

# bcAnalyze - Handbuch

Stand: Januar 2010, Version 1.1

Autoren: Ulrich Marckmann, Dr. Volker Runkel

## Inhalt

<b>Einführung</b>	<b>2</b>
<b>Installation</b>	<b>2</b>
<b>Schnellstart</b>	<b>2</b>
<i>Die bcAnalyze-Benutzeroberfläche</i>	<b>3</b>
<b>Grundlagen</b>	<b>4</b>
<i>Begriffserklärungen</i>	<b>4</b>
<i>Schall</i>	<b>4</b>
<i>Frequenz</i>	<b>4</b>
<i>Mikrofon</i>	<b>4</b>
<i>Samplerate</i>	<b>5</b>
<i>Amplitudenauflösung</i>	<b>5</b>
<i>Lautstärkepegel, Übersteuerung</i>	<b>5</b>
<i>Frequenzanalyse</i>	<b>6</b>
<b>Grundfunktionen</b>	<b>6</b>
<i>Dateien öffnen</i>	<b>6</b>
<i>Markieren und zoomen</i>	<b>7</b>
<i>Arbeitsfläche, Symbolleiste und Darstellung anpassen</i>	<b>9</b>
<b>Signale analysieren</b>	<b>9</b>
<i>Wellenform-Statistik</i>	<b>9</b>
<i>Spektrum</i>	<b>10</b>
<i>Sonagramm</i>	<b>11</b>
<i>Rufe/Signale automatisch finden und vermessen</i>	<b>14</b>
<i>Das Verfahren und dessen Voraussetzungen</i>	<b>14</b>
<i>Arbeiten mit der automatischen Rufanalyse</i>	<b>16</b>
<i>Anzeige von Artzuordnungen des Programms bcDiscriminator</i>	<b>17</b>
<b>Verschiedenes</b>	<b>17</b>
<i>Lizenzierung</i>	<b>17</b>
<i>Updates</i>	<b>18</b>
<i>Fehlerreport</i>	<b>18</b>
<i>Tastenkürzel</i>	<b>18</b>

# 1. Einführung

Vielen Dank, dass sie sich für bcAnalyze entschieden haben. Mit bcAnalyze haben sie ein Tonanalyse-Programm erworben, das speziell für die Analyse von Fledermaus-Echoortungsrufen entwickelt wurde. Es ist auf die Hard- und Softwarekomponenten des *batrecorder*-Systems abgestimmt. Es lassen sich jedoch auch Aufnahmen anderer Systeme analysieren.

Der Schwerpunkt des Programms liegt auf der schnellen Darstellung und Analyse von Tondateien. Auf eine leicht und intuitiv bedienbare Benutzeroberfläche wurde Wert gelegt. Ein spezieller Algorithmus erlaubt es, tonale Ultraschallsignale sehr schnell zu finden, zu vermessen und diese Messwerte gesondert darzustellen. Es handelt sich hierbei um den selben Algorithmus, der auch von unserem Programm bcAdmin verwendet wird. Somit eignet sich bcAnalyze besonders, um Signale zu analysieren, Messwerte zu extrahieren und diese Werte mit den originalen Tondaten zu vergleichen. bcAnalyze richtet sich sowohl an Anfänger der Signalanalyse, die ohne besonderes Vorwissen dennoch sinnvoll Ultraschallsignale auswerten wollen, als auch an Profis, die ein schnelles und exaktes Werkzeug benötigen.

Tonbearbeitungs- und erweiterte Datenexportfunktionen, werden in der bcAnalyze Pro Version verfügbar sein.

## 2. Installation

Die Systemvoraussetzungen für bcAnalyze sind ein regulärer Apple Computer (PPC / Intel) mit dem Betriebssystem 10.5 oder neuer. Weiterhin empfehlen wir mindestens 1 GB an Hauptspeicher.

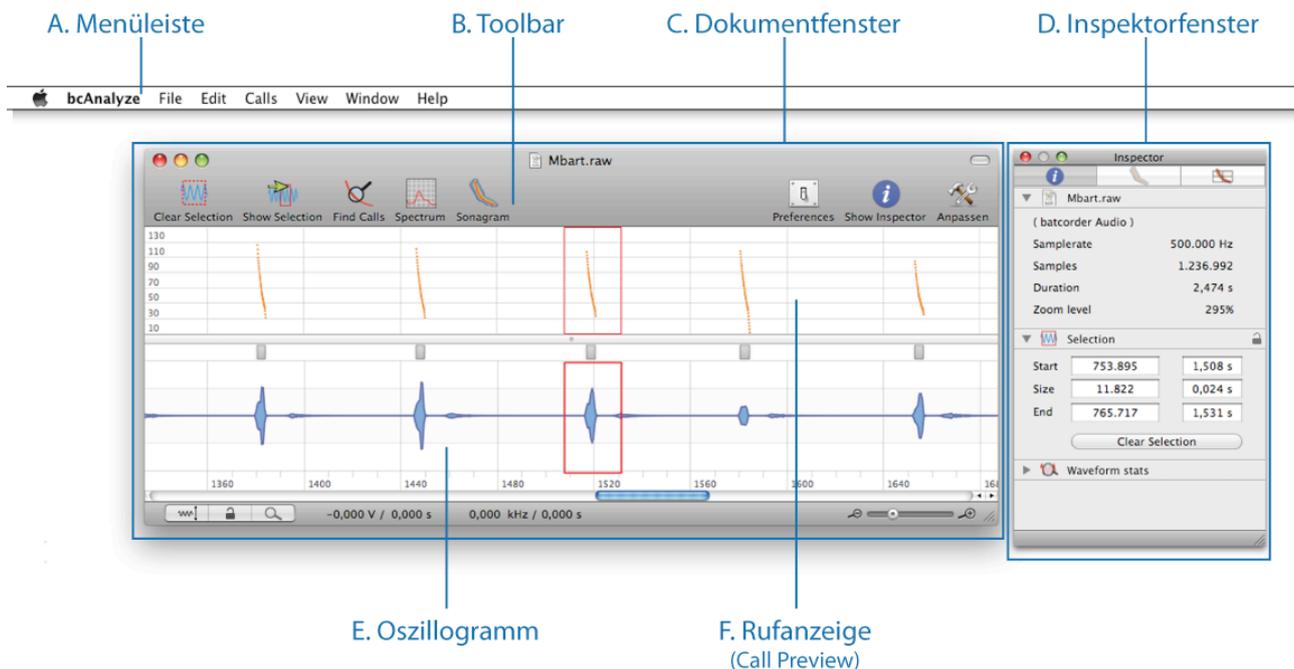
Ein Installationspaket ist auf unserer Homepage erhältlich. Mit diesem wird bcAnalyze und alle benötigten Komponenten auf Ihrem Apple Rechner installiert. Sie benötigen dazu Administrator Rechte. Weitere Schritte zur Nutzung sind nicht nötig.

## 3. Schnellstart

bcAnalyze ist wie übliche Programme zur Tonanalyse aufgebaut. Als erfahrener Anwender sollten Sie sich daher sehr schnell in bcAnalyze zurecht finden. Bei Doppelklick auf *.raw* Dateien im Finder öffnet sich bcAnalyze automatisch. Ansonsten können Sie bcAnalyze im Programme-Ordner Ihres Rechners finden und dort durch Doppelklick starten. Nach dem

Öffnen einer Tondatei, wird diese als Oszillogramm (Wellenform) dargestellt. Sind bereits mit bcAdmin Rufe vermessen und in einer *.bcCalls* (oder *.data*) gespeichert worden, werden diese zusätzlich zum Oszillogramm dargestellt. Nach Treffen einer Auswahl mit der Maus können Sie ein Spektrum oder ein Sonagramm des gewählten Abschnittes erstellen. Sind Rufe gefunden worden, können Sie diese schnell mit der Tab-Taste ansteuern,  $\text{⌘}+\text{R}$  erstellt ein Sonagramm des markierten Rufs. Weitere Funktionen entnehmen Sie bitte den folgenden Kapiteln.

