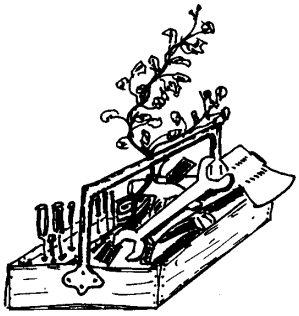
Schulbiologiezentrum
Hannover

Vinnhorster Weg 2, 30419 Hannover
Tel: 0511-16847665/7
Fax: 0511-16847352
email : schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de

Hannover

Unterrichtsprojekte Natur und Technik

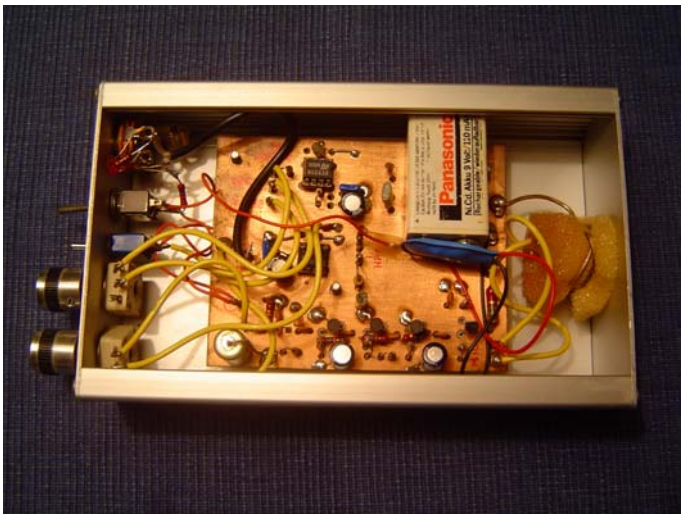
19.28



**Zum Selbstbau
für überfachlichen Unterricht,
Arbeitsgemeinschaften, Projektwochen
und Schullandheimfahrten:**

Selbstbau eines Fledermaus-Ultraschalldetektors

Fledermäuse sind vielen Menschen unheimlich. Beißen sie? Saugen sie Blut? Knoblauch soll helfen, wird gesagt, und dass sie sich gern in langen Haaren verfangen. Die nachtaktiven Kleinsäuger, die weder mit Vögeln noch Mäusen verwandt sind, entziehen sich durch ihr Treiben im Dunkeln weitestgehend unserer Erfahrung. Dennoch, und vielleicht gerade weil sie "so schön unheimlich" erscheinen, üben sie eine besondere Faszination auf uns aus. Eine ganze Reihe von (Jugend-)Naturschutzgruppen hat sich beobachtend und forschend mit der Welt der Fledermäuse beschäftigt, Zählungen durchgeführt, Fledermausbäume ausfindig gemacht und markiert, Biotope kartiert usw..



Diese Arbeitshilfe beschreibt den Aufbau eines Fledermausdetektors, mit dem wir uns in die faszinierende Welt der fliegenden Nachtjäger hineinhören können. Wir hoffen, dass diese Verbindung aus Natur und Technik weiterhin viele Jugendliche zu motivieren vermag, selbst Forschungen anzustellen und sich in der Naturschutzarbeit zu engagieren.
Das hier zum Selbstbau vorgeschlagene Gerät hat Manfred Reimann im Jahre 1990 entwickelt. Es ist seither im ganzen Bundesgebiet in vielen Umwelt-Projektwochen nachgebaut worden.

Die erste und zweite Auflage unserer Bauanleitung ist nunmehr vergriffen, hier also die dritte und noch einmal leicht überarbeitete Auflage. Wir möchten uns an dieser Stelle für die vielen Hinweise bedanken, die uns seither zugegangen sind.

Fledermäuse

Im Unterricht hat die Fledermaus meist nur ihren Platz in Schulbüchern, selten jedoch kommt es zu einer wirklichen Begegnung mit diesen faszinierenden Tieren.

Sind die Tiere schon kaum zu sehen, können wir sie erst recht nicht hören. Dabei sind Fledermäuse ausgesprochen laute Tiere. Sie "senden" und hören aber so hohe Töne, dass unsere Ohren davon nichts wahrnehmen (Kinder können vielleicht noch etwas hören, Erwachsene in der Regel nichts).

Fledermäuse erbeuten fliegende Insekten im "Blindflug": Sie sehen nicht besonders gut, sind aber im Gegensatz zu einer häufig geäußerten Ansicht nicht blind. Nur nachts ist eben kaum etwas zu sehen. Anders als z.B. die Eulenvögel, die faszinierend nachtscharfe Augen entwickelt haben, haben sich die Fledermäuse auf das Hören verlegt. Dabei geht es aber weniger darum, etwa den Flügelschlag eines Beuteinsekts zu hören: Dies reicht für einen schnellen und zielgenauen Anflug nicht aus Allein auf ihre guten Ohren gestellt kann auch die Fledermaus nur wenig ausrichten.

Das Geheimnis der schnellen und sicheren Bewegungen liegt in der "Echoortung": Die Fledermaus schreit kräftige Laute in die Nacht heraus. Die Schallwellen stoßen auf Hindernisse (Bäume, fliegende Insekten), werden zurückgeworfen und erreichen, mit einer gewissen Zeitverzögerung die Ohren des Tieres. Dabei kann es aus dem **Laufzeitunterschied** blitzschnell die **Entfernung** des Hindernisses oder der Beute ermitteln. Die **Zeitverzögerung**, mit der der reflektierte Schall erst das eine, dann das andere Ohr erreicht, macht es ihr möglich, die **Richtung** festzustellen.

Im Spiel können die Schüler zumindest im Ansatz erfahren, zu welcher Leistung die Fledermäuse befähigt sind (oder anders herum ausgedrückt, wie blind wir Menschen im Dunkeln doch sind.)

"Fleder-Mäuschen, wo bin ich?": Einem Schüler werden die Augen verbunden. Die Klasse sitzt im Kreis um ihn herum. Wenn jemand leise "ziepziepziep" sagt (einzeln bitte!), muss er in die Richtung zeigen, aus der das Geräusch gekommen ist.

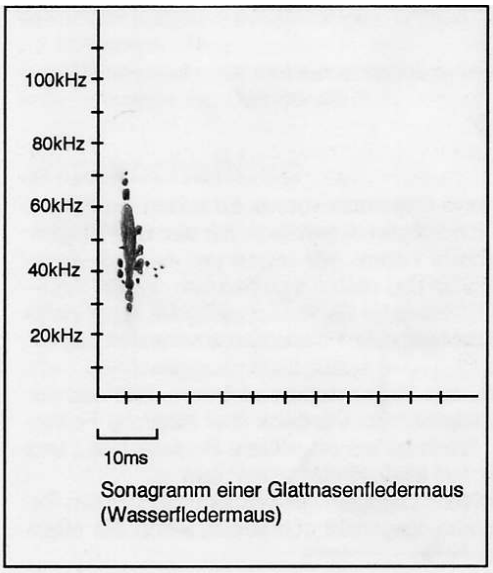
"Fledermaus" und "Motte": Einem Schüler werden die Augen verbunden. Er ist die "Fledermaus". Zwei bis fünf weitere spielen "Motten". Sie umtanzen die "Fledermaus". Ruft die Fledermaus "Fledermaus", so müssen alle Motten in ihrer Nähe "Motte" rufen. Aufgabe der Fledermaus ist es, innerhalb eines festzulegenden Zeitraums so viele "Motten" wie möglich zu fangen (nach CORNELL u. Winfried NOACK).

"Im Dunkeln gehen": Wir brauchen einen möglichst leeren Raum. Einem Schüler werden die Augen verbunden. Er soll sich, ganz im "Dunkeln" im Raum orientieren indem er laut ruft und auf das Echo seiner Stimme achtet (es muss sonst ganz still sein!). Wenn er gegen eine Wand oder einen Gegenstand läuft, hat er verloren. Wenn wir dem Schüler große "Pappohren" verschaffen, wird die Aufgabe leichter zu lösen sein.

SPALANZANI (1729-1799), Mathematiker, Naturforscher und Bischof von Padua, machte ein sehr eindrucksvolles Experiment. Er spannte in einem absolut dunklen Raum eine Vielzahl von dünnen Fäden aus. An den Fäden hingen Glöckchen. Ob die Fledermäuse, die später in diesem Raum umher flogen, gegen die Fäden prallten? Sie taten es nicht, und auch nachdem er ihnen die Sehfähigkeit genommen hatte, umflogen sie geschickt jeden Faden. Fledermäuse aus der Familie der Hufeisennasen nehmen im Experiment noch Drähte mit einem Durchmesser von 0,08 - 0,05 mm wahr, Glattnasen, zu denen die meisten der hier lebenden Fledermausarten gehören (z.B. die relativ häufige Wasserfledermaus), bringen es "nur" auf 0,2mm.

Kurzer Exkurs in die Physik des Schalls:
Die Ortungslaute der Fledermäuse liegen im Ultraschallbereich, zumeist weit oberhalb von 20000 Hertz (1 Hz = 1 Schwingung pro Sekunde). Die Obergrenze des menschlichen Hörvermögens bewegt sich im Bereich zwischen 16000 und 19000 Hz.
Welchen Vorteil bieten derart hohe Töne? Dazu ein kurzer Exkurs in die Physik des Schalls: Schallwellen sind rhythmische, von einer Schallquelle sich konzentrisch ausbreitende **Luftdruckschwankungen**. Bereiche unterschiedlicher Dichte, also mehr bzw. weniger "Luftteilchen", folgen wie Wellen an der Nordseeküste aufeinander. Diese auf und abschwingenden Dichte-"Wellen" breiten sich in der Luft mit **Schallgeschwindigkeit**, d.h. mit etwa 1000 km/h oder 340 m/s aus. Wer in den Bergen gegen eine Felswand ruft, und nach zwei Sekunden "...Esel" hört, kann berechnen, dass die Wand 680m entfernt ist. Der Abstand zwischen zwei Bereichen hohen bzw. tiefen Luftdrucks (= die **Wellenlänge**) ist ein Maß für die Tonhöhe.
Ein großer Abstand hat zur Folge, dass am Ohr pro Sekunde weniger Dichteschwankungen ankommen als bei kurz aufeinander folgenden Aufs und Abs des Luftdrucks.
Große Abstände bedeuten eine niedrige **Frequenz** (= Schwingungen pro Sekunde), kurze Abstände eine hohe Frequenz. Der (Sinus-)Ton "A" ist physikalisch gesehen, eine Luftdruckschwankung, die 440 mal pro Sekunde zwischen Maximum und Minimum hin und herpendelt und unser Trommelfell in entsprechende Schwingungen versetzt. Eine Fledermaus, die Laute mit einer Frequenz von 40000 Hz ausstößt, erzeugt also in einer Sekunde eine 40000mal auf- und abschwellende Dichte- oder Druckschwankung. Die **Lautstärke** (Amplitude) ergibt sich aus dem Unterschied zwischen größter und geringster Dichte.

