

Kalibrierung des BATmode-Systems

bat bioacoustictechnology GmbH



bio
acoustic
technology

Eine Kalibrierung des BATmode-Systems ist essentiell, um aufgezeichnete Fledermausaktivitätsdaten vergleichbar zu machen. Da uns hierzu immer wieder Fragen erreichen, möchten wir in diesem Artikel kurz den Ablauf einer Kalibrierung erklären und darlegen, wie Sie eine korrekte Kalibrierung Ihres Systems sicherstellen können.

Allgemein

Ziel der Kalibrierung eines Mikrofons ist es, den elektrischen Ausgangswert des Mikrofons auf den tatsächlichen Schalldruckpegel zu beziehen. Dieser Schalldruckpegel L_p (im Englischen „Sound Pressure Level (SPL)“) wird im Allgemeinen in der Einheit dBSPL angegeben und beschreibt das logarithmierte Verhältnis des quadrierten Effektivwertes des Schalldrucks \tilde{p} eines Schallereignisses zum Quadrat des Bezugswerts p_0 . Dieser Bezugswert ist für Luftschall festgelegt auf $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

$$L_p = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{\tilde{p}^2}{p_0^2} \right) \text{dB} = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{\tilde{p}}{p_0} \right) \text{dB}$$

Der Schalldruckpegel L_p kann hierbei sowohl positive (Schalldruck ist größer als Bezugswert) als auch negative (Schalldruck ist kleiner als Bezugswert) Werte annehmen. Kurz gesprochen gibt der Schalldruckpegel L_p in dBSPL also an, wie viel lauter bzw. leiser ein Schallereignis im Verhältnis zu einem festgelegten Bezugswert ist. So entspricht beispielsweise ein Schalldruckpegel von 6 dBSPL einem Schallereignis, welches im Verhältnis zum Bezugswert doppelt so laut ist. -20 dBSPL wiederum entspricht einem 10-mal niedrigeren Schalldruck im Verhältnis zum Bezugswert.

Als Einheit für den elektrischen Ausgangswert U des Mikrofons wird dBFS (dB full-scale) verwendet, welche analog zum Schalldruckpegel L_p ein logarithmiertes Verhältnis des elektrischen Ausgangswertes U zum maximalen Ausgabewert (im Englischen „Full scale (FS)“) des Mikrofons darstellt. Folglich ist das Mikrofonausgangssignal U immer kleiner als der Bezugswert und kann somit ausschließlich negative Werte annehmen.

Da bei der Bestimmung der Fledermausaktivität der wesentliche Faktor nicht die Lautheit der Rufe an sich, sondern deren Anzahl ist, ist in diesem Falle besonders wichtig, genau festzulegen, ab welchem realen Schalldruckpegel L_p ein Fledermausruf eine Aufnahme auslösen kann. Dieser sogenannte „Trigger Level Threshold“ A_{dBSPL} stellt somit einen Parameter für die Empfindlichkeit des Erfassungssystems und somit für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse dar. Verallgemeinert kann gesagt werden, dass die Qualität einer Fledermausaktivitätserfassung gesteigert werden kann, indem eine möglichst geringe Triggerschwelle A_{dBSPL} gewählt wird. Hiermit ist es möglich, leisere Rufe und somit auch Rufe von weiter entfernten Tieren zu erfassen. Im Gegenzug nimmt hierbei natürlich auch die Wahrscheinlichkeit zu, Aufnahmen von Störgeräuschen zu erhalten, welche aufwendig aus dem resultierenden Datensatz entfernt werden müssen.