### 3.1. Die bcAnalyze-Benutzeroberfläche



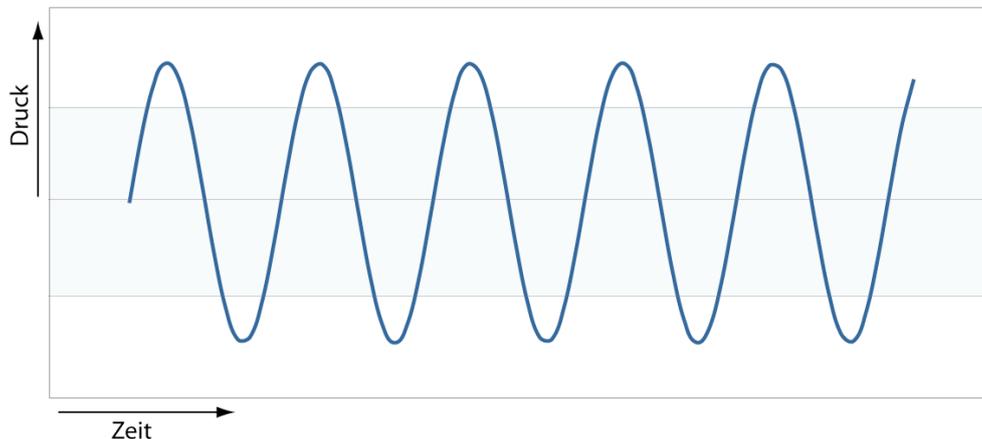
- A. **Menüleiste:** Über die Menüleiste sind alle Funktionen von bcAnalyze erreichbar
- B. **Toolbar:** Diese Symbolleiste erlaubt über Schaltflächen den schnellen Zugriff auf verschiedene Befehle
- C. **Dokumentfenster:** Dieses Fenster gibt den Inhalt einer Tondatei wieder
- D. **Inspektorfenster:** Das Fenster zeigt schnell und übersichtlich Informationen zur Datei, dem ausgewählten Tonstück, gefundenen Signalen und Sonagramm-Einstellungen an
- E. **Oszillogramm:** Wellenformdarstellung der Tondatei
- F. **Rufanzeige:** Messpunkte der Rufanalyse in Form von Frequenz-Zeit-Verläufen

## 4. Grundlagen

### 4.1. Begriffserklärungen

#### Schall

**Schall** ist eine **Luftdruckschwankung**, die sich wellenförmig mit einer Geschwindigkeit von ca. 340 m/s ausbreitet. Bei Schwankungen in einer einzigen Frequenz spricht man von einem **Ton**. Bildet man die Luftdruckschwankung eines reinen Tons über der Zeit ab, ergibt sich ein **Sinus**. Man spricht bei einer solchen Auftragung von einer **Wellenformdarstellung** des Schalls oder auch einem **Oszillogramm**.



#### Frequenz

Die **Frequenz** des Schalls ist die Zahl der Schwingungen pro Sekunde, angegeben in "**Hertz**" [Hz]. Man unterscheidet je nach Schwingungsfrequenz **Infraschall** (unter 16 Hz), **Hörschall** (16 Hz bis 20 kHz, für Menschen hörbarer Schall) und **Ultraschall** (20 kHz bis 1 GHz). Im Unterschied zu einem Ton, setzen sich **Geräusche** aus vielen Frequenzen zusammen, die auch starken zeitlichen Änderungen unterliegen. Ein **Klang** ist, wie ein Ton, ein periodisches Signal, besteht aber aus mehreren Tönen (Frequenzen) gleichzeitig.

#### Mikrofon

Ein Drucksensor (**Mikrofon**) nimmt die Schalldruckänderungen auf und setzt sie in einen elektrischen Puls um. Im optimalen Fall, wenn das Mikrofon den Druck völlig linear umsetzt, ergibt sich aus der Darstellung der Spannung am Mikrofonausgang über die Zeit wieder die oben abgebildete Wellenform. Es handelt sich hierbei noch immer um ein **analoges** (stufenloses Signal). Für die digitale Speicherung, muss dieses Signal in diskreten Zeit- und Amplitudenstufen ausgelesen und diese Werte gespeichert werden.

## Samplerate

Die so genannte **Samplerate** oder **Abtastfrequenz** gibt vor, in welchen Zeitabständen das Signal ausgelesen werden soll. Die Abtastfrequenz muss dabei deutlich höher sein als die die Frequenzen, die aufgezeichnet werden sollen. Das **Nyquist-Shannonsche Abtasttheorem** betrifft die getreue digitale Wiedergabe eines akustischen Signals und besagt, dass die Anzahl Samples eines Signals mindestens das Zweifache von dessen maximaler analoger Frequenz betragen muss. Zum Beispiel wird eine Audio-CD mit einer Samplerate von 44,1 kHz eingelesen, um die von Menschen hörbaren Frequenzen von ca. 50 Hz bis ca. 20 kHz speichern zu können. Da Fledermausrufe Frequenzen von 125 kHz und mehr aufweisen können, sollte die Samplerate mindestens 250 kHz betragen. Wir empfehlen - auch im Hinblick auf die automatische Analyse mit bcAnalyze - eine Abtastrate von 500 kHz zu verwenden.

## Amplitudenauflösung

Die **Bittiefe** oder **Amplitudenauflösung** kennzeichnet die Anzahl möglicher Werte der Amplitude bei der Digitalisierung. Hierbei gilt, dass bei einer Bittiefe von N genau  $2^N$  Werte zur Verfügung stehen; bei 16 Bit entspricht das 65536 Stufen. Je höher die Bittiefe, desto besser die Amplitudenauflösung. Bei digitalem Audio wird jedes Sample in der Regel mit mindestens 16 Bit Auflösung digitalisiert, was einer theoretischen Dynamik von 96 dB entspricht. Für die sinnvolle Analyse von Ultraschallsignalen empfehlen wir eine Amplitudenauflösung von 16 Bit nicht zu unterschreiten.

## Lautstärkepegel, Übersteuerung

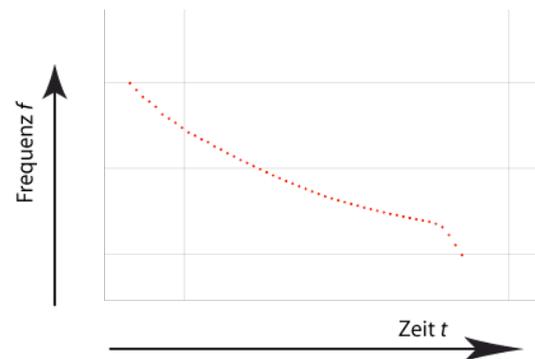
Häufig wird in der Akustik der Lautstärkepegel nicht linear (Druck in Pascal oder Spannung in Volt) sondern logarithmisch in **Dezibel (dB)** angegeben. Diese Angabe beschreibt ein im dekadischen Logarithmus angegebenes Verhältnis zweier Pegel. Positive Werte geben eine Verstärkung, negative eine Dämpfung an. Es handelt sich also um keine absolute Maßeinheit, sondern lediglich um ein Verhältnis ohne Dimension. Häufig werden Dezibel-Angaben auf genormte Referenzwerte bezogen. Die Angabe **dB SPL** bezieht sich auf die menschliche Hörschwelle (bei 1 kHz) und gibt an, um wie viel lauter ein Signal im Verhältnis zu ihr ist. Durch diese Maßeinheit lassen sich die großen Spannen zwischen laut und leise durch übersichtliche Werte ausdrücken. Wenn etwa zwischen zwei Signalen 80 Dezibel liegen, dann entspricht das einem Spannungsverhältnis von 1:10.000. Als Faustformel kann man wie folgt rechnen: eine Verdopplung des Schalldruckpegel bzw. der Spannung ergibt 6 dB, eine Verzehnfachung ergibt 20 dB Unterschied.

