

Welche Möglichkeiten bietet die digitale Lautanalyse bei Fledermäusen?

VON AXEL BARRE, Melsdorf

Mit 6 Abbildungen

Vom Hochgeschwindigkeitstonband zum Zeitdehner

Der erste Bat-Detektor, den eine englische Firma 1965 auf den Markt brachte, bedeutete für die Generation unserer Eltern oder Großeltern, soweit sie sich mit Fledermäusen beschäftigte, im Sinne des Wortes eine Erleichterung. Anstelle der schweren Tonbandgeräte, mit denen sie in der Nacht herumstolperten, um bei höchster Bandlaufgeschwindigkeit etwas aufzunehmen, was man nicht hören konnte, oder eben beim nachträglichen Abspielen mit niedrigster Bandgeschwindigkeit hörbar machen konnte, gab es nun handliche und leichte Geräten, die nicht nur die Rufe ohne zeitliche Verzögerung—oder in Echtzeit, wie es heute auf gut neudeutsch heißt – hörbar machten, sondern gleichzeitig die Frequenz der Rufe hinreichend genau anzeigten. Weil die hörbar gemachten Rufe zudem eine akustische Qualität haben, die Besonderheiten der Arten zur Geltung bringen – z.B. trockene oder nasse Rufe— und nicht zuletzt wegen des im Vergleich zu anderen Detektortypen deutlich geringeren Preises, sind diese sogenannten Heterodyn-Detektoren – oder Mischer, wie sie im deutschen Sprachgebrauch genannt werden— bis heute die am meisten verwendeten Geräte. Der Name erklärt sich so, daß die empfangenen Ultraschallsignale mit einer vom Detektor selbst erzeugten Schwingung gemischt werden. Verstärkt und hörbar gemacht wird die Schwingung, deren Frequenz dem Frequenzunterschied zwischen dem empfangenen Signal und der eingestellten Schwingung entspricht.

Der Mischerdetektor macht, je nach eingestellter Frequenz, ein bestimmtes Frequenzfenster hörbar, in dessen Mitte die eingestellte Frequenz liegt.

Stellt man die Frequenz so ein, daß die hörbaren Signale möglichst tief klingen, so liest man am Detektor die Frequenz ab, bei der in der Regel das Energiemaximum der Rufe liegt (genau genommen die Frequenz, der der Ruf während der längsten Zeit am nächsten kommt). Liegt aber das Fenster ganz außerhalb des Spektrums, so wird man die Rufe dieser Art schlicht nicht mitbekommen, was bei mehreren gleichzeitig fliegenden Arten leicht passieren kann.

Dieser Nachteil wird beim Detektortyp Frequenzteiler vermieden. Diese elektronisch wesentlich aufwendigeren Geräte speichern zunächst die Hüllkurve eines Signals, wie sie hier im Oszillogramm erkennbar wird.

Dadurch, daß bei den Nulldurchgängen der Schwingung nur jeder zehnte (oder zwanzigste) gezählt wird, entsteht eine Schwingung entsprechend niedrigerer Frequenz, die mit der gespeicherten Hüllkurve überlegt wird (Abb. 1).

Dadurch wird das gesamte von Fledermäusen genutzte akustische Spektrum gleichzeitig hörbar gemacht. Allerdings ist einerseits das

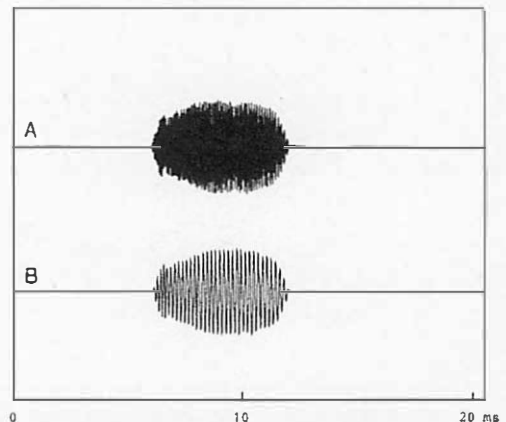


Abb. 1. Der Frequenzteiler läßt die Hüllkurve des Signals (A) unverändert, setzt aber die Frequenz herab (B)

Verfahren recht empfindlich gegenüber Störgeräuschen aus dem akustischen Bereich, andererseits sind auch die elektronisch bearbeiteten Signale weniger charakteristisch, so daß man meist den Frequenzteiler nach der Entdeckung eines rufenden Tieres zur besseren Wahrnehmung des Rufs in den Mischermodus umschaltet.

Eine genauere Untersuchung des Signals ist mit einem Zeitdehner (eigentlich Rufdehner) möglich, der die digitale, aber auch recht teure Variante des Hochgeschwindigkeits-Tonbands unserer Großeltern ist. Hierbei wird ein zeitlich begrenzter Ausschnitt eines aufgenommenen Rufs digitalisiert und in einem eingebauten RAM-Baustein gespeichert. Sobald dieser Speicher voll ist, wird sein Inhalt z. B. zehnfach verlangsamt ausgegeben. Einerseits wird das Signal also zeitlich gestreckt, andererseits ist die Frequenz um denselben Faktor herabgesetzt, so daß der gesamte Fledermaus-Ultraschallbereich hörbar wird.