Für die Auswertung der Daten mit dem Tool Probat, welches aus dem Forschungsprojekten „Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen“ (RENEBAT) hervor ging und somit kompatibel zu den BMU-Vorgaben ist, wird eine Triggerschwelle A_{dBSPL} von 37 dBSPL bei Verwendung des BATmode-Systems empfohlen. Im Falle einer Windenergieanlage, welche eine besonders große Störgeräuschkulisse

aufweist, kann zur Vermeidung vieler Störaufnahmen die Triggerschwelle $A_{\text{dB SPL}}$ auch auf 50 dB SPL erhöht werden. Hierbei ist allerdings mit einer deutlichen Reduzierung der Monitoringqualität auf Grund der geringeren Empfindlichkeit des Erfassungssystems zu rechnen. Wichtig ist, dass zur Auswertung sämtliche Daten mit einer einheitlichen Triggerschwelle $A_{\text{dB SPL}}$ (also entweder 37 oder 50 dB SPL) erfasst wurden. Sollte ein Teil der Daten mit einer niedrigeren Triggerschwelle $A_{\text{dB SPL}}$ aufgezeichnet worden sein, ist es möglich, diese mit Hilfe der RECORDER-Software für eine höhere Triggerschwelle $A_{\text{dB SPL}}$ neu zu bewerten und sozusagen nachträglich leisere Rufe, welche unter Verwendung der höheren Triggerschwelle $A_{\text{dB SPL}}$ nicht aufgezeichnet worden wären, aus dem Datensatz zu entfernen. Logischerweise ist dies in umgekehrter Richtung nicht möglich und ein Datensatz, welcher mit einer Triggerschwelle $A_{\text{dB SPL}}$ von 50 dB SPL aufgezeichnet wurde, kann nicht für 37 dB SPL umgerechnet werden.

Wie funktioniert eine Kalibrierung im Allgemeinen?

Um ein Messsystem zu kalibrieren ist es essentiell, dass ein Referenzwert bzw. ein Referenzsignal mit bekanntem Wert gegeben ist, auf welchen anschließend die Messwerte bezogen werden können. Im Falle eines Ultraschallaufzeichnungssystems wird folglich ein Ultraschallsignal mit bekanntem Schalldruckpegel L_p vorausgesetzt.

Indem das zu kalibrierende Mikrofon diesem Schalldruckpegel L_p ausgesetzt wird, kann das vom Mikrofon erzeugte elektrische Ausgangssignal U auf diesen Schalldruckpegel bezogen werden.

Kalibrierung des BATmode-Systems mit Mikrofonen von bat bioacoustictechnology

Die Mikrofone von bat bioacoustictechnology werden grundsätzlich mit einem Kalibrierzertifikat, wie beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt, ausgeliefert.



Kalibrierzertifikat			
Datum der Kalibrierung:	XXX		
Seriennummer:	XXX		
Kalibriert von:	XXX		
Ergebnisse der Kalibrierung:			
Full Scale Level of Reference Signal:	-20,0 dBFS		
SPL of Reference Signal:	90,0 dB SPL		
<small>Hinweis: Bitte tragen Sie die Werte der Kalibrierung in die Software <i>BATcontrol</i> Ihres BATmode-Systems ein. Nähere Informationen hierzu entnehmen Sie bitte der Bedienungsanleitung.</small>			
_____ Unterschrift			
<small>bat bioacoustictechnology GmbH Brunnengasse 1 D-90610 Winkelhaid www.bioacoustictechnology.de</small>			

Abbildung 1: Beispielhaftes Kalibrierzertifikat eines Mikrofons

Auf diesem sind der sogenannte *SPL of Reference Signal* (L_T) als auch der *Full Scale Level of Reference Signal* (U_T) angegeben. Ersteres repräsentiert hierbei den Schalldruckpegel des im Mikrofon integrierten Testsignalgebers, welcher an der Mikrofonkapsel ankommt, in dB SPL. Der Wert *Full Scale Level of Reference Signal* gibt die Amplitude des resultierenden Mikrofonausgangssignals bei aktiviertem Testsignalgeber in dBFS an. Für Mikrofone ohne Testsignalgeber wird ausschließlich der *Full Scale Level of Reference Signal* Wert angegeben, welcher aus einem 96dB SPL Referenzsignal resultiert.