Ist das analoge Signal lauter als der Eingangsbereich des Digitalisierungsbausteins (AD-Konverter), spricht man von einer **Übersteuerung**. Der eigentliche Sinus des Signals wird hierdurch gekappt, und somit verfälscht. Auch analoge Verstärker können bei zu lautem

Signal keine lineare Verstärkung erzielen (Verzerrung), auch hier wird von einer Übersteuerung gesprochen. Bei Frequenzanalysen entstehen so *falsche* Frequenzen.

## Frequenzanalyse

Für die Analyse von Schallsignalen stehen zahlreiche Methoden zur Verfügung. Die einfachste, und auch recht einfach durchführbare Analyse von Tönen, ist die **Nulldurchgangsanalyse**, mit der ein **Periodogramm** erstellt wird. Diese Methode ermittelt, wie viele Schwingungen pro Sekunde vorliegen, und berechnet daraus eine Frequenz. Aus vielen aufeinander folgenden Messungen kann so für ein tonales Signal ein Frequenz-Zeitverlauf erstellt werden (siehe Abbildung rechts). Sind in einem Signal verschiedene Frequenzen enthalten, ist die gebräuchlichste Methode die **Fourier-Transformation**. Sie zerlegt ein periodisches Signal in seine einzelnen Frequenzbestandteile. Da sie sehr aufwendig ist, wird meist die vereinfachte **Fast Fourier Transformation (FFT)** genutzt. Diese Methode wird auch von bcAnalyze zur Berechnung von Spektren und Sonagrammen herangezogen.



Während ein **Spektrum** die Amplitudenanteile der verschiedenen Frequenzklassen eines Signals wieder gibt, stellt ein **Sonagramm** auch die zeitliche Abfolge der Frequenzanteile über die Zeit dar.

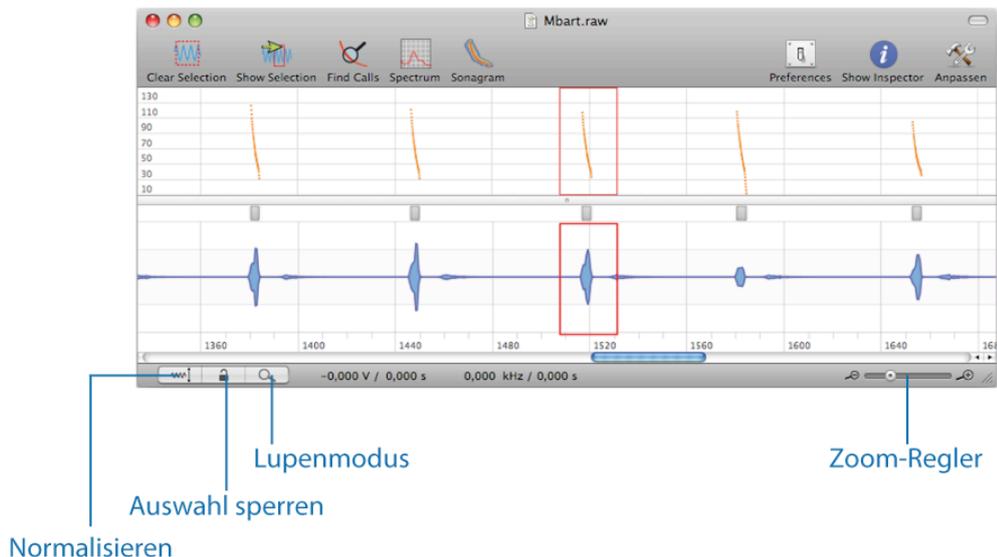
## 5. Grundfunktionen

### 5.1. Dateien öffnen

Mittels der Funktionen **Open** und **Open Recent** aus dem **File**-Menü können Dateien geöffnet werden. Unterstützt werden WAVE-Dateien und „batcorder“ Dateien (RAW Format). Das WAVE-Format (Endung „.wav“) ist ein gängiges Audioformat. Es enthält neben den Tondaten auch verschiedene Informationen zur Datei, wie z.B. Samplerate und Amplitudenauflösung, die automatisch von bcAnalyze ausgelesen werden. Manche Programme halten sich beim Erstellen von WAVE Dateien nicht an die offiziellen Spezifikationen, so dass Fehler beim Einlesen durch bcAnalyze auftreten können. Auch komprimierte WAVE-Formate können nicht eingelesen werden. RAW Dateien (Endung „.raw“) haben die gleiche Datenstruktur wie WAVE Dateien; ihnen fehlt jedoch der Informationsblock zu Beginn der Datei (*Header*). Diese Dateien werden standardmäßig mit den Einstellungen 500 kHz und 16 Bit interpretiert. Sind in einer Audiodatei mehrere Tonspuren enthalten, wie z.B. im Falle einer Stereo-Datei, wird der Benutzer aufgefordert, eine Tonspur für die Anzeige zu

wählen. Bei WAVE Dateien mit geringer Samplerate (< 100 kHz) fragt bcAnalyze auch, ob diese als zeitgedehnte Aufnahme geöffnet werden sollen.

Die geöffnete Datei wird im Dokumentfenster als Wellenform angezeigt. Die Höhe der dargestellten Schwingungen ist hierbei linear zur Lautstärke (in Volt). Erreichen die Ausschläge des Tons den oberen Rand, ist das Signal *übersteuert*.



Links unterhalb der Wellenform liegt die Schaltfläche **Oszillogramm Normalisieren**, mit der die Darstellung des Tones normalisiert werden kann. Die Wellenform wird hierbei so angepasst, dass der lauteste Ausschlag im dargestellten Bereich die gesamte Fensterhöhe einnimmt. Die Beschriftung und Unterteilung der Zeitachse erfolgt in der Einheit Millisekunden; Tausend Millisekunden entsprechen einer Sekunde. Existieren zu einer Datei schon Messwerte zu Rufen, werden diese automatisch in der Rufanzeige oberhalb der Tonspur angezeigt.

Die Datei kann mit dem roten **Schließen**-Knopfes links oben im Fenster oder mit der **Schliessen** Funktion im **Datei**-Menü geschlossen werden. Zum Speichern steht ebenfalls im Datei-Menü die Funktion **Speichern als...** zur Verfügung, durch die die Datei entweder im WAVE oder RAW Format an beliebiger Stelle gespeichert werden kann.

## 5.2. Markieren und zoomen

Nach dem Laden einer Datei, wird das Tonsignal vollständig als Oszillogramm angezeigt. Soll ein Ausschnitt vergrößert werden, stehen unterhalb des Fensters zwei Schaltflächen zur Verfügung. Das **Zoom Werkzeug (Lupe)** unten links erlaubt es, in der Tonspur einen Bereich aufzuziehen, der im Fenster vergrößert dargestellt werden soll. Hierzu wird die Maustaste im Fenster gedrückt gehalten und der Bereich aufgezogen. Beim Loslassen der

Taste wird automatisch in den Bereich gezoomt. Beachten Sie bitte, dass, solange diese Schaltfläche aktiviert (blau hervorgehoben) ist, es nicht möglich ist, Markierungen vorzunehmen. Rechts unten befindet sich ein alternativer Zoom-Regler. Durch Verschieben des Reglerknopfes kann die Vergrößerung stufenlos eingestellt werden. Klickt man das Minus- oder Plusymbol neben der Reglerleiste an, wird maximal aus- bzw. eingezoomt. Ab einer gewissen Zoomstufe wird jeder Sample in der Wellenform dargestellt (Sample-genaue Darstellung). Bis zum Erreichen dieser Zoom-Stufe wird eine Annäherung genutzt, um das Zeichnen zu beschleunigen. Diese basiert auf den maximalen RMS Werten kleiner, sich überlappender Fenster, die durch das Tonsignal geschoben werden. Die negativen Druckwerte entstehen durch einfache Spiegelung der positiven Maxima. Dadurch können Eigenschaften wie Rauschen oder Offset nur mit der Sample-genaue Darstellung untersucht werden.