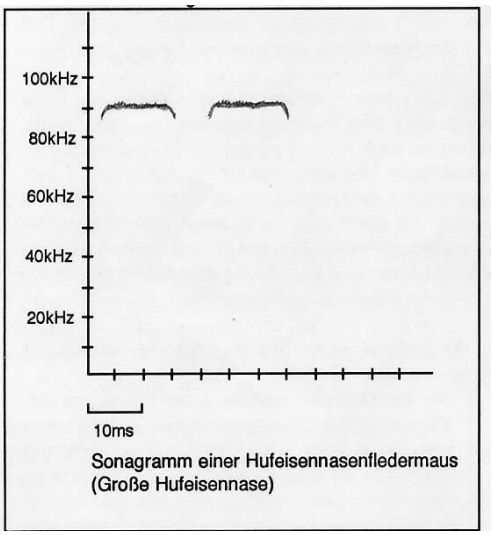
Wie rufen Fledermäuse und was können wir davon hören?
Weshalb Ultraschall? Der **Informationsgehalt** eines Bildes ist abhängig vom **Auflösungsvermögen** der Sinnesorgane. Um feine Strukturen, wie z.B. kleine Insekten aus größerer Entfernung registrieren zu können, muss das Bild in möglichst viele Elemente zerlegt werden können. Das gilt auch für das "akustische Auge" der Fledermäuse.
Da der Schall, unanhängig von der Frequenz in einem bestimmten Zeitraum eine bestimmte Strecke durchläuft (s.o.), . entfallen bei hohen Tönen auf diese Strecke viel mehr Luftdruckschwankungen als bei tiefen. Die Umgebung kann infolgedessen viel detaillierter abgetastet werden. Große Fledermäuse mit großen Beutetieren erzeugen niederfrequentere Schreie als kleine.
Auch das **Richtungshören** wird durch Verwendung hoher Frequenzen erleichtert. Ein einfaches Experiment dazu: Reiben Sie, neben Ihrem rechten Ohr, Daumen- und Fingerkuppe gegeneinander. Die hohen Töne, die dabei erzeugt werden, sind mit dem linken Ohr nicht zu hören, da der Kopf einen "Schallschatten" wirft. Bei tiefen Tönen gibt es keinen solchen Schatten. Durch Reiben der Fingerkuppen können Sie übrigens feststellen, ob Ihr selbstgebauter Detektor funktioniert: Tun Sie das etwa 1 m von Ihren Ohren entfernt, so werden sie nichts hören. Mit dem Kopfhörer dagegen könnten Sie schon einen Schreck bekommen...
Hohe Schallfrequenzen unterliegen einer starken Dämpfung durch die Luft (das haben Sie beim Fingerkuppenreiben bemerkt). Arten, die hoch über den Bäumen jagen (etwa der Große Abendsegler) "arbeiten" in tieferen Schallbereichen als diejenigen, die etwa an Wald- oder Buschbestandenen Teichufern jagen (z.B. Wasserfledermäuse). Hochfliegende Große Abendsegler, laut wie Presslufthämmer (bis zu 100dB, Rufweite bis 150m), und mit Lauten im Bereich von 25 - 16 kHz, gehören zu den (wenigen) Fledermausarten, die von Kindern u.U. noch ohne Hilfsmittel wahrgenommnen werden können. (Die starke Verbreitung von Walkmen soll dies Vermögen allerdings in den letzten Jahren erheblich eingeschränkt haben...). Der Große Abendsegler benutzt übrigens beim Flug knapp zwischen den Baumkronen erheblich hochfrequentere Laute (35 - 25 kHz).



Sonagramm einer Glattnasenfledermaus (Wasserfledermaus)

Die Fledermausfamilien der Glattnasen bzw. der Hufeisennasen haben, was die Echoortung angeht, ganz unterschiedliche Strategien entwickelt:
Die **Glattnasen** senden eine Folge kurzer, artspezifisch mehr oder weniger kräftiger Laute aus, die in wenigen Millisekunden abfallend einen sehr breiten Frequenzbereich durchlaufen (bei vielen Arten dem dreifachen Frequenzumfang des menschlichen Hörvermögens entsprechend): "fm"-Laute, (Frequenz-modulation).
Die Rufe z.B. der **Wasserfledermaus** beginnen bei ca. 90 kHz und sinken in 3 - 4 Millisekunden auf etwa 25 kHz ab. Das Amplitudenmaximum liegt bei 45 kHz. Diese kurzen Laute wären, besäßen wir entsprechende Ohren, nur als Knall wahrzunehmen. In einer Sekunde schreit die Wasserfledermaus etwa 13 mal.
In den Pausen dazwischen öffnet die Glattnase ein "Zeitfenster" innerhalb dessen sie das Echo registrieren kann. Für später eintreffende "Rückmeldungen" ist sie taub. Die akustische Welt der Glattnasen ist also eine Folge von Momentaufnahmen, ähnlich wie bei einem langsam abgespulten Film. Wie sie diese Welt allerdings psychisch wahrnimmt, entzieht sich unserer Kenntnis.
Beim Zielanflug auf ein Beutetier erhöht sich die Rate auf bis zu 50 Laute/s. Im Bat-Detektor nehmen wir ein "Maschinengewehr-Geknatter" wahr: Immer wenn der Ruf das von uns gerade eingestellte Empfangsfrequenz durchläuft, knallt es im Kopfhörer. Zwischen das regelmäßige "tackackatackatack" suchender Glattnasen mischt sich immer wieder ein schnelles "pprrruit". Kurz darauf verliert ein Nachtschwärmer sein Leben zwischen den messerscharfen Zähnchen der Fledermaus...

Die **Hufeisennasen** orten mit lang andauernden, sehr hohen Lauten innerhalb nur eines ganz schmalen Frequenzbandes ("cf"-Laute, constant frequency). Das Ortungssystem beruht bei ihnen nicht auf der Zeitverzögerung der Echos, denn sie senden ja noch, wenn der Schall zurückkehrt. Hufeisennasen besitzen einen Hörfilter, der genau auf die ausgesandte Frequenz abgestimmt ist und nutzen den Doppler-Effekt: Fliegt Sie einem Hindernis oder einem Beutetier entgegen, steigt die Frequenz des zurückkehrenden Schalls. Sie setzt den Schrei etwas tiefer an und kann aus der Differenz zwischen "Sende- und der vom Hörfilter festgelegten "Empfangsfrequenz" Abstand und relative Geschwindigkeit berechnen.



Sonagramm einer Hufeisennasenfledermaus (Große Hufeisennase)

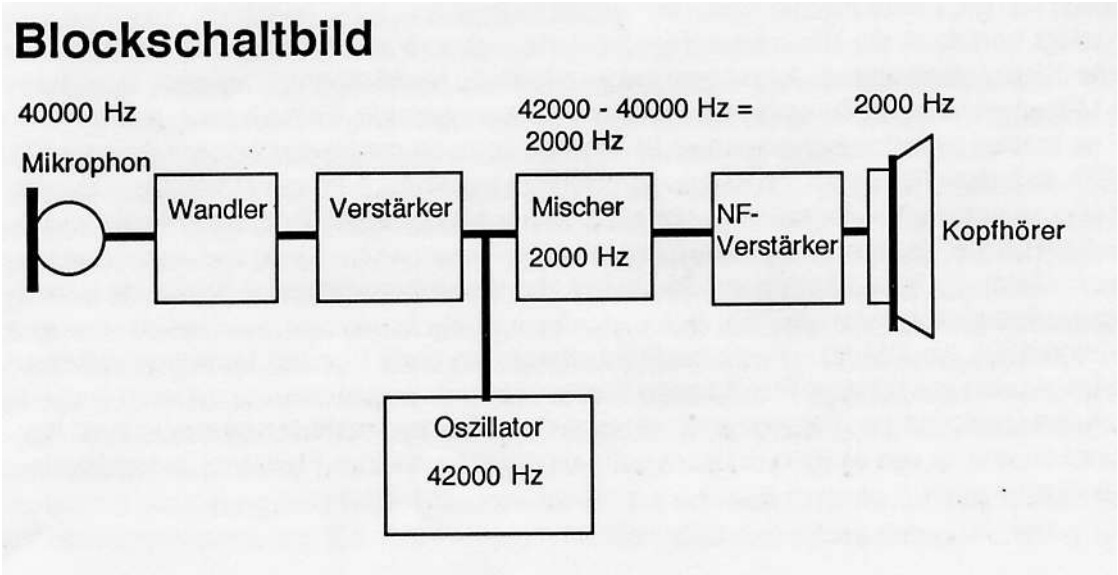
Der Flügelschlag eines Beuteobjekts moduliert das Echo mit einem bestimmten, arttypischen Rhythmus. Aus der Verformung des eigenen Rufes registriert die Hufeisen-nase auch feinste Details.
Die Laute der **Großen Hufeisennase** (83 kHz) bzw. der Kleinen Hufeisennase (107 kHz) können Sie mit unserem Detektor nicht wahrnehmen (s.u.), es sei denn, Sie verfügen über ein wirklich gutes Ultraschallmikrophon. Dann allerdings könnten Sie die Rufe mit Hilfe einer geeichten Skala einstellen wie den NDR auf Ihrem Radio-gerät und die Frequenz recht genau ablesen. Dazu unten mehr.