Was ist Digitalisierung?

Digitalisierung bedeutet nicht mehr und nicht weniger als Darstellung einer Information durch eine Folge von Zahlen. In einem mit einem Mikrofon aufgenommenen Ruf liegt diese Information in Form einer elektrischen Wechselspannung vor, wie sie in Abb. 2 schematisch dargestellt ist.

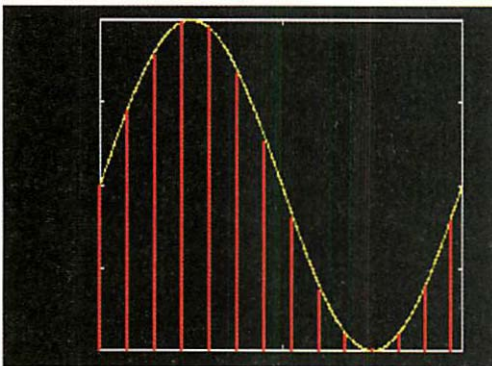


Abb. 2. Abtastung einer Wechselspannung

Ein Analog-Digitalwandler mißt zunächst die Momentanwerte dieser Spannung in regelmäßigen Zeitabständen. Die Anzahl dieser Abtastungen pro Sekunde nennt man Abtastrate (englisch: sampling frequency).

Der zweite Schritt ist die Quantisierung, bei der jedem Spannungsmeßwert eine Digitalzahl zugeordnet wird.

Im vorliegenden Beispiel würde die Schwingung also durch die Zahlenfolge 100, 101, 110, 111, 111, 110, 101, 011, 001, 000, 000, 000, 001, 011 dargestellt (Abb. 3). Diese 3-bit-Quantisierung ist noch sehr ungenau (8 Stufen), mit der Bitzahl 8 erreicht man 256 und mit 16 bit sogar über 65000 Stufen. Die bei der Digitalisierung entscheidenden Parameter sind also die Bitrate und die Abtastrate. Letztere muß nach dem de Shannon Theorem mindestens doppelt so hoch wie die höchste Signalfrequenz sein.

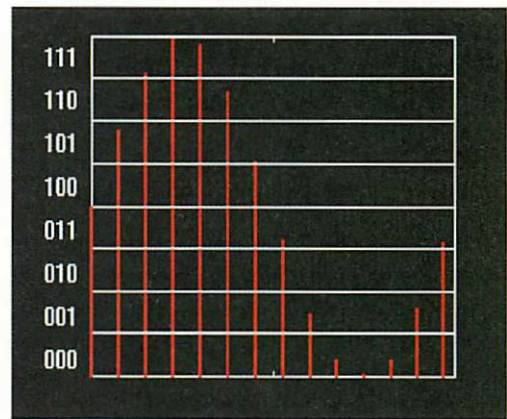


Abb. 3. Quantisierung

Digitalisierung von Fledermausrufen

Für den akustischen Bereich bis 20000 Hz wird von den Soundkarten meist die Abtastrate 44100 Hz verwendet, aber Ultraschallsignale können damit nicht verarbeitet werden. Grundsätzlich eignen sich daher nur Zeitdehneraufnahmen (und – im begrenzten Umfang – auch Frequenzteileraufnahmen) zur Digitalisierung und zur Weiterverarbeitung in Lautanalyseprogrammen. Wie mir Prof. Dr. REINALD SKIBA, Wuppertal, mitteilte, ist es auch möglich, Aufnahmen, die mit einem Frequenzteiler gemacht wurden, mit Hilfe eines Lautanalyseprogramms zu untersuchen. Sogar die Harmonischen der Fledermausrufe ließen sich im Spektrogramm nachweisen. Aufnahmen, die mit einem Mischerdetektor gemacht wurden, sind jedoch ungeeignet, da es dabei keinen eindeutigen Rückschluß auf die ursprüngliche Frequenz gibt.

Hochgeschwindigkeits-abtastung

In den letzten Jahren hat sich die Leistung von PC's soweit verbessert, daß es möglich ist, Ultraschalllaute direkt in den Rechnerpeicher einzulesen. Außer einem Ultraschallmikrofon, wie es in jedem Fledermausdetektor zur Verfügung steht, einem tragbaren, entsprechend leistungsfähigen PC – geeignet ist z.B. ein Laptop mit 266MHz-Prozessor und 64 MB RAM – mit dazugehörigem Interface braucht man anstelle der Soundkarte eine Hochgeschwindigkeitsdatensammelkarte über 300 kHz. Damit hat man fast schon wieder beinahe soviel ins Gelände zu schleppen wie zu Zeiten des Hochgeschwindigkeitstonbands, aber mit einem entsprechenden Analyseprogramm doch auch eine Vielfalt von Möglichkeiten, die schon im Gelände eingesetzt werden können.