Bewegt man den **Cursor** über das Oszillogramm, kann unterhalb der Wellenform der Amplitudenwert in Volt und der Zeitwert in Millisekunden an der aktuellen Cursorposition abgelesen werden.

Im Oszillogramm kann mit dem Cursor eine rote Markierung aufgezogen werden. Dieser Bereich legt ein Tonstück für die weitere Bearbeitung (Sonagramm, Spektrum, ...) fest. Start- und Endpunkt sowie Dauer des markierten Bereiches werden im Inspektorfenster (Reiter **Allgemein**) unter dem Punkt **Auswahl** angezeigt und können hier auch geändert werden. Es werden jeweils die Samplewerte und die Zeit in Sekunden angezeigt. Im **Bearbeiten**-Menü können mittels der Funktionen **Alles auswählen** und **Markierung aufheben** die gesamte Tonspur markiert bzw. die Markierung aufgehoben werden. Um die Markierung zurück zu setzen, steht weiterhin die Schaltfläche **Auswahl aufheben** in der Symbolleiste zur Verfügung.

Eine Markierung kann auch gesperrt werden, um sie vor unabsichtlicher Veränderung zu schützen. Dies geschieht mit der **Auswahl sperren/entsperren** Schaltfläche links unterhalb des Oszillogrammfensters.

Häufig bereitet es Schwierigkeiten, ein bereits markiertes Stück wieder zu finden, wenn man eine starke Vergrößerung eingestellt hat. bcAnalyze bietet hierfür die Funktion **Gehe zur Auswahl** im **Ansicht**-Menü und die Schaltfläche **Auswahl zeigen** in der Symbolleiste. Hierdurch kann das Fenster zu dem markierten Stück bewegt werden. Wird danach ein- oder ausgezoomt, wird das Fenster wahlweise am Rand oder der Mitte des Oszillogramms fixiert (wählbar in den **Voreinstellungen**). Ebenso ist in den **Preferences** wählbar, ob beim Zoomen ein Markierungsrahmen oder der aktuelle Ausschnitt als Bezug für die Fixierung gelten soll.

### 5.3. Arbeitsfläche, Symbolleiste und Darstellung anpassen

Man kann die vertikale Aufteilung des Dokumentfensters mit der Leiste zwischen Rufvor-  
schau und Oszillogramm verändern.

Die Symbolleiste kann über die Funktion **Toolbar anpassen...** im **Ansicht**-Menü ange-  
passt werden. Schaltflächen können hier durch ziehen auf oder von der Symbolleiste hin-  
zugefügt und entfernt werden. Es besteht in diesem Menü auch die Möglichkeit, die Sym-  
balleiste aus zu blenden.

Die **Voreinstellungen** erlauben unter Anderem die Farben der Darstellung zu ändern. Sowohl Farbein-  
stellungen des Oszillogramms, als auch der Rufanzeige können hier angepasst werden. Anpassbar sind  
hierbei Linienfarben der Wellenform und Messpunkte, Hintergründe und Selektionsfarbe. **Farben zurück-  
setzen** stellt die Farbeinstellungen auf Standardwerte zurück. Arbeiten mehrere Benutzer auf dem selben  
Rechner mit eigenen Konten, werden die Einstellungen je Benutzerkonto gespeichert. Unter dem Punkt  
**Allgemein** kann in den **Voreinstellungen** unter Ande-  
rem ausgewählt werden, ob neben den **Ruf-Markern**

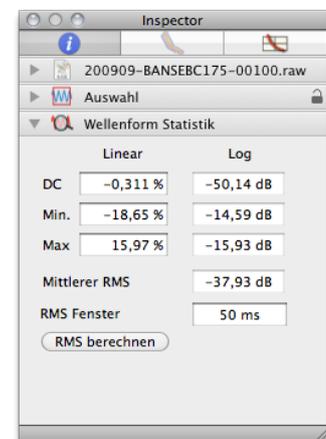


auch die Artbestimmung von bcDiscriminator vermerkt werden soll. Auch der Frequenzbe-  
reich und die Gitterweite in der Rufanzeige lassen sich hier anpassen. Die verschiedenen  
Möglichkeiten zur Anpassung der Sonogrammansicht werden im Kapitel 6.3 erklärt.

## 6. Signale analysieren

### 6.1. Wellenform-Statistik

Eine einfache Wellenformstatistik ist im **Inspektorfenster** unter  
**Allgemein** zu finden. Hier zeigt das Aufklapp-Menü **Wellenform-  
Statistik** für einen markierten Bereich den DC Offset (Versatz von  
der Nulllinie) und die maximal gefundenen Amplituden der positiven (**Max.**) und negativen (**Min.**)  
Halbwellen linear in Prozent sowie in dB an. Normiert sind diese Angaben auf einen Sinuston mit  
voller Amplitude (maximal ausgesteuert). Im Feld **Mittlerer RMS**  
wird zusätzlich der Effektivwert der Lautstärke, also die durch-  
schnittliche Lautstärke des Signals angegeben.



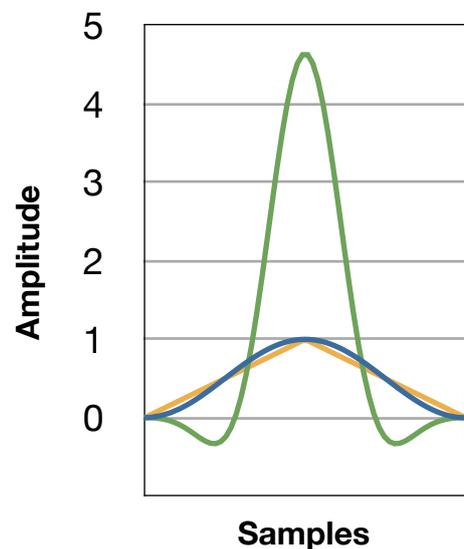
Das Feld **RMS Fenster** erlaubt die Änderung der Fenstergröße,  
über die der RMS-Wert und der DC-Offset berechnet werden. Dieses Fenster sollte maxi-

mal so groß wie das zu untersuchende Signalstück sein. Ist das Fenster kleiner, werden die Werte mit mehreren, nicht überlappenden Fenstern berechnet. Die Werte können über die Schaltfläche **RMS berechnen** aktualisiert werden.

## 6.2. Spektrum

Das Frequenzspektrum wird mit Hilfe einer Fourier-Transformation bestimmt und zeigt die Amplitudenverteilung der Frequenzen eines Signals. bcAnalyze nutzt hierfür den Algorithmus der schnellen Fourier-Transformation (englisch *fast fourier transform*, daher meist FFT abgekürzt). Das Spektrum enthält keinerlei Zeitinformation. Ein Spektrum wird in der Regel über ein einzelnes Fenster (Ausschnitt der analysierten Abtastwerte) berechnet. Das Spektrum ist sehr akkurat hinsichtlich der Frequenzanalyse.