Ein Hinweis vorweg
Der Nachbau des Detektors setzt **einige Kenntnisse in Elektronik** voraus. So sollten Sie Schaltskizzen und Bestückungspläne lesen können und sich, möglichst praktisch, mit den Grundeigenschaften der elektronischen Bauteile vertraut gemacht haben. Wir haben uns bemüht, diese Arbeitshilfe möglichst detailliert und einfach zu gestalten und setzen kein Studium der Nachrichtentechnik voraus. Wenn Sie aber noch nie einen Lötkolben oder ein Vielfachmessgerät in der Hand hatten, sollten Sie sich zunächst erst einmal einem hilfsbereiten Fachmenschen anvertrauen und mit ihm zusammen einen Prototyp herstellen.
Motivierte Schüler sollten Erfolgserlebnisse mit nach Hause nehmen können. Das wird nur gelingen, wenn Sie als Kursleiter und fachlicher Mittelpunkt den Überblick über mögliche Fehlerquellen behalten (Kurzschlüsse durch Lötkleckse, falsch herum eingelötete Bauteile usw.) und Ihnen ein Blick auf ein schnell angeschlossenes Messgerät sagt, wo der "Wurm" liegt.
Bevor Sie sich an das Projekt wagen, sollten Sie sich das Gerät bei uns zeigen lassen. Rufen Sie uns bitte vorher an. Viele Fragen ergeben sich erfahrungsgemäß von selbst, wenn Sie einen optischen Eindruck gewonnen haben.
Abgesehen von diesem Bauvorschlag hält Schulbiologiezentrum Hannover zwei andere, einfache Detektoren zur Ausleihe bereit.
Das verfolgte **Konzept** lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Geringe Kosten bei Selbstbau (DM 60 - 70 incl. Gehäuse und Ultraschall-Mikrophon, ohne Kopfhörer und Platine). Der Preis lässt sich mit etwas Geschick erheblich nach unten drücken!
- Einfaches Schaltungsprinzip, dadurch rel. leichteres Erkennen möglicher Fehler beim Bauen.
- Hohe Nachbausicherheit auch für technisch ungeübte Schüler. (Auch im Jahrgang 5./6 erfolgreich gebaut!)
- Hohe mechanische Stabilität im Feldeinsatz.
- Geringer Stromverbrauch (d.h. relativ lange Batterie-/Akkulebensdauer).
- Ausreichende Empfindlichkeit.
- Verhältnismäßig leichte Beschaffbarkeit der benötigten Bauteile, auch in größerer Stückzahl (Ausnahme: Mikrophon, s.u.)

Voraussetzung für den Selbstbau in Schülergruppen sind:
- Ein oder mehrere Erwachsene mit elektronischen Fachkenntnissen und Erfahrungen im Bestücken und Verlöten elektronischer Bauteile.
- Vorhandensein von Werkzeug wie Lötkolben, Bohrmaschinen usw.
- Möglichkeiten zum Einkauf der Bauteile (Leider können wir aus Personalgründen keine Bausätzen für Sie zusammenstellen).
- Messmittel wie Spannungs- und Durchgangsmesser oder Oszilloskop zur evtl. Fehlersuche.

Was ist ein Fledermausdetektor?
Der Fledermaus- oder "Bat"-detektor ist heute aus der praktischen Feldarbeit nicht mehr wegzudenken. Aufgabe eines solchen Gerätes ist es, die für das menschliche Ohr unhörbaren Ultraschallortungs- und Soziallaute der Tiere so umzuwandeln, dass sie innerhalb unseres Hörbereiches liegen.
Detektoren höherer Preisklassen warten mit guten Ultraschallmikrophonen und/oder einer digitalen Frequenzanzeige auf. Oft verfügen sie über Anschlussmöglichkeiten an ein Tonbandgerät (z.B. zur Verlangsamung) oder an ein Oszilloskop zum Sichtbarmachen des Amplituden- und Frequenzverlaufs. In einigen, dann allerdings sehr teuren Geräten finden wir bereits integrierte Einrichtungen zur Dehnung der Rufe.
Das **Grundprinzip** der meisten einfacheren Geräte folgt im allgemeinen folgendem Schema, das auch für unseren Bat-Detektor gilt:



Die hochfrequenten Laute (z.B. 40000 Hz) werden zunächst von einem speziellen **Ultraschall-Mikrophon** in elektrische Spannungsschwankungen verwandelt. Ein sog. (Impedanz)-**Wandler** bereitet sie so auf, dass sie durch eine mehrstufige **Transistorschaltung** kräftig verstärkt werden können. Der Detektor enthält einen **Oszillator**, der, wie ein kleiner Sender, hochfrequente elektrische Schwingungen erzeugt (hier 42000 Hz). Ein **Mischer** subtrahiert das Oszillatorsignal und das Signal der Fledermäuse (42000 Hz - 40000 Hz = 2000 Hz) und erzeugt dadurch eine neue, niederfrequente Schwingung, die im menschlichen Hörbereich liegt. Die Dioden des Mischers richten das Signal gleich. Dadurch erst wird es für den Kopfhörer oder einen Lautsprecher nutzbar. Das Ausgangssignal wird durch einen **NF-Verstärker** gegeben und erreicht jetzt mit kräftiger Amplitude den Kopfhörer, wo es in Schallwellen zurückverwandelt wird. Genaueres erfahren Sie im Abschnitt "Funktionsbeschreibung".
Die Frequenz des Oszillators ist regelbar. Damit ist der Detektor so konstruiert, dass die Frequenz einer Ultraschallquelle mit einem Regler (wie bei Radiotunern) eingestellt und der Wert im Prinzip mehr oder weniger genau abgelesen werden kann.
Der Große Abendsegler (Nyctalus noctula) erreicht seine maximale Impulsintensität bei ca. 25 kHz. Bei einer Oszillatoreinstellung von 27 kHz wird dieser Bereich mit ca. 2 kHz hörbar. Im Falle der Wasserfledermaus, die ihre höchste Schallamplitude bei ca. 45 kHz erreicht, wäre die Frequenz des Oszillators auf 47 kHz zu ziehen, um den Ruf in gleicher Tonhöhe (2 kHz) wahrnehmen zu können.
Leider haben wir in den letzten Jahren keinen Anbieter wirklich guter Ultraschallmikrophone hoher Linearität, d.h. nahezu gleicher Ansprache auf dem gesamten benötigten Frequenzbereich bei tragbaren Kosten, ausfindig machen können.
Zwischenzeitlich erfuhren wir, dass der einzige (deutsche) Hersteller von "echten" Ultraschallmikrophonen die Produktion eingestellt hat. Für Hinweise auf mögliche Bezugsquellen wären wir im Interesse aller zukünftigen Nachbauer sehr dankbar.
Das in unserem Konzept eingesetzte Mikrophon führt leider dazu, dass die Möglichkeit, die Frequenz der Rufe zu bestimmen, sehr eingeschränkt ist: Der normalerweise in KFZ-Alarmanlagen benutzte Ultraschallwandler MA 40 LR ist mit einem Preis von ca. DM 10.- ausgesprochen kostengünstig und sehr "feinhörig". Der Nachteil dabei ist jedoch, dass er nur bei einem schmalen "Frequenzfenster" (um 40 kHz) anspricht. Die Empfindlichkeit fällt bei höheren und tieferen Frequenzen steil ab (Bandbreite 4kHz). In der (Schul-)Praxis hat sich die eingeengte Charakteristik des Mikrophons aber nicht allzu nachteilig ausgewirkt.
Da die Frequenz des Oszillators regelbar ist, könnten wir auf der Frontseite des Gerätes eine Skala anbringen (s. "Eichung der Skala"), ähnlich wie bei einem Radiogerät.

Wir sind aber der Ansicht, dass eine solche Messeinrichtung, zumindest im konkreten Fall nur "Scheingenauigkeiten" erzeugt. Der abgelesene Wert gibt nur die ungefähre Lage des Amplitudenmaximums wider (oder die mehr oder weniger zufällige Einstellung des Reglers), nicht aber das gesamte, erheblich kompliziertere Frequenzbild des Fledermausrufes.
Wie oben dargelegt benutzen die Glattnasen-Fledermäuse - anders als ein Radiosender (und in gewissem Maße die Hufeisennasen) - keine bestimmte, eindeutig feststellbare Frequenz. Ihre Rufe durchlaufen in Millisekundenschnelle einen sehr großen Frequenzbereich. Kein Mensch kann einen Abstimmknopf so schnell hinterher drehen und es ist ziemlich egal, ob der Regler nun auf 35 oder 45 kHz eingestellt ist. In jedem Fall ist nur ein kurzes "Knallen" zu hören. Eine Frequenzbestimmung mit dem Detektor und seiner mehr oder weniger genauen Skala oder gar einer digitalen Anzeige ist daher ein nur mit äußerster Vorsicht zu behandelnder Wert.
Wer allerdings ein Gehör für feine Klangunterschiede hat, der wird mit wachsender Erfahrung lernen einige Fledermausarten auseinander zu halten.
Bei Baukosten von 1995 ca. DM 60 - 70 (je nach Bezugsquelle, ohne Platine) kann und soll das Gerät nicht mit Detektoren der höheren Preisklassen konkurrieren.
Wie erwähnt ist das Gerät nur bedingt geeignet, verschiedene Fledermausarten akustisch sicher auseinander zuhalten und ist von einigen Kritikern gern als ein "Allgemeiner-Fledermaus-Nachweis-Detektor" bezeichnet worden.
Unser Detektor ist kein wissenschaftliches Messgerät (Dafür muss einfach mehr Geld ausgegeben werden). Darauf kommt es in der Schule zumeist auch nicht an. Hier geht es um einen motivierenden **Einstieg** in die Welt der "Echo-Jäger". Vielleicht wird aus dieser Begegnung eine lange Faszination, naturschützerisches Engagement und sogar wissenschaftliches Tun.
Zusammenfassend kann gesagt werden: Für die praktische Arbeit in der Schule und zur Förderung eines breit angelegten öffentlichen Bewusstseins für den Fledermausschutz erscheint uns das vorliegende Gerät als recht guter Kompromiss zwischen Professionalität und Machbarkeit, zumal es durch den hier möglichen **Selbstbau** einen starken zusätzlichen Motivationscharakter besitzt.