Digitale Lautanalyse

Wer dagegen seine Zeitdehner- oder Frequenzteileraufnahmen daheim untersuchen möchte, kann auf mehrere Lautanalyseprogramme zurückgreifen, die auf jedem modernen PC laufen. Am Beispiel eines dieser Programme seien einige Merkmale beschrieben:

Zeitgleich mit der Aufnahme können wir den zeitlichen Verlauf des Signals (das Oszillogramm) auf dem Bildschirm sichtbar machen.

Durch eine Zoomfunktion können wir interessierende Ausschnitte beliebig fein auswählen, darstellen und anhören. Am Oszillogramm lassen sich typische Analysen (z.B. Pulsängenanalyse) automatisiert und andere mit Hilfe eines Meß-Cursors durchführen. Ein besonders

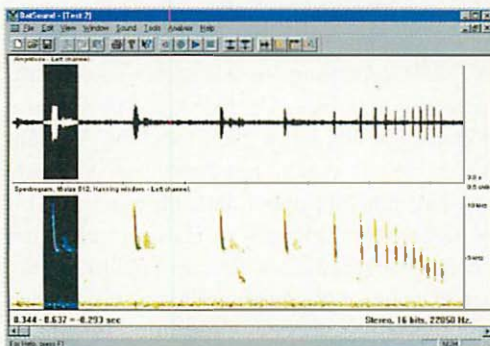


Abb. 4. Oszillogramm (oben) und Spektrogramm (unten)

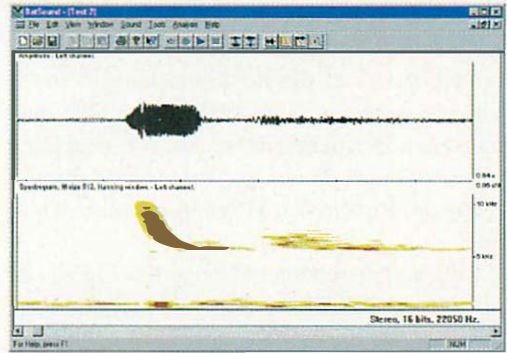


Abb. 5. Vergrößerung des markierten Ausschnitts

wichtiges Analysemittel ist das unter dem Oszillogramm gezeigte Spektrogramm (Abb. 4, 5), bei dem durch eine Fourier-Analyse (sog. FFT) berechnet wird, welche Frequenzen wie stark in dem Ruf vorkommen. Das geht so schnell, daß das Spektrogramm simultan mit dem Oszillogramm dargestellt werden kann, wobei die Zeit auf der waagerechten Skala, die Frequenz auf der senkrechten Skala liegt. Die Intensität, mit der diese Frequenz im Ruf vertreten ist, wird durch die Farbe, entsprechend der Skala, angezeigt. Eine andere Darstellung ist das Energiespektrum (Abb. 6), in dem zeitlich gemittelt, die Intensitätsverteilung in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt wird, so daß die Frequenz maximaler Energie unmittelbar abgelesen werden kann.

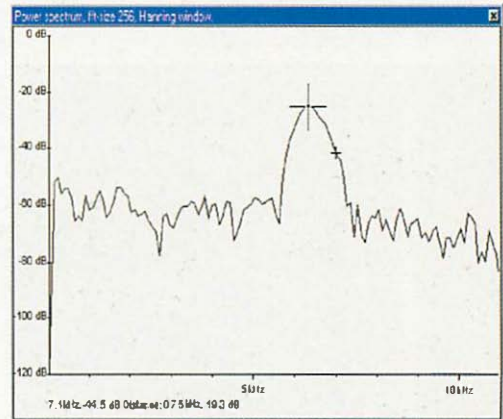


Abb. 6. Energiespektrum (Alle Diagramme wurden mit Hilfe des Programms BatSound von Petersson Elektronik AG hergestellt.)

Digitale Filterung

Abschließend möchte ich auf die Möglichkeiten der digitalen Filterung hinweisen. Digitale

Filter sind wirksamer und selektiver als analoge Filter. Das Hintergrundgeräusch, das die im Freiland aufgenommenen Laute stets begleitet, kann durch Filterung, z.B. mit einem Bandpaßfilter, weitgehend beseitigt werden. Andere Filter, die wichtige Charakteristika hervorheben, sorgen dafür, daß hier die Fälschung besser als das Original ist.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Das Digitalisieren der Fledermausrufe verbessert die Mittel der Lautanalyse ganz erheblich. Die Möglichkeiten dieser

Methode sind im Detail beschrieben und mit Diagrammen untersetzt. Einige Experten trauen der Digitalisierung sogar die Lösung bisher weitgehend noch ungeklärter Probleme zu, z.B. die Unterscheidung der *Myotis*-Arten allein aufgrund ihrer Rufe.

S u m m a r y

The digitalisation of bat calls highly improves the present methods for the analysis of sounds. The chances of this method are described in detail and explained by diagrams. Some experts think the digitalisation capable of solving so far almost unsolved problems like the differentiation of *Myotis*-species only by their calls.