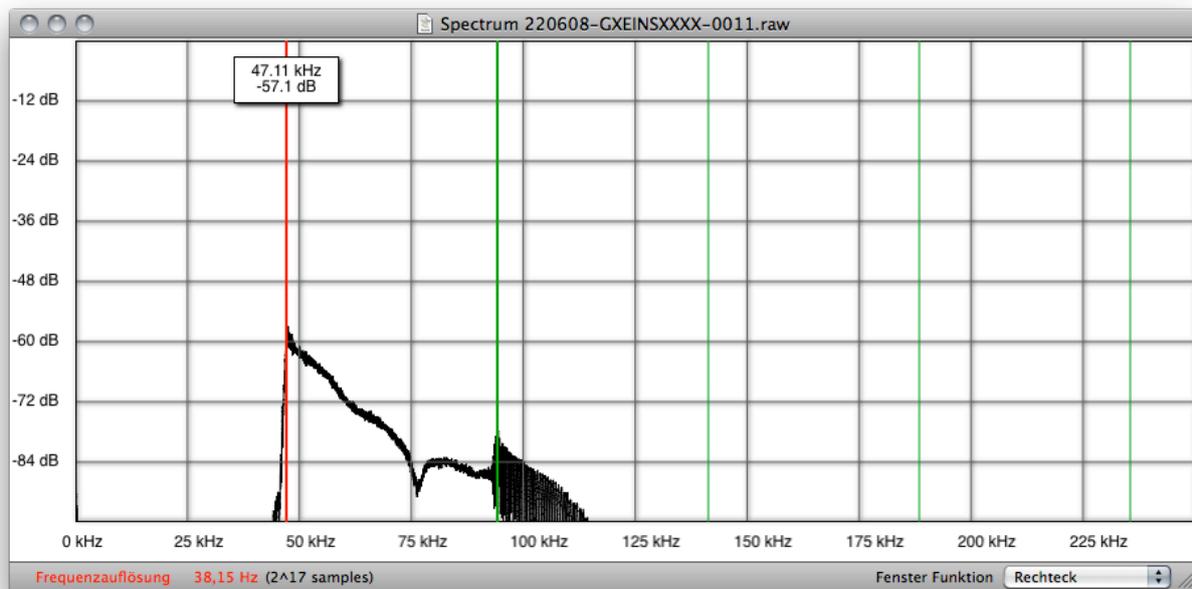
Die Fensterfunktion des Spektrums legt fest, mit welcher Gewichtung die Abtastwerte innerhalb dieses Ausschnitts (Fenster) in die FFT-Berechnung eingehen. Es stehen verschiedene Fensterfunktionen zur Verfügung (zum Beispiel **Rechteck**, **Hanning**, **Flat Top**); diese unterscheiden sich hauptsächlich darin, wie stark die Werte an den Rändern des Ausschnittes berücksichtigt werden. Für ein Spektrum sollte ein Rechteckfenster gewählt werden. Hierdurch werden alle Samplewerte im Ausschnitt gleich bewertet. Je größer das Fenster ist, desto höher ist auch die Frequenzauflösung.



Eine Berechnung ist nur mit Fenstern möglich, die eine Größe von  $2^N$  Samples haben (N ganzzahlig). Um dennoch beliebige Ausschnitte zu analysieren, fügt bcAnalyze symmetrisch Nullen am Anfang und Ende des ausgewählten Bereichs ein, bis eine Länge von  $2^N$  Samples erreicht ist (diesen Prozess nennt man *zero padding*).

Durchführung:

Zur Berechnung des Spektrums wird zunächst ein Stück der Tonspur markiert. Dieses sollte nicht zu lang sein, da dann die Berechnung aufwendiger wird. Wir empfehlen kein Spektrum über mehr als  $2^{22}$  (= 4194304) Samples zu berechnen. Dies würde bei einer Abtastrate von 500 kHz ca. 8 Sekunden Aufnahmezeit entsprechen. Wählen Sie danach die Schaltfläche **Spektrum** oder die Funktion **Spektrum berechnen** im **Ansicht**-Menü. Es erscheint nun ein Fenster mit dem berechnetem Spektrum.



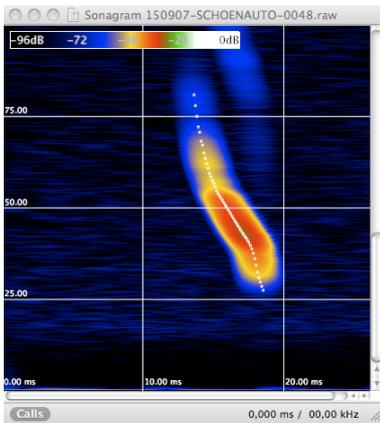
Der Graph zeigt in logarithmischer Auftragung die Amplitudenanteile der Frequenzen. Die Fenstergröße, über die das Spektrum berechnet wurde, sowie die daraus resultierende Frequenzauflösung wird links unterhalb des Spektrums angezeigt. Die verwendete Fensterfunktion ist als Auswahllisten **Fensterfunktion** rechts unten zu finden. Fährt man mit dem Cursor über das Fenster, erscheint ein harmonischer Cursor (im Bild als rote bzw. grüne Linien zu erkennen), der dem Mauszeiger folgt. Es wird außerdem Frequenz sowie Amplitude an der Cursorposition angezeigt. Ein Rechtsklick auf dem Fenster lässt ein **Kontextmenü** erscheinen. So ist es möglich, das Spektrum als **Bild** (verschiedene Formate) oder als **Textdatei** zu speichern. Auch eine **Glättung**, die einen gleitenden Durchschnitt über eine einstellbare Anzahl an Frequenzklassen berechnet, ist im Menü wählbar. Wird das Spektrum geglättet, ist dies an der roten Färbung der Beschriftung **Frequenzauflösung** zu erkennen.

### 6.3. Sonagramm

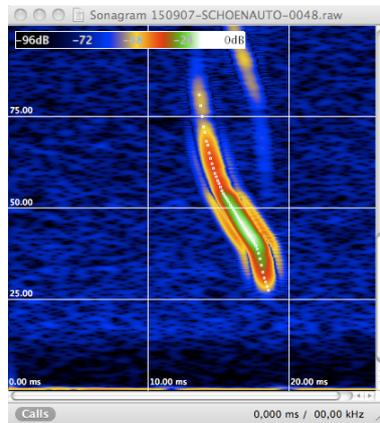
Ein Sonagramm wird aus vielen Spektren über kurze Zeitabschnitte zusammengesetzt, und ist eine zweidimensionale Darstellung der Frequenz über der Zeit. Die Amplitude der Frequenzen wird hierbei farblich codiert. Im Gegensatz zum Spektrum wählt man als Fensterfunktion nicht das **Rectangle**-Fenster, da es bei kurzen Fenstern zu unliebsamen Kantenwirkungen führt (Sidelobes; *picket fences*). Die verschiedenen Fensterfunktionen, die in bcAnalyze zu Verfügung stehen, haben unterschiedliche Vor- und Nachteile. Generell kann man sagen, dass Fensterfunktionen, die die Frequenzen akkurat wiedergeben, dazu neigen, den zeitlichen Verlauf „verschmiert“ dar zu stellen und umgekehrt.

Optimale Fenster zur genauen Frequenzwiedergabe z.B. für konstantfrequente (constant frequency = cf) Signale sind das **Hanning**- und das **Hamming**-Fenster. Für zeitlich stark frequenzmodulierte (frequency modulated = fm) Signale eignet sich das **FlatTop**-Fenster.

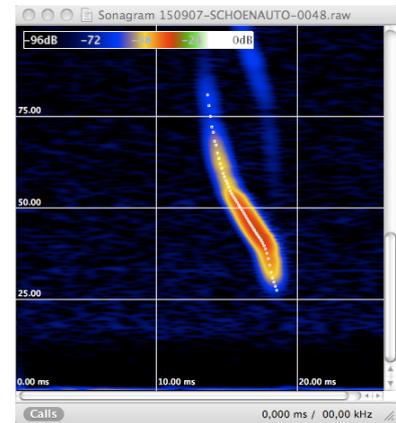
Als allgemein geeignetes Standardfenster empfehlen wir das **7th term Harris** Fenster. Im Folgenden sind Sonagramme abgebildet, die mit verschiedenen Fensterfunktionen berechnet wurden.