Funktionsbeschreibung:
Der vorgestellte Detektor beruht auf dem so genannten Mischerprinzip: Einem Ultraschallmikrophon ist ein Impedanzwandler mit dem Feldeffekttransistor BF 256 nachgeschaltet, dem ein dreistufiger Transistorverstärker (BF 198) folgt. Die geringe Mikrophonspannung wird schrittweise auf einen vielfachen Wert gebracht. Ein Oszillator, d.h. ein kleiner Sender mit dem Integrierten Baustein (IC) NE 555 erzeugt ein stabiles Hilfssignal, dessen Frequenz über das Potentiometer P 2 verändert werden kann. Dieses Signal wird am Ausgang des Mikrophonverstärkers mit dem dort anliegenden Ultraschallsignal gemischt. Für den Mischvorgang sind die Dioden AA 143 verantwortlich. Es entstehen zwei Mischprodukte, wobei uns nur das so genannte Differenzsignal interessiert. Aus einem z.B. 42 kHz hohen, vom Mikrophonverstärker kommenden und einem zweiten, im Oszillator erzeugten 40 kHz schnell schwingenden Signal entsteht eine Differenzfrequenz von 42 kHz - 40 kHz = 2 kHz. Ein Ton von 2000 Schwingungen pro Sekunde liegt in unserem Hörbereich. Dieses 2 kHz Signal muss jedoch erst hörbar gemacht werden, d.h. die elektrischen Schwingungen müssen wieder in Schallwellen zurückverwandelt werden. Dazu dient ein Kopfhörerverstärker mit dem IC 386 und ein Kopfhörer mit einer Impedanz von 4 - 8 Ohm. Die Lautstärke wird durch das Potentiometer P 1 geregelt.

Bauanleitung
Vor der Beschaffung weiterer Bauteile muss sichergestellt sein, dass das **Ultraschall-Mikrophon** in ausreichender Stückzahl vorrätig ist. Hier können u.U. Lieferschwierigkeiten auftreten, insbesondere, wenn viele Geräte gebaut werden sollen (ggf. rechtzeitig im Fachhandel bestellen!). Sollte der angegebene Typ nicht beschaffbar sein, sind auch Ultraschallwandler ähnlicher Bauart verwendbar.

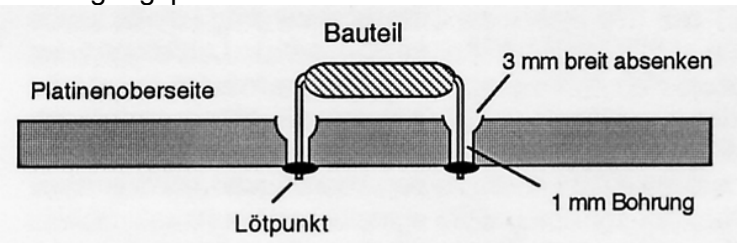
Die **Platine**: Die zu verwendenden **doppelseitig** kaschierten Platinen (halbes "Europa-Format", 100 × 80 mm) garantieren bei ansonsten korrektem Aufbau, dass sich die Schaltung mit ihrer hohen Verstärkung nicht selbst erregt (schwingt). Versuche mit einfacheren Platinen (Lochraster, einfach kaschiert) ergaben des Öfteren, dass der Bauerfolg mehr dem Zufall überlassen ist und außer unkontrollierbaren Quietsch- und Kreischtönen im Kopfhörer nichts zu hören war. In diesen Fällen haben wir die dritte Transistorverstärkerstufe überbrückt, womit allerdings ein etwas unempfindlicheres Gerät geschaffen wurde.
Experimentell Interessierte seien auf die Möglichkeit hingewiesen, die Schaltung im sog. **"3-D-Verfahren"** auf bzw. über einer durchgehenden Kupferfläche aufzubauen. Der Anhang dieses Heftes enthält einen Plan, aus dem Sie ersehen können, wie die Bauteile angeordnet sein könnten. Die Schaltung bildet gewissermaßen ein Netz aus Transistoren, Widerständen, Kondensatoren usf. einige Millimeter über der Kupferfläche. Das "Netz" wird durch die Lötpunkte verankert, die als Massepunkte auf der Platine liegen (Schwarze Punkte in der Skizze). Alle anderen Anschlüsse und Lötpunkte (grau gezeichnet) dürfen keine "Grundberührung" haben. Die "3-D-Technik", so bezeichnet, weil ein Raumgitter aufgebaut wird (mitunter auch "Drahtverhau" genannt...) hat sich beim Löten mit Schülern gut bewährt, da hier keine Platinen geätzt und gebohrt werden müssen, die Schaltung offen zutage liegt und weil man schließlich jeden Fehler leicht wiedergutmachen kann. Das Auslöten falsch platzierter Bauteile aus einer Platine, auf der die dünnen Leiterbahnen dicht bei dicht liegen, kann ganz schön Nerven kosten! Das vorgeschlagene 3-D-Verfahren sieht meist nicht schön aus und gilt als wackelig und Kurzschluss gefährdet, ist aber besonders für Anfänger viel leichter zu bewerkstelligen als die professionelle Platinentechnik. Wildes Schwingen der Schaltung wird durch die große gemeinsame Massebasis (Kupfer) unterdrückt, dennoch kommt es darauf an, die Verbindungen zwischen den Bauteilen möglichst kurz zu halten und nicht vermeidbare lange Verbindungen aus Koaxialkabeln herzustellen (Abschirmgeflecht auf die
Kupferfläche löten!). Zur "3-D-Technik", s. unsere Arbeitshilfe "Einstieg in die Radiotechnik", das dort beschriebene Mittelwellenradio wäre eine gute Vorübung für Ihr Fledermaus-Projekt.

Die **Platinen** sollten Sie
- entweder mit den Schülern nach dem abgebildeten Platinenlayout selbst herstellen (ab Jg. 8, s.u.)
- oder bei einer Firma in Auftrag geben.

Herstellung der Platine mit Ihren Schülern:
Das Layout für die Platine finden Sie im Anhang dieses Heftes. Wir empfehlen dringend, eigene Vorversuche durchzuführen. Die Technik des Platinenätzens ist in der Elektronik-Fachliteratur ausführlich dargestellt, daher hier nur eine Kurzanweisung:
Halbieren sie die "Europa-Karte" zunächst , die Stücke sind dann 100 mal 80 mm groß. Kopieren Sie das Platinenlayout und legen Sie die Kopie genau passend auf die Platine (mit Büroklammern befestigen!). Übertragen sie die Anordnung der Leiterbahnen so exakt wie möglich mit Hilfe von Kohlepapier.
Nehmen Sie dann das Layout wieder ab und zeichnen Sie mit Hilfe eines Lineals die durchgedrückten Bahnen mit einem breiten **wasserfesten** Folienstift nach (z.B. EDDING 3000, 1,5 - 3mm breit).
Die **Rückseite** der Platine wird mit Klebfolie ganz abgedeckt. Damit ihre Kupferfläche vollständig erhalten bleibt, darf sie mit dem Ätzbad nicht in Kontakt treten.
Wenn der Lack ganz trocken ist werden die Platine einzeln, ohne sich zu berühren für einige Minuten in ein **Ätzbad** gelegt.
Hinweis: Eisen-III-Chlorid ist nicht toxisch, kann aber zu Verätzungen z.B. der Hornhaut und irreparablen Schäden auf der Kleidung führen. Die folgenden Arbeitsschritte sollten Sie daher zusammen mit den Schülern durchführen.

Das Ätzmittel **Eisen-III-Chlorid** ist in Pelletform im Elektronik-Fachhandel erhältlich. Eine 1000g-Packung kostet etwa DM 8.-. Sie benötigen weiterhin eine oder mehrere Fotoschale(n) aus Polystrol oder einem ähnlichen unempfindlichen Material.
250 - 1000g Eisen-III-Chlorid wird in 1 l warmen Wasser gelöst.
Als Alternative weisen wir auf **Natriumpersulfat** hin, dass zu diesem Zweck als "SENO"-Feinätzkristall auf dem Markt ist (z.B. Fa. CONRAD, OPITEC). Es ist in der Handhabung unproblematischer als Eisen-III-Chlorid und kann u.U. mehrfach verwendet werden.
Die Eisen-III-Chlorid Lösung löst die Kupferschicht auf den nicht lackierten bzw. abgeklebten Flächen ab. Die Lösung sättigt sich nach und nach mit Kupferchlorid. "Profis" können die Platine auch **photochemisch** ätzen. Dazu wird spezielles, **lichtempfindliches Platinenmaterial** benötigt. Die Platine wird in der Dunkelkammer (Rotlicht) mit einer Maske abgedeckt, wie beim Entwickeln von Filmen belichtet und in ein Ätzbad gelegt. Die nicht belichteten Flächen werden vom Ätzbad nicht angegriffen, bleiben also als Kupferstreifen erhalten, während auf den belichteten Arealen das Kupfer herausgelöst wird. Sollten Sie sich für diesen Weg entscheiden, empfehlen wir Ihnen, die von der Vorlage "Platinen-Layout" eine Folie zu ziehen, die sie sofort als Maske benutzen können.
Die verbrauchte Ätzlösung liefern Sie bitte zusammen mit anderen Chemie-Sonderabfällen bei Ihrer Sondermüll-Sammelstelle ab. Es sollte bedacht werden, dass das Auskippen der Lösung etwa ins Waschbecken zu einer erhöhten Kupferbelastung z.B. im Klärwerk führt (Herabsetzung der Bakterientätigkeit in der biologischen Reinigungsstufe). Am besten ist es, die Lösung in eine Glasflasche abzufüllen (mit deutlichem Hinweis versehen!) und so lange wieder zu verwenden, bis eine Sättigung mit Kupfer erreicht ist (dann zum Chemie-Sondermüll-Annahmestelle).
Für genauere Hinweise zur Platinenherstellung verweisen wir auf die im Buchhandel erhältliche **Fachliteratur**.

