geeignet. Da die Soundkarte nicht ausgetauscht werden kann muss ein externer Analog-Digital-Wandler verwendet werden.

Daher empfehle ich unbedingt die Verwendung eines externen Analog-Digital-Wandler der Firma Roland. Dieser Typ kann an der USB-Schnittstelle betrieben werden von der er auch seine Speisespannung bekommt also optimale Voraussetzung für den mobilen Betrieb.

Typ: Roland Edirol AudioCapture UA-1A USB Audio Interface (Preis circa 150 Euro).

Die Übertragungsfaktoren des Edirol bei den verschiedenen Frequenzen

:

Faktor	0,73	0,85	0,95	1
Frequenz	1	2	4	10

Der Infrasschall-Vorverstärker ist für den Eingang des Edirol ausgelegt worden der bis 5,66 Volt Spitze-Spitze verarbeiten kann.

Zur Analyse der Audio-Daten kann das hervorragende Analyseprogramm Medusa verwendet werden. Medusa ist frei verfügbar und kann von der Internetseite

<http://www.maschinendynamik.de/medusa.htm>

geladen werden.

In Medusa ist die Einstellung, Konfiguration / Kanäle / Messaufnehmer / Empfindlichkeit / Eingänge, mit dem Faktor 1 versehen. Wird der Faktor auf 1,8415 gesetzt so wird in Medusa die Spannung angezeigt, die am Eingang des Edirol anliegt. Damit die realen Spannungswerte am Eingang des Edirol in Medusa zur Anzeige kommen sollten die Faktoren angepasst werden. Bei der Verwendung einer Soundkarte mit regelbaren Eingang ist das verändern der Faktoren nicht sinnvoll.

Viel Erfolg beim Nachbau und den Messungen, für Fragen zur Bauanleitung stehe ich gern zur Verfügung. Ideen und Vorschläge zur Verbesserung sind erwünscht.
E-Mail karlheinz.kopp@t-online.de

Mit freundlichen Grüßen
Karl Heinz Kopp