Hanning-Fenster



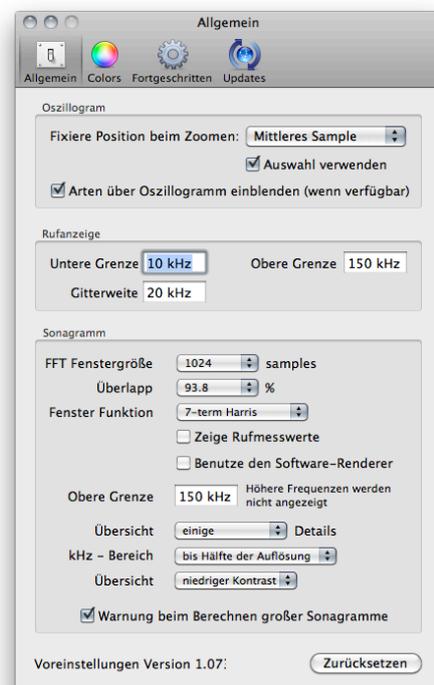
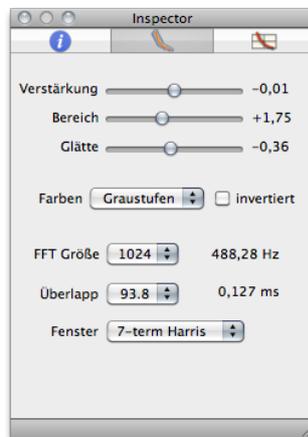
FlatTop-Fenster



7th term Harris Fenster

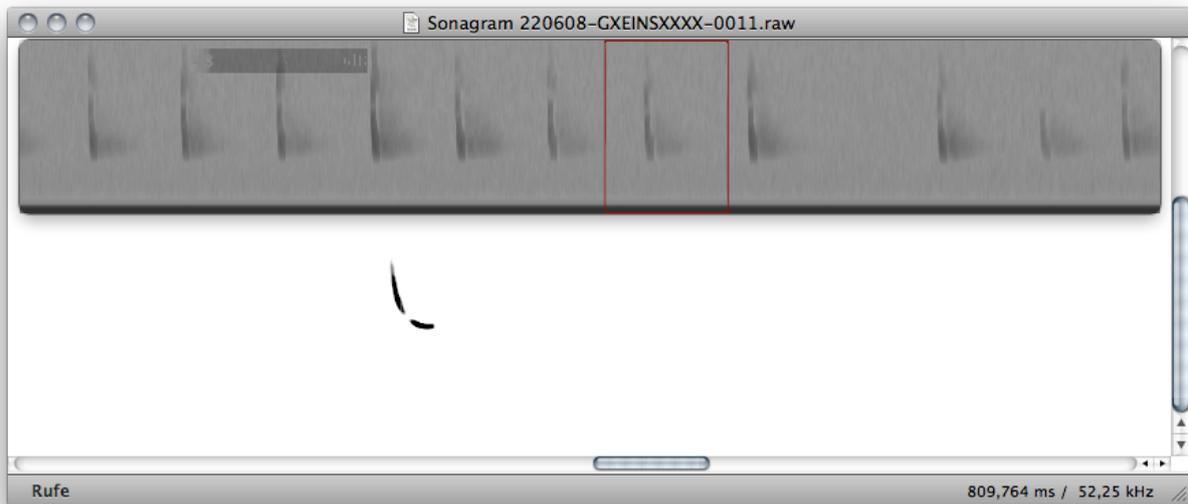
Die Frequenz- und Zeitauflösung eines Sonagramms wird von verschiedenen Parametern beeinflusst. Diese Einstellungen können über die **Voreinstellungen** im Unterpunkt **Allgemein** und auch im Inspektor (Reiter **Sonagramm**) geändert werden.

Der Parameter **FFT Größe** legt die Größe des FFT-Analysefensters in Samples fest. Je größer der Wert gewählt wird, desto höher ist die Frequenzauflösung und die resultierende Abbildung. Der Wert **Überlapp** in % bestimmt, mit welcher Überlappung der Fenster das Sonagramm errechnet werden soll. Je höher dieser Wert ist, desto genauer wird die zeitliche Auflösung; das Sonagramm wird breiter. Die Frequenz- und Zeitauflösung, die sich aus den Einstellungen ergeben, werden im **Inspektor** neben den Parametern angezeigt. Im unteren Teil der Sonagrammeinstellungen (Voreinstellungen) lässt sich die Darstellung des **Sonagramm Überblicks** ändern (Detailgenauigkeit, Frequenzbereich und Kontrast).



Dieser Überblick kann über das Sonagramm eingeblendet werden (**Ansicht-Menü -> Sonagramm Überblick**), nachdem ein Sonagramm erstellt wurde. Der Überblick gibt stark

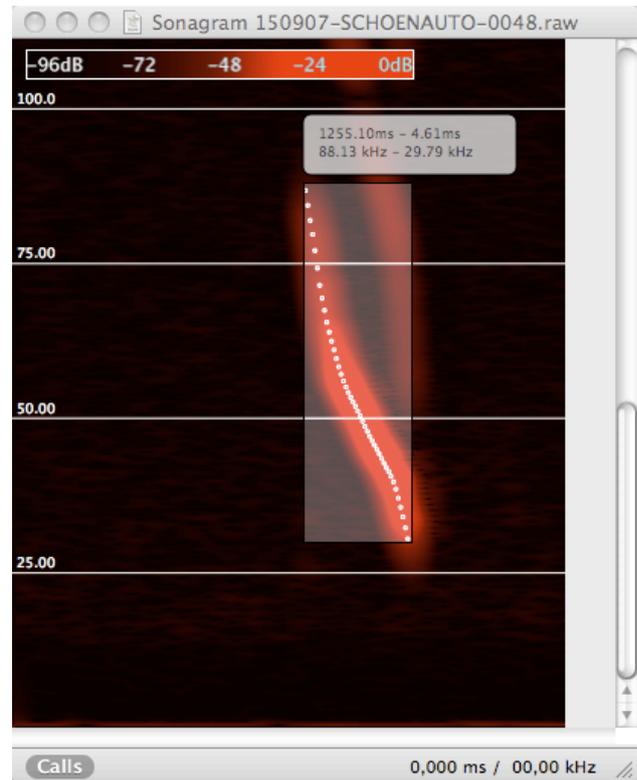
verkleinert den gesamten Bereich des Sonagramms wieder und hilft so beim Navigieren im Sonagramm (insbesondere bei einer hohen Zeitauflösung). Ein Markierungsrahmen zeigt, welchen Teil des gesamten Bereiches das aktuelle Fenster gerade wider gibt. Man kann sehr schnell zu einer bestimmten Stelle im Sonagramm scrollen, indem man diese im Überblick anklickt. Die Detailanpassung erniedrigt sich automatisch, falls ein zu langes Tonstück für die Sonagrammberechnung ausgewählt worden ist.



Beispiel: Sonagramm mit eingeblendetem Überblick

Das Erscheinungsbild des Sonagramms kann mittels verschiedener Funktionen modifiziert werden. Mit dem Auswahl-Menü **Farben** im **Inspektor** wird der Farbstil des Sonagramms festgelegt. Es stehen die Stile **Graustufen**, **Feuer** und **Bunt** zur Verfügung. Über die Schaltfläche **Invertiert** kann das Sonagramm auch in invertierten Farben angezeigt werden. Die Schieberegler **gain**, **range** und **smooth** dienen zur weiteren Anpassung der farblichen Repräsentation der Amplitudenwerte. So können der Kontrast und der Farbbereich modifiziert werden. Eine Farbrampe in der oberen linken Ecke des Sonagramms zeigt die resultierende farbliche Codierung der Amplitudenwerte an.