Bearbeiten der fertigen Platine
Die Platine bildet das "Rückgrat" der elektronischen Bauelemente. Für die vier Befestigungspunkte an den Ecken der Platine bietet sich ein 3 mm Bohrer an.



Am Ende der Leiterbahnen sind runde, so genannte "Lötaugen" zu erkennen. Sie nehmen beim Bestücken die Anschlussdrähte der Bauelemente auf.
Dazu müssen die Lötaugen mit einem 1 mm Bohrer (Kleinbohrmaschine) bearbeitet werden. Die entstandenen Löcher in den Lötaugen müssen anschließend von der Rückseite der Platine, also von der durchgehend kupferbeschichteten Seite her, mit einem 3 mm Bohrer angesenkt werden (s. Skizze). Sonst besteht Kurzschlussgefahr, da die durchgehende Kupferschicht später mit dem Minuspol der Batterie = Masse verbunden wird! Die so vorbereitete Platine kann zum Schutz vor Oxidation und Fettfingern dünn mit Lötlack besprüht werden.
Die Leiterbahnseite ist die spätere **Unterseite**, die durchgehend kupferbeschichtete Fläche bildet die **Oberseite** der Platine. Die elektronischen Bauelemente sind genau nach Bestückungsplan in die Löcher hineinzustecken (von der durchgehend kaschierten Platinenoberseite her!) und an der Unterseite zu verlöten.

Reihenfolge beim Bestücken:
Eine elektronische Schaltung wird von links nach rechts gelesen, genauso erfolgt die Bestückung. Dementsprechend ist mit dem Impedanzwandler und den nachfolgenden Transistorverstärkerstufen zu beginnen. Nachfolgend wird der Diodenmischer und der Kopfhörerverstärker mit dem IC LM 386 aufgebaut. Die letzte Baugruppe ist der Oszillator mit dem IC NE 555.
Was Sie über die verwendeten elektronischen Bauteile wissen sollten:

Transistoren, Dioden, Leuchtdioden, ICs und Elektrolytkondensatoren müssen richtig herum eingesetzt werden, bei den anderen Bauteilen ist die Lage gleichgültig!

Widerstände

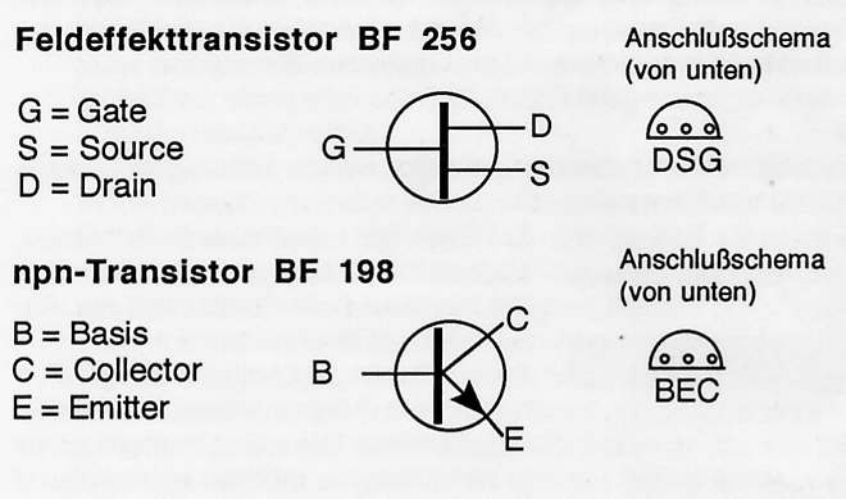
Sie tragen 4 Farbringe . Die ersten 3 Ringe geben den Widerstandswert in Ohm an (s. Angaben in der Stückliste). Der vierte weist auf die Toleranz hin (Abweichung vom aufgedruckten Wert in %, Gold bedeutet 5%, Silber 10%). Achtung: Metallfilmwiderstände haben einen anderen Code!

Kondensatoren

Verwendet werden Keramik-, Styroflex und Elektrolytkondensatoren mit unterschiedlicher Bauform und Farbgebung (je nach Hersteller). Die aufgedruckten Kapazitätsangaben sind leider nicht standardisiert: Ein Kondensator mit der Kapazität 10 Nanofarad (nF) kann z.B. die Aufschriften 0,01, 103 oder 10 nF tragen. Im ersten Fall bedeutet die Angabe 0,01 Mikrofarad (μF, 1 μF = 1000 nF), im Falle der Angabe 103 heißt es 10000 Picofarad (pF, 1 nF sind 10 nF und die "103" bedeutet 10 und 3 angehängte Nullen. Ggf. beim Kauf nachfragen! Elektrolytkondensatoren (Elkos) haben einen Plus- und einen Minuspol, beim Einbau richtig herum einsetzen!

Transistoren

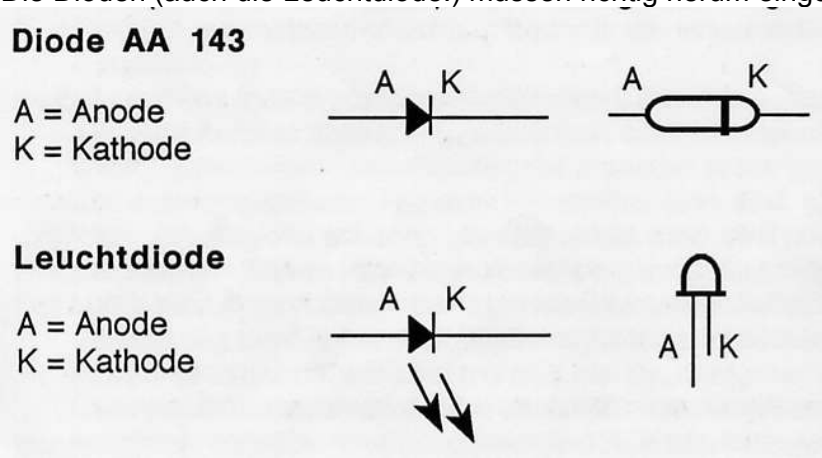
Eingebaut werden ein Feldeffekttransistor BF 256 und drei npn-Transistoren BF 198. Sie haben alle drei Anschlüsse (Richtig herum einsetzen!). Beim Löten nicht zu heiß werden lassen!



Sollten Sie die angegebenen Transistoren nicht beschaffen können, lassen sich ohne weiteres auch Ersatztypen mit gleichen oder ähnlichen Kennwerten einbauen (Im Fachhandel nachfragen oder eine Transistor- Vergleichtabelle konsultieren). Leider gibt es noch kein standardisiertes Anschlussschema z.B. für alle npn- oder FET-Transistoren. Andere Typen können also ganz anders aussehen (Das macht nichts, solange Sie sie richtig einbauen!)

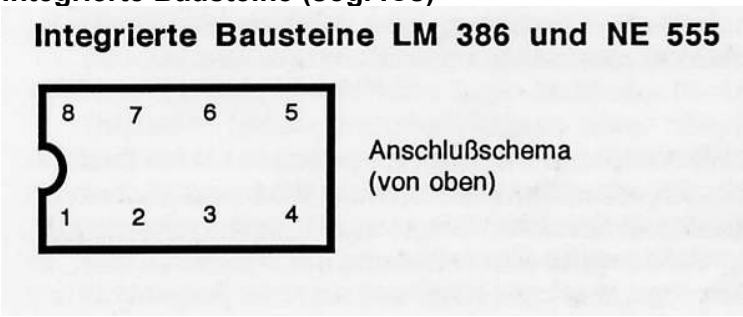
Dioden

Die Dioden (auch die Leuchtdiode!) müssen richtig herum eingesetzt werden.



Der aufgedruckte Ring zeigt in Pfeilrichtung des Schaltsymbols (Kathode oder "Minusseite"). Der längere Anschluss der Leuchtdiode ist in der Regel die Anode ("Plusseite"). Die Polung lässt sich leicht mit einer 3 - 4,5 Volt Batterie und einem Vorwiderstand von 220Ω überprüfen. Wie bei den Transistoren ist besonders darauf zu achten, dass sie beim Verlöten nicht zu heiß werden.

Integrierte Bausteine (sog. ICs)



Die beiden ICs LM 386 und NE 555 haben 8 Anschlüsse, die durchnummeriert sind. Blickt man von oben auf den Baustein, sind die Anschlüsse gegen den Uhrzeigersinn herum angeordnet. Die ICs besitzen an der einen Schmalseite eine halbmondförmige Vertiefung (oder ähnliche Markierungen). Liegt diese in der Aufsicht links, dann befindet sich der Pin 1 direkt darunter, Pin 2 rechts neben Pin 1 usw.

Lötnägel

Die Lötnagel werden mit etwas Kraft in die durchbohrten Lötaugen hineingedrückt und dort verlötet. Hier werden später die Kabelbrücken zu Reglern, Schaltern, Mikrophon, Kopfhörer, Kontrolleuchte und Batterie angeschlossen (s. Zeichnung im Anhang des Heftes).

Das Löten:

In der Schule hat sich ein vorbereitender einstündiger Lötkurs bewahrt, bei dem dünne Schweißstäbe (in Baumärkten erhältlich) zusammen mit Elektronikschrott zu geometrischen Phantasiegebilden verlötet wurden. Zum Löten sollte ein Lötkolben zwischen 20 und 50 W Leistung benutzt werden, z.B. Elektroniklötkolben wie ERSA 30 W mit dünner, flacher Spitze.
Die Anschlüsse der Bauteile werden nach Bestückungsplan von der durchgehend kupferbeschichteten Platinenseite her in die vorbereiteten Löcher gesteckt und an der Platinenunterseite etwas abgebogen. Dadurch wird verhindert, dass das Teil beim Herumdrehen der Platine wieder heraus fällt. Es empfiehlt sich, die eingesetzten Teile sofort zu verlöten und erst dann weiter zu bestücken. Der Lötvorgang sollte wegen möglicher Hitzeschäden schnell erfolgen. Das Lötzinn und die Lötkolbenspitze werden zugleich an das Lötauge gehalten. Anfänger neigen dazu, das Lötzinn erst auf dem Lötkolben zum Schmelzen zu bringen und ihn dann auf das Lötauge zu setzen. Dabei verdampft aber das im Lötzinn enthaltene Flussmittel und die Fließfähigkeit des Lötzinns lässt nach. Lötkolben, Lötzinn und Lötauge bleiben solange miteinander in Kontakt, bis das Lötzinn zwischen dem Anschlussdrähtchen des Bauteils und dem Lötauge verfließt. Die Lötstelle sollte glatt sein und silbrig glänzen. Graue, stumpfe, so genannte kalte Lötungen entstehen bei zu kurzem Erhitzen oder bei Mangel an Flussmittel (s.o.) und führen zu mangelnden Kontakten und geringer mechanischer Belastbarkeit. Bei eng beieinander liegenden Lötaugen ist Vorsicht geboten. Hier besteht die Gefahr, dass das Lötzinn auch zum benachbarten Auge hinüber fließt und dass sich unbeabsichtigt und häufig unerkannt Kurzschlussbrücken bilden (neben kalten Lötstellen die häufigste Fehlerquelle).
Die überstehenden Anschlussdrähte werden mit einer kleinen Drahtschere abgetrennt.
Bei jedem Bauteil muss nach der Lötung genau kontrolliert werden, dass die Anschlussbeine nicht die durchgehende Kupferschicht auf der späteren Platinenoberseite berühren (ausreichender Sicherheitsabstand durch möglichst mittige Durchführung). Die Kupferoberseite wird später mit dem Minuspol der Batterie verbunden, liegt also auf Masse (dadurch wird verhindert, dass Rückkopplungen entstehen). Ein auch nur winziger Kontakt, etwa durch ein Stückchen Metallstaub, könnte zu einem Kurzschluss führen. Ausgenommen davon sind natürlich die Anschlüsse, die nach der Schaltskizze mit der Masse verbunden werden sollen. In diesem Falle wird das Anschlussbeinchen auch mit der Platinenoberseite verlötet. Die Lötaugen für die beiden ICs liegen sehr eng beieinander. Werden hier beim Löten Fehler gemacht, wird der Baustein bei der Reparatur oft sehr heiß. Ein falsch herum eingelötetes IC lässt sich kaum wieder herausnehmen. Überlegen Sie deshalb, ob nicht je 2 achtpolige IC-Fassungen dazugekauft werden sollten, in die die ICs selbst erst nach Abschluss der ganzen Lötarbeiten eingesetzt werden.

Die Anordnung der Bedienungselemente auf der Gerätestirnseite ersehen Sie aus der Zeichnung im Anhang. Für das Mikrophon bohren Sie ein 8-10 mm Loch mittig in die rückwärtige Schmalseite. Die Anschlussdrähte dieser Bauteile werden nach dem Bestückungsplan mit den Lötnägeln der Platine verbunden (Drahtbrücken). Bei der Kontrollleuchte (LED) ist auf die richtige Polung und unbedingt auf den Vorwiderstand zu achten (sie brennt sonst durch!).
Die 9 V-Blockbatterie wird mit einigen Tropfen Klebstoff auf die Platinenoberseite gesetzt und über einen Batterieclip mit den entsprechenden Lötnageln verbunden. Wenn sie verbraucht ist, einfach heraushebeln (etwas primitiv, hat sich aber gut bewährt).
Das Mikrophon sollte zum Schutz vor Fremdeinkopplungen mit Schaumgummi umwickelt und mit einer "Wickelhalterung" aus lötfähigem festem Draht an der Platine befestigt werden. Die Halterung wird einfach auf die Platinenoberseite gelötet. Das Mikrophon darf das Gehäuse nicht berühren. Über die Befestigungsschrauben liegt das Gehäuse auf Masse (Abschirmung). Dieser Kontakt sollte mit einem Durchgangsmesser geprüft werden, evtl. ist eine zusätzliche Verbindung zu ziehen.

Eichung der Skala
Dies ist nur sinnvoll, wenn Sie wirklich gute, linear ansprechende Ultraschallmikrophone einsetzen können.
Wenn Sie die Skala eichen möchten, leihen Sie sich einen Tongenerator als Messhilfe bei uns aus
(Bioakustische Messeinheit, Bestell-Nr. 1.9.17). Schließen Sie den mitgelieferten Lautsprecher an und stellen die den Tonhöhenregler z.B. auf 20000 Hz (= 20 KHz). Schalten sie den Detektor ein und drehen Sie das Potentiometer P 2 vom Anfang bis zum Ende durch. Sobald Sie ein deutliches Pfeifen im Kopfhörer hören, stellen Sie das Potentiometer so ein, dass der Pfeifton immer tiefer wird und schließlich nicht mehr zu hören ist ("Schwebungsnull"). Wenn Sie den Regler ein Stück weiterdrehen, wird der Pfeifton wieder hörbar und die Tonhöhe steigt an. Dort wo "Schwebungsnull" eintritt, können Sie jetzt eine Markierung "20 kHz" anbringen. Mit anderen Frequenzen verfahren Sie genauso. Die mögliche Skalenfläche auf der Stirnseite des Detektors ist sehr klein, was natürlich die Ablesegenauigkeit vermindert.

Ingo Mennerich, Februar 1996
3. Auflage November 2003
Technische Entwicklung Manfred Reimann
Wir danken Elke Mühlbach und Thomas Mönnich
für die kritische Durchsicht des Manuskripts

Einkaufs - und Stückliste Fledermaus-Detektor

Der Gesamtpreis von ca. DM 60 ist berechnet auf der Grundlage des 1996 CONRAD Katalogs (Stückpreis!). Vergleichen Sie z.B. mit OPITEC, dort teilweise billiger.
Dazu kommt der Preis für eine 9V-Blockbatterie oder (besser!) einen entsprechenden Akku.
Die Platine (DM 10.-, s. Bauanleitung) geht nicht in diese Rechnung ein. Bei eigener Herstellung können Sie Kosten sparen. Als Kopfhörer können Sie einen meist vorhandenen Walkman-Hörer (2 2mal 32Ω) verwenden, Hörer und Klinkenstecker sind in der Kalkulation daher nicht aufgeführt. Das relativ teure Alu-Gehäuse lässt sich Kosten mindernd auch selbst aus Metallplatten fertigen. Nehmen Sie kein Plastik- oder Holzgehäuse (Gefahr wilder Schwingungen).
Hinweis: Widerstände und Kondensatoren sind im "Großpack" erheblich billiger. Überlegen Sie daher, ob es sich nicht rentiert, statt 20 Widerstände einzeln zu kaufen, eine Tüte mit 100 zu nehmen. Auch auf andere Teile gibt es bei größeren Abnahmezahlen (ab 10 oder 25 Stück) Rabatte. Die Bauteile verderben nicht und lassen sich auch bei späteren Bauprojekten verwenden.

Widerstände
Angegeben sind der Widerstandswert und der entsprechende Code, bestehend aus drei Farbringen. Der vierte Ring weist darauf hin, wie gut der angegebene Widerstandswert eingehalten wird (Toleranz, Silber 10% oder Gold 5%). 1/4-Watt- oder 1/2 W Kohle-schichtwiderstände verwenden (R21 als Metallfilmwiderstand)!
Preise bei Einzelkauf in DM, in Großpackungen zu 100 Stück erheblich billiger.

Bauteil	Widerstand	Farbcode (Ring 1-3	Stückpreis	Gesamtpreis
R1,R2	470 Ω	gelb-lila-braun	0,15	0,30
R3	3,9 kΩ	orange-weiß-rot	0,15	0,15
R4,R5,R6	12kΩ	braun-rot-orange	0,15	0,45
R7	4,7kΩ	gelb-lila-rot	0,15	0,15
R8	12Ω	braun-rot-schwarz	0,15	0,15
R9,R10	100Ω	braun-schwarz-braun	0,15	0,30
R11,R12,R13	560kΩ	grün-blau-gelb	0,15	0,45
R14	22kΩ	rot-rot-orange	0,15	0,15
R15	Potentiometer 47kΩ log		1,95	1,95
R16	1,5MΩ	braun-grün-grün	0,15	0,15
R17	2,2kΩ	rot-rot-rot	0,15	0,15
R18	10kΩ	braun-schwarz-orange	0,15	0,15
R19	Potentiometer 100kΩ lin		1,95	1,95
R20	39kΩ	orange-weiß-orange	0,15	0,15
R21	6,8kΩ Metallfilm	blau-grau-schwarz-braun	0,25	0,25
			Gesamt	6,85

Anmerkung zum Poti R19:
Wird ein lineares Potentiometer verwendet, so ist die Frequenzskala am Anfang gedehnt und am Ende komprimiert. Soll die Einstellung gleichmäßig sein, sollten Sie ein logarithmisches Poti verwenden, welches aber umgekehrt angeschlossen werden muss. Die Frequenz nimmt dann bei Rechtsdrehung des Knopfes ab. Dieser Schönheitsfehler muss in Kauf genommen werden, es sei denn, man benutzt einen Schieberegler, der einfach anders herum montiert wird.

Kondensatoren

Bauteil	Kapazität	Stückpreis	Gesamtpreis
C1,C2,C4,C16	220µF (Elko)	0,55	0,55
C3	470µF Elko)	0,75	0,75
C5,C6,C7,C8,C9, C11,C12,C13,C14	10nF (keramisch)	0,35	3,15
C10,C17	47nF (keramisch)	0,40	0,40
C15	680pF (Styroflex)	1,45	1,45
		Gesamt:	6,30

Spannungsfestigkeit mindestens 16/20 Volt.