Fährt man mit dem **Cursor** über den Bildbereich, werden rechts unterhalb des Sonagramms die Zeit und Frequenz an der Cursorposition angegeben. Mit gedrückter linker Maustaste kann auch von der Cursorposition ein **Markierungsrahmen** aufgezogen werden. Oberhalb dieses transparenten Rahmens werden der Startzeitpunkt und die Länge, sowie die obere und untere Frequenz der Markierung angezeigt. So können schnell Start-/Endfrequenz und die Länge eines Fledermausrufs ermittelt werden.



Im Bild rechts sind Werte der automatischen Vermessung im Abstand von 0,1 ms als weiße Punkte im Sonagramm eingetragen. Die Darstellung dieser Punkte ist über die Schaltfläche **Rufe** wählbar. Mehr zur automatischen Rufsuche finden Sie im folgenden Abschnitt.

#### 6.4. Rufe/Signale automatisch finden und vermessen

Das Programm bcAnalyze beinhaltet einen neuartigen Algorithmus zum Auffinden und Vermessen von Ultraschallsignalen. Diese Funktion wurde für unser Programm bcAdmin entwickelt und wird dort zur vollautomatischen Messwertextraktion bei Fledermausrufen verwendet.

Je Ruf werden in 0,1 ms Abständen die Frequenzwerte über die gesamte Signallänge ermittelt. Diese Rufverlaufsdaten zeigt bcAnalyze in der Rufvorschau an. Mit diesem Verfahren kann eine Datei sehr schnell nach vorhandenen Signalen gescannt werden, ohne dass eine zeitaufwendige, manuelle Durchsicht mittels Sonagrammen erforderlich ist.

##### 6.4.1. Das Verfahren und dessen Voraussetzungen

Das Verfahren zur automatischen Ruferkennung und -vermessung basiert auf einer komplexen Form der Nulldurchgangsanalyse mit mehreren aufeinander folgenden Arbeitsschritten. Zuerst wird grob analysiert, ob überhaupt Signale einer bestimmten Lautstärke in der Tonspur enthalten sind. Dies soll verhindern, dass zu leise Signale analysiert werden, deren Vermessung nicht mehr sinnvoll möglich ist. Dann erfolgt eine genauere Analyse. Anhand verschiedener Parameter wird festgestellt, ob es sich um Fledermausrufe bzw.

rufähnliche Signale handelt. Störgeräusche (z.B. Heuschrecken) und auch Echos von Signalen, werden zum größten Teil erkannt und nicht vermessen. Danach erfolgt die endgültige Vermessung. Hierzu werden zuerst der genaue Start- und Endpunkt des Signals bestimmt und danach der Frequenz-Zeitverlauf in 100µs-Schritten interpoliert. Hierbei werden auch kleine Lücken im Signal übersprungen.

Damit das Verfahren fehlerfrei arbeitet, müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein:

- Das Signal muss Frequenzanteile im Ultraschall enthalten (> 14 kHz).
- Es muss sich um ein tonales Signal mit einer deutlich betonten Hauptfrequenz handeln. Bei Signalen mit harmonischen Schwingungen muss die Grundschwingung oder eine der Harmonischen deutlich lauter als die anderen sein.
- Das Signal muss eine Mindestlänge von 1,5 Sekunden aufweisen.
- Überlappen gleichlaute Signale (z.B. zwei Rufe oder ein Ruf und ein lautes Echo) kann der Überlappungsbereich nicht vermessen werden.
- Die Amplitude des Signals muss mindestens -36 dB erreichen (Schwelle ist einstellbar).
- Das Grundrauschen der Aufnahme sollte nicht zu hoch sein. Aufnahmen mit dem *batcorder* eignen sich hier optimal. Auch dürfen starke Hintergrundgeräusche das Signal nicht maskieren.
- Die Aufnahme muss also Mono-Aufnahme vorliegen

Einige Parameter zur automatischen Ruferkennung und -vermessung sind genau wie im Programm bcAdmin modifizierbar. In den **Voreinstellungen** kann man unter dem Punkt **Fortgeschritten** die Schwelle für **Lautstärke** (dB in Relation zu Vollaussteuerung) und **Qualität** anpassen. Unterhalb der Auswahlfelder wird die Amplitudenschwelle als Prozent der maximalen Amplitude (Vollaussteuerung) umgerechnet und angezeigt. Rufe, die leiser sind als die eingestellte Lautstärkeschwelle, werden nicht vermessen. Mittels des Kriteriums **Qualität** wird untersucht, ob es sich um Fledermausrufe oder sonstige Signale handelt. Wir empfehlen den voreingestellten Wert von 20 zu verwenden. Höhere Werte lassen den Rufsucher auch schlechtere (z.B. verrauschte) Signale finden und vermessen. Bei niedrigeren Werten werden mehr Fledermausrufe, die qualitativ nicht optimal sind, ausgesondert.

Werden batcorder-Aufnahmen analysiert, sollte die Lautstärkeschwelle sich an der Schwelle orientieren, die am Gerät für der Aufnahme eingestellt war. Wir empfehlen sowohl beim batcorder als auch in bcAnalyze eine Schwelle von -24 dB zu wählen, da nur gut ausgesteuerte Rufe optimal vermessen und bestimmt werden können. Die gewählte Schwelle kann im **Ansicht**-Menü unter dem Punkt **Analyseschwelle anzeigen** als Linie im Oszillogramm eingefügt werden.

## 6.4.2. Arbeiten mit der automatischen Rufanalyse

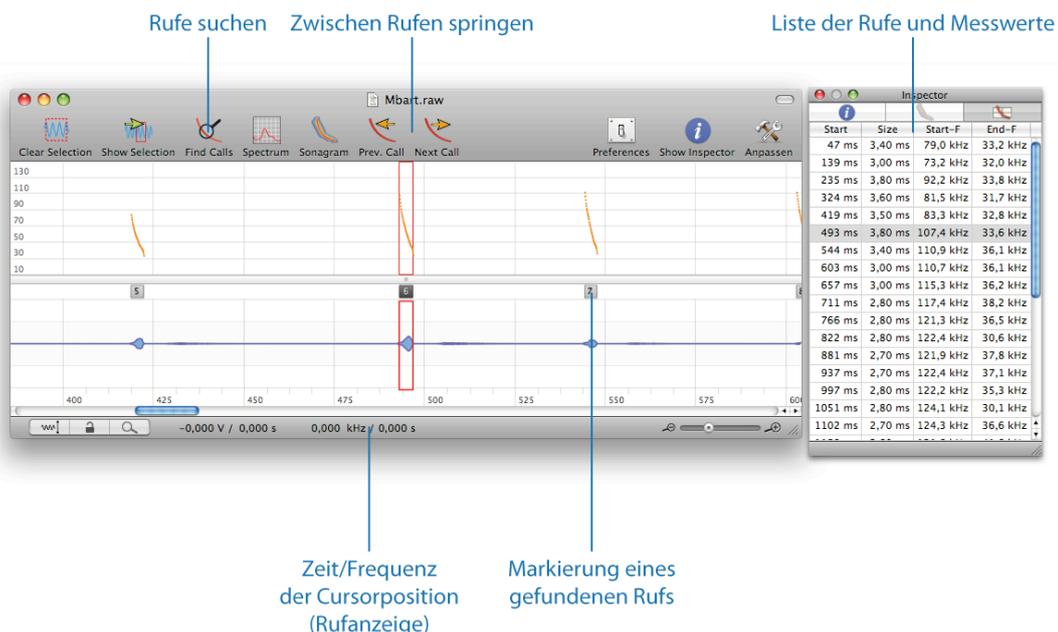
Die Tonspur kann über die **Rufe suchen** Funktion im **Rufe**-Menü oder der Symbolleiste automatisch nach rufähnlichen Signalen durchsucht werden, oder eine bestehende, vom Programm **bcAdmin** erstellte Datei mit Signalverläufen kann geladen werden. Solche Dateien haben den selben Namen wie die zugehörige Tondatei jedoch mit der Endung „.bcCalls“ oder bei alten Versionen „.data“. Liegt eine solche Signalverlaufsdatei zusammen mit der Tondatei im selben Ordner, werden die gefundenen Rufe automatisch in die Rufvorschau geladen. Beispiel einer *batcorder* Tondatei (RAW-Format) und der dazugehörigen Signalverlaufsdatei:

250508-ZWEIM2XXXX-0004.raw

250508-ZWEIM2XXXX-0004.bcCalls

Die Funktion **Rufe suchen** speichert die gefundenen Rufverläufe nicht automatisch als Signalverlaufsdatei, sondern hält diese nur temporär vor. Soll eine bcCalls-Datei gespeichert werden, muss dies im Menü **Rufe** durch Auswahl des Punktes **Exportieren** geschehen. Sollen diese Rufverläufe später von bcAnalyze automatisch gefunden und verwendet werden, muss die Datei im selben Ordner und unter dem selben Namen wie die Tondatei gespeichert werden.

Sind Signalverläufe vorhanden, erscheint die Rufvorschau über dem Oszillogramm. Zwischen Oszillogramm und Rufvorschau liegt eine Zeile mit **Ruf-Markern**. Diese fortlaufend nummerierten Balken markieren die Lage und Länge der Rufe. Rufvorschau und Oszillogramm haben dieselbe Skalierung der Zeitachse, so dass die zugehörigen Rufverläufe direkt oberhalb der Markierungen angezeigt werden. Im **Inspektor** ist nun der Reiter **Rufdaten** anwählbar. Es erscheint eine Liste der Rufe mit den gemessenen Startzeitpunkten, Längen und Start- bzw. Endfrequenzen.



Einzelne Rufe können angewählt werden, indem man einen Markierungsbalken anklickt. Es wird hierdurch automatisch ein Rahmen um den entsprechenden Tonausschnitt aufgezogen. In der Messwertliste wird der entsprechende Ruf hervor gehoben. So kann für diesen Tonausschnitt schnell ein Sonagramm berechnet werden. Die Messpunkte des entsprechenden Rufes werden auch im Sonagramm angezeigt.

Die Navigation ist über die Schaltflächen **Nächsten wählen** und **Vorherigen wählen** in der Symbolleiste und im **Ruf-Menü** möglich. Man kann auch in der Rufliste des **Inspektors** einen Ruf an wählen. Das Oszillogramm springt dann zu dem entsprechenden Tonstück.

In den **Voreinstellungen** kann unter dem Punkt **Allgemein** die Rufanzeige angepasst werden. Hier kann über die Schaltflächen **Untere Grenze** und **Obere Grenze** der angezeigte Frequenzbereich variiert werden. Der Abstand der Hilfslinien wird über das Bedienelement **Gitterweite** eingestellt. In den **Voreinstellungen** kann die Farbe des Hintergrundes, der Linien und der Messpunkte verändert werden

### 6.4.3. Anzeige von Artzuordnungen des Programms bcDiscriminator

Fand für eine Sequenz schon eine Artbestimmung durch das Programm bcDiscriminator statt, können die rufweisen Ergebnisse neben den **Ruf-Markern** angezeigt werden. Damit eine Artanalyse durch bcDiscriminator vorgenommen werden kann, muss eine **Messwertdatei** vorhanden sein. Diese Datei (Endung ".csv") wird bei der Vermessung durch das Programm bcAdmin automatisch erstellt. Ist eine solche Datei noch nicht vorhanden, kann man sie in bcAnalyze im **Rufe-Menü** unter dem Punkt **Erzeuge bcDiscriminator Datei** erstellen. Diese muss man dann mit bcDiscriminator analysieren lassen. Das Programm speichert einerseits eine Datei mit den Bestimmungsergebnissen für bcAdmin (Endung „.res“) und schreibt zum Anderen die Ergebnisse pro Ruf in die bestehende Signalverlaufdatei (Endung „bcCalls“). Aus dieser werden die Ergebnisse von bcAnalyze beim Öffnen der Tondatei automatisch gelesen.

Durch einen **Rechtsklick** auf einen Marker erscheint ein kleines **Anzeigefeld** in dem neben dem Artkürzel auch die Bestimmungssicherheit angezeigt wird. Die Bedeutung der Artkürzel können Sie dem Handbuch zu bcDiscriminator entnehmen. Die Anzeige der Artbestimmung kann in den **Voreinstellungen** an- und ausgeschaltet werden.

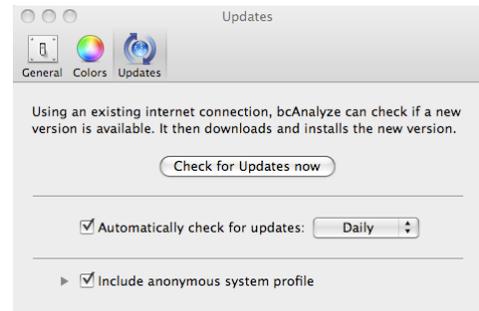
## 7. Verschiedenes

### 7.1. Lizenzierung

Das Programm läuft für 30 Tage ohne Lizenzschlüssel. Wird es weiterhin benutzt, ist ein Lizenzschlüssel nötig. Dieser kann käuflich bei der ecoObs GmbH erworben werden. Sie erhalten dann eine auf Ihren Namen zugelassene Seriennummer und den Schlüssel zum Freischalten. Diese müssen Sie im Lizenz-Dialog eintragen.

## 7.2. Updates

Es sind regelmäßig kostenlose Updates von bcAnalyze verfügbar. Diese sind über die Funktion **Check for Updates...** im **bcAnalyze-Menü** abrufbar und werden, falls eine neue Version vorliegt, installiert. Die Suche nach neuen Updates kann man auch automatisch täglich oder wöchentlich durchführen lassen. Dies ist in den **Preferences** unter dem Menü **Updates** wählbar.



## 7.3. Fehlerreport

Sollte bcAnalyze im Betrieb abstürzen, erscheint beim nächsten Start des Programms eine Meldung zu dem aufgetretenen Fehler. Sie können diese Meldung ergänzen um die Schritte, die zum Absturz geführt haben und an uns senden. Diese Information hilft uns, bcAnalyze noch besser zu machen. Sollten Sie diese Meldung nicht senden wollen, können Sie diese auch mittels des Knopfs **Nicht Senden** auch aus der internen Fehlerliste von bcAnalyze löschen. Ansonsten wird der Fehlerbericht so lange beim Start angezeigt, bis Sie die Meldung gesendet oder gelöscht haben.

## 7.4. Tastenkürzel

Neben den üblichen Tastenkürzeln bieten die folgenden Tastenkombinationen (**Tastenkürzel = short cuts**) schnellen Zugriff auf Funktionen in bcAnalyze:

Tastenkürzel	Befehl
+ / -	Zoomen im Oszillogramm
⏏ 🖱️	Temporäre Lupe
→	Springen zum nächsten Ruf
⏏  ←	Springen zum vorherigen Ruf
⌘ T	Scrollen zur Markierung
⌘ A	Alles auswählen
⌘ D	Selektion aufheben

Tastenkürzel	Befehl
⌘ F	Rufe finden
⌘ R	Sonagramm berechnen
⇧ ⌘ R	Sonagramm Überblick einblenden
⌘ I	Inspektorfenster öffnen
⌘ G	Spektrum berechnen