Kennzeichnung :

10nF (= 10n oder 103),

47nF (= 47n oder 473),

680pF (= 680p oder 681)

Halbleiter

Bauteil	Typ	Stückpreis	Gesamtpreis
Transistoren:			
T1	BF 256	1,20	1,20
T2,T3,T4	BF 198	0,50	1,50
Dioden:			
D1,D2	AA 143 o.ä.	0,85	1,70
Leuchtdiode (LED):	Low Current	0,35	0,35
Integrierte Schaltkreise:			
IC1	LM 386	1,95	1,95
IC2	NE 555	0,95	0,95
		Gesamt:	7,65

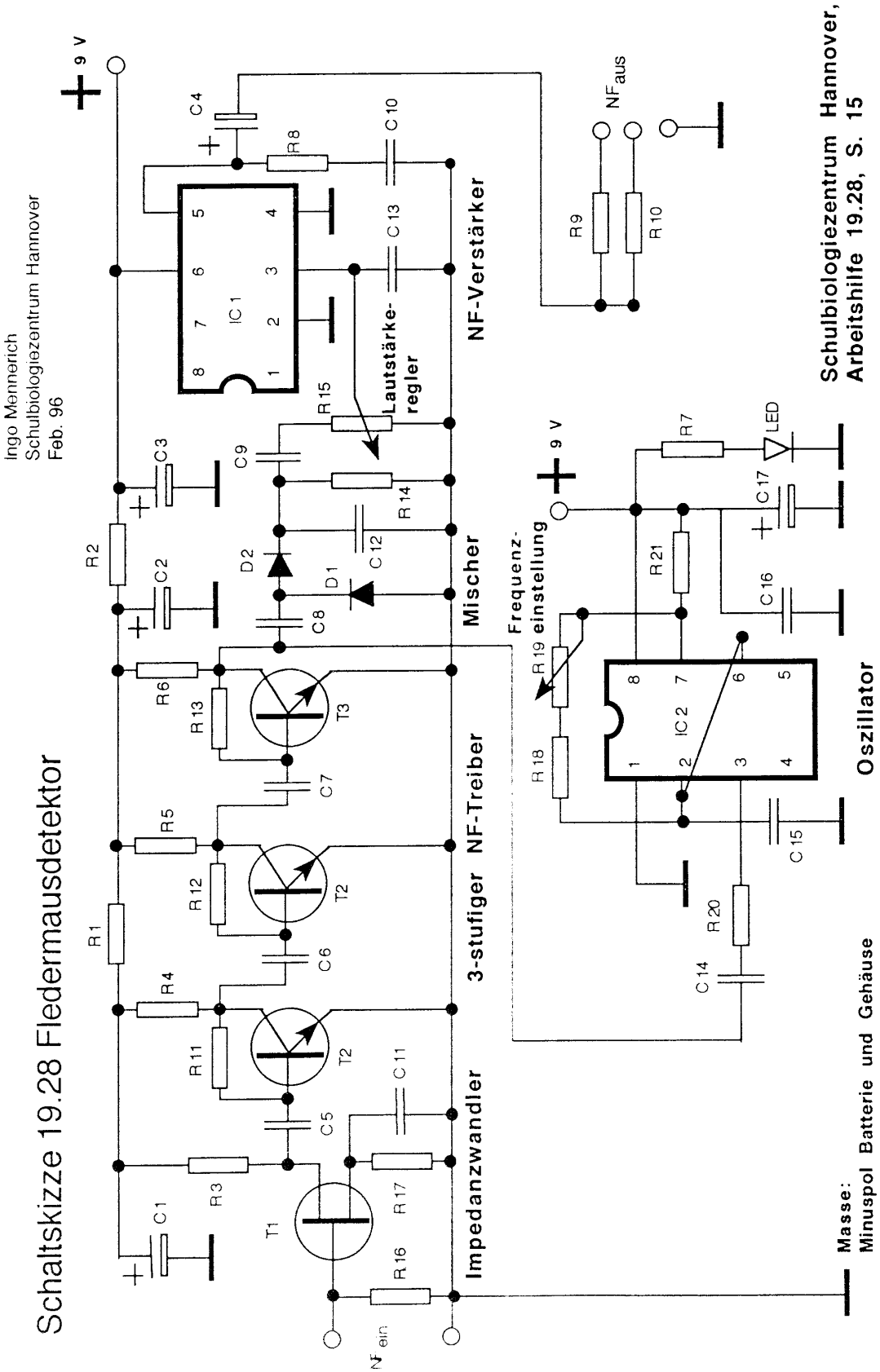
Transistoren:
Wegen Ersatztypen im Fachhandel nachfragen oder in einer Transistor-Vergleichstabelle nachschlagen

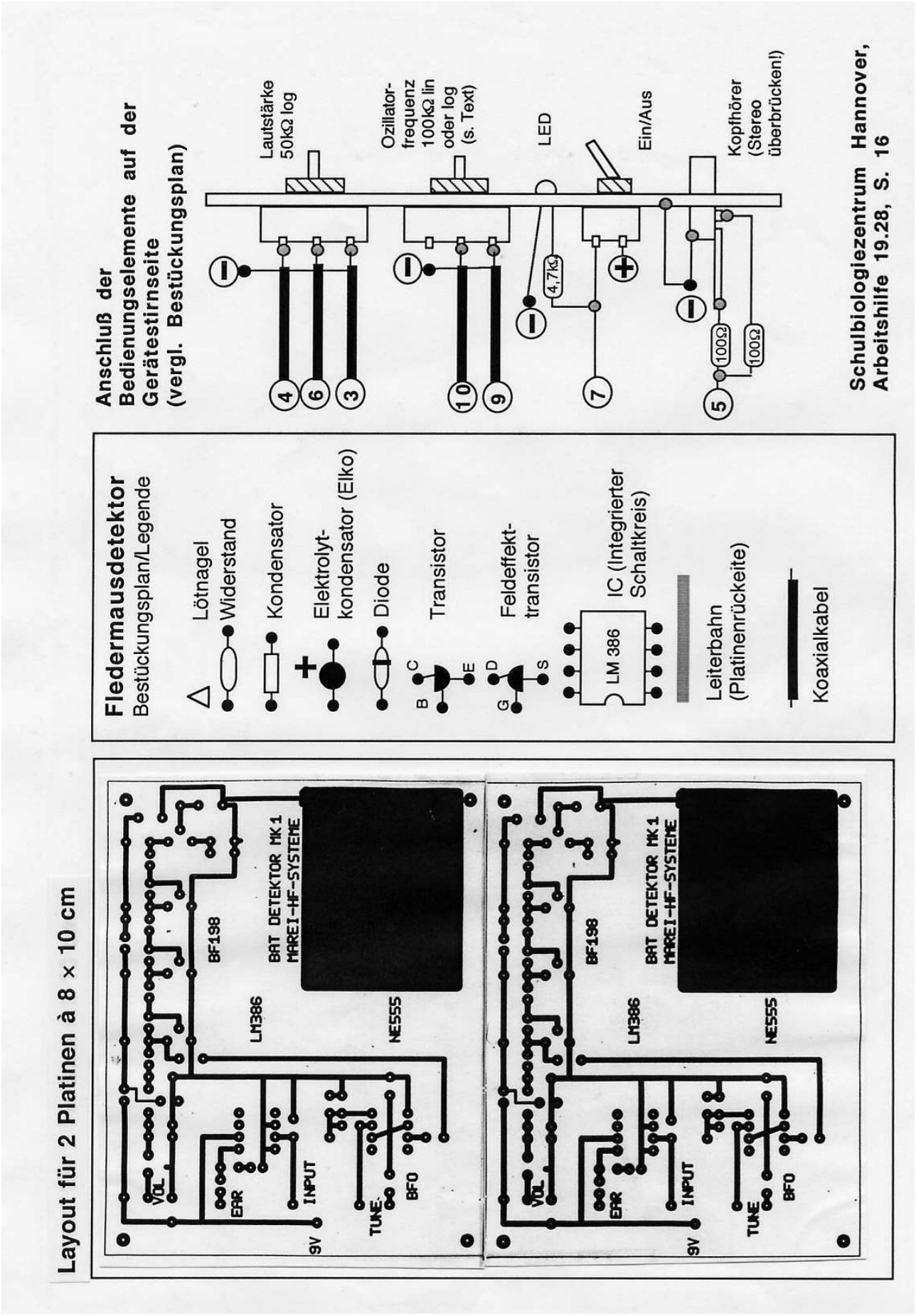
Sonstiges:

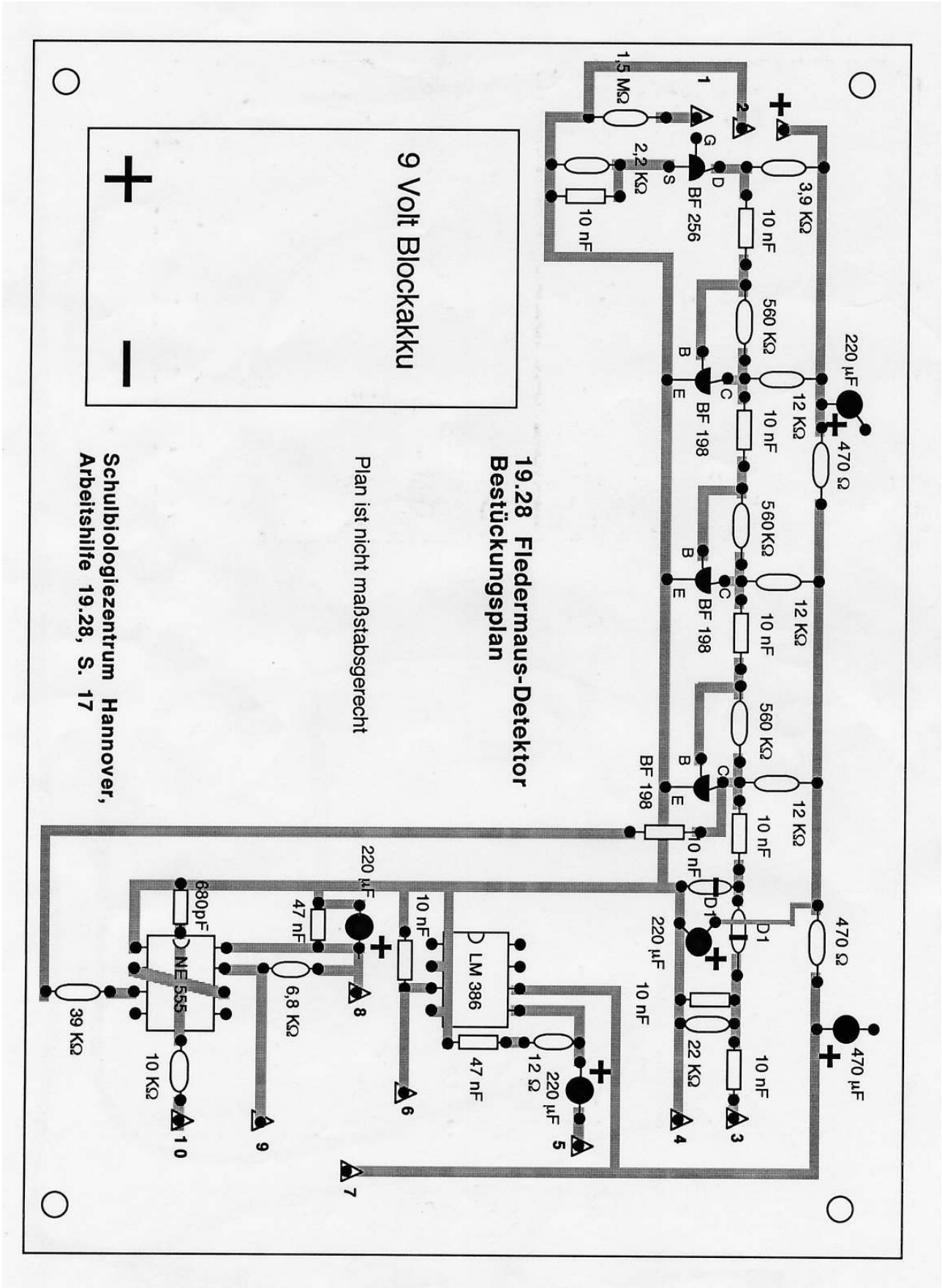
Bauteil	Stückpreis	Gesamtpreis
Einpoliger Minischalter	3,60	3,60
Stereo-Klinken (Einbau)buchse, 3,5 oder 6,3 mm	1,30	1,30
Ultraschallmikrophon, z.B. MA 40 L(1)R	8,50	8,50
Gehäuse: Euro-Aluminium, ISEL 1520 o.ä., 103 × 42 × 168 mm	19,50	19,50
Clip für 9 Volt-Blockbatterie	0,35	0,35
2 Stück 8-polige IC-Sockel	0,20	0,40
4 Schrauben M3x120	0,10	0,40
12 Muttern M3	0,10	1,20
Schaltdraht (isolierte Litze, rot/blau), 1m	0,20	0,20
Koaxialkabel RG 174 (50Ω), 1m	1,25	1,25
	Gesamt:	36,70

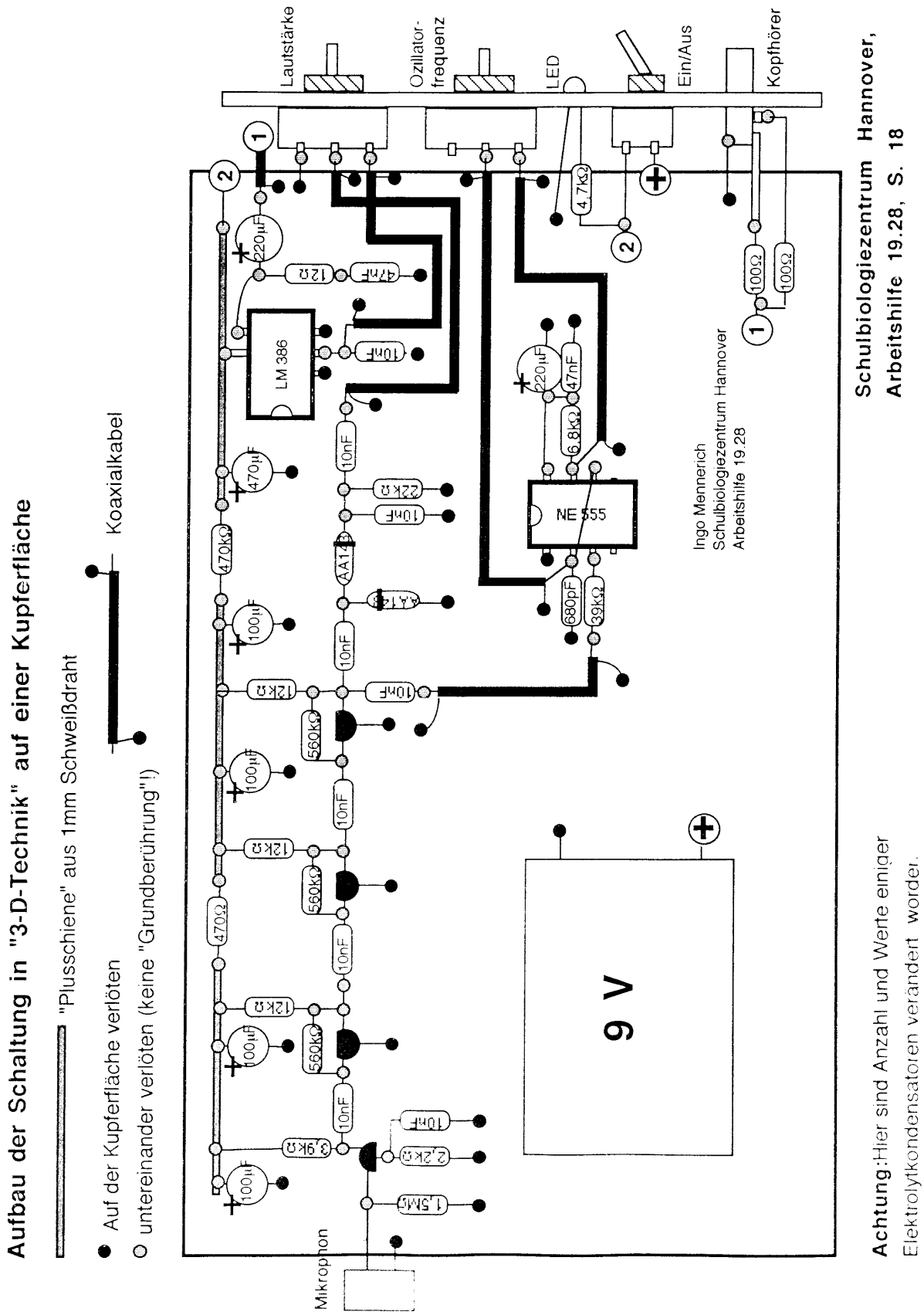
Stereoklinkenbuchse nur bei Verwendung eines Stereokopfhörers.
Schrauben und Muttern im Großpack erhältlich.
Schaltdraht als 10m Rolle.
Als Kopfhörer reicht ein Billigangebot aus dem Kaufhaus oder vorhandenen Walkman-Hörer verwenden

Anhang


Schaltskizze 19.28 Fledermausdetektor
Ingo Mennerich
Schulbiologiezentrum Hannover
Feb. 96
Schulbiologiezentrum Hannover,
Arbeitshilfe 19.28, S. 15
9 V
NF-Verstärker
Lautstärke-
regler
Mischer
Frequenz-
einstellung
3-stufiger NF-Treiber
Impedanzwandler
Oszillator
Masse:
Minuspol Batterie und Gehäuse
NF aus
NF ein
IC 1
IC 2
LED


Layout für 2 Platinen à 8 × 10 cm
BAT DETEKTOR MK 1
MAREI-HF-SYSTEME
BF198
LM386
NE555
VOL
EAR
INPUT
TUNE
BFO
9V
Fledermausdetektor
Bestückungsplan/Legende
Lötnagel
Widerstand
Kondensator
Elektrolyt-kondensator (Elko)
Diode
Transistor
Feldeffekt-transistor
IC (Integrierter Schaltkreis)
Leiterbahn (Platinenrückeite)
Koaxialkabel
LM 386
Anschluß der Bedienungselemente auf der Gerätestirnseite (vergl. Bestückungsplan)
Lautstärke 50kΩ log
Ozillator-frequenz 100kΩ lin oder log (s. Text)
LED
Ein/Aus
Kopfhörer (Stereo überbrücken!)
4,7kΩ
100Ω
Schulbiologiezentrum Hannover, Arbeitshilfe 19.28, S. 16


470 µF
470 Ω
22 KΩ
10 nF
D1
12 KΩ
560 KΩ
10 nF
BF 198
220 µF
10 nF
12 KΩ
560 KΩ
10 nF
BF 198
12 KΩ
560 KΩ
10 nF
BF 198
220 µF
470 Ω
3,9 KΩ
10 nF
BF 256
2,2 KΩ
1,5 MΩ
10 nF
9 Volt Blockakku
+
–
19.28 Fledermaus-Detektor
Bestückungsplan
Plan ist nicht maßstabsgerecht
Schulbiologiezentrum Hannover,
Arbeitshilfe 19.28, S. 17
LM 386
47 nF
12 Ω
220 µF
10 nF
220 µF
47 nF
6,8 KΩ
680pF
NE 555
10 KΩ
39 KΩ


Aufbau der Schaltung in "3-D-Technik" auf einer Kupferfläche
"Plusschiene" aus 1mm Schweißdraht
Koaxialkabel
Auf der Kupferfläche verlöten
untereinander verlöten (keine "Grundberührung"!)
Lautstärke
Ozillator-frequenz
LED
Ein/Aus
Kopfhörer
LM 386
NE 555
9 V
Mikrophon
Ingo Mennerich
Schulbiologiezentrum Hannover
Arbeitshilfe 19.28
Schulbiologiezentrum Hannover,
Arbeitshilfe 19.28, S. 18
Achtung: Hier sind Anzahl und Werte einiger Elektrolytkondensatoren verändert worden.