Zur Kalibrierung tragen Sie die Werte, welche zusätzlich direkt auf dem Mikrofon vermerkt sind, für den jeweiligen Mikrofonkanal in den Kalibrierdialog von BATcontrol (zu finden auf der Seite „Monitoring“ durch Klicken auf den Button „Calibration“, siehe Abbildung 2) ein. Geben Sie zudem unter dem Punkt „Level of Trigger Threshold“ einen von Ihnen gewünschten Triggerschwellwert $A_{\text{dB SPL}}$ an und wählen Sie aus, ob Ihr Mikrofon einen integrierten Testsignalgeber besitzt oder nicht. Anschließend klicken Sie auf den Button „Calibrate now!“. Durch Bestätigen des sich öffnenden Warnhinweises wird Ihr System kalibriert. Dies wird zudem visuell bestätigt und der hieraus resultierende Trigger Level Threshold in % ($A_{\%}$) angezeigt. Dieser Wert kann im Configuration Dialog der RECORDER-Software (siehe Abbildung 3) überprüft werden.

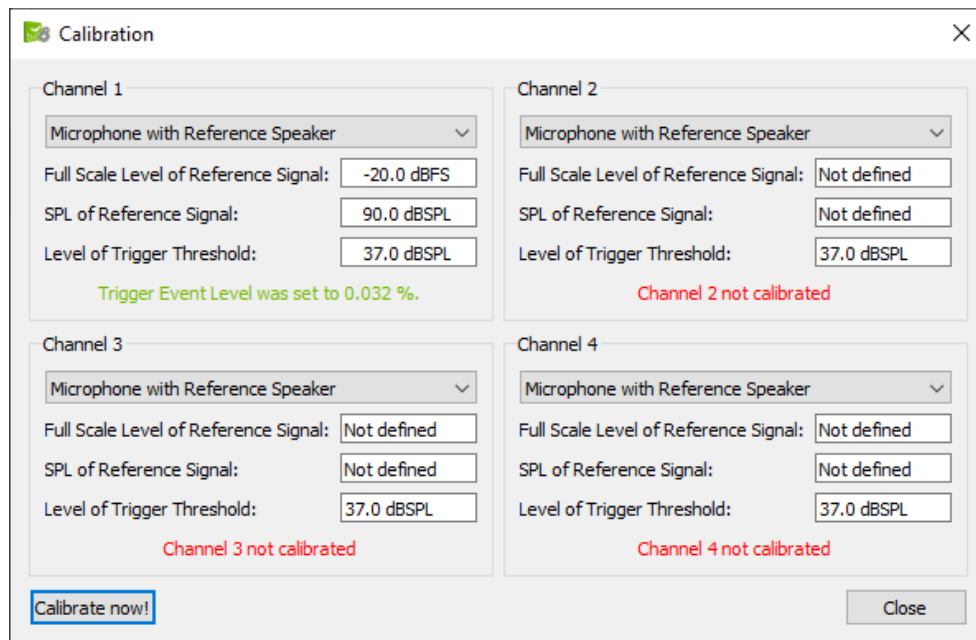


Abbildung 2: Kalibrierdialog in BATcontrol

Wie wurden die Zahlen im Kalibrierzertifikat ermittelt?

1. Zunächst wird in einem reflexionsarmen Akustikraum bei Raumtemperatur mit Hilfe eines Messmikrofons von Brüel & Kjaer und einem Ultraschall-Piezo-Lautsprecher ein Schallereignis mit einer Frequenz von 40 kHz und einem Schalldruckpegel L_{Ref} von 96 dB SPL erzeugt.
2. Das Mikrofon in der zu kalibrierenden Scheibe wird diesem exakt definierten Schallsignal ausgesetzt und der resultierende Mikrofonausgangswert U_{Ref} in dBFS (root mean square) bestimmt.

- Anschließend wird in demselben reflexionsarmen Akustikraum der Mikrofonausgangswert für den in der Scheibe integrierten Testsignalgeber ermittelt. Hierzu wird dieser mit einem Frequenzsweep von 30 auf 50 kHz angeregt, um bauart- und temperaturbedingte Schwankungen seiner Resonanzfrequenz zu kompensieren. Der im zeitlichen Verlauf dieses Sweeps auftretende maximale Mikrofonausgangswert U_T in dBFS (root mean square) entspricht dem im Kalibrierzertifikat angegebenen *Full Scale Level of Reference Signal*.
- Nachfolgend kann der auch im Zertifikat angegebene *SPL of Reference Signal*-Wert (L_T) berechnet werden zu

$$L_T = L_{Ref} + U_T - U_{Ref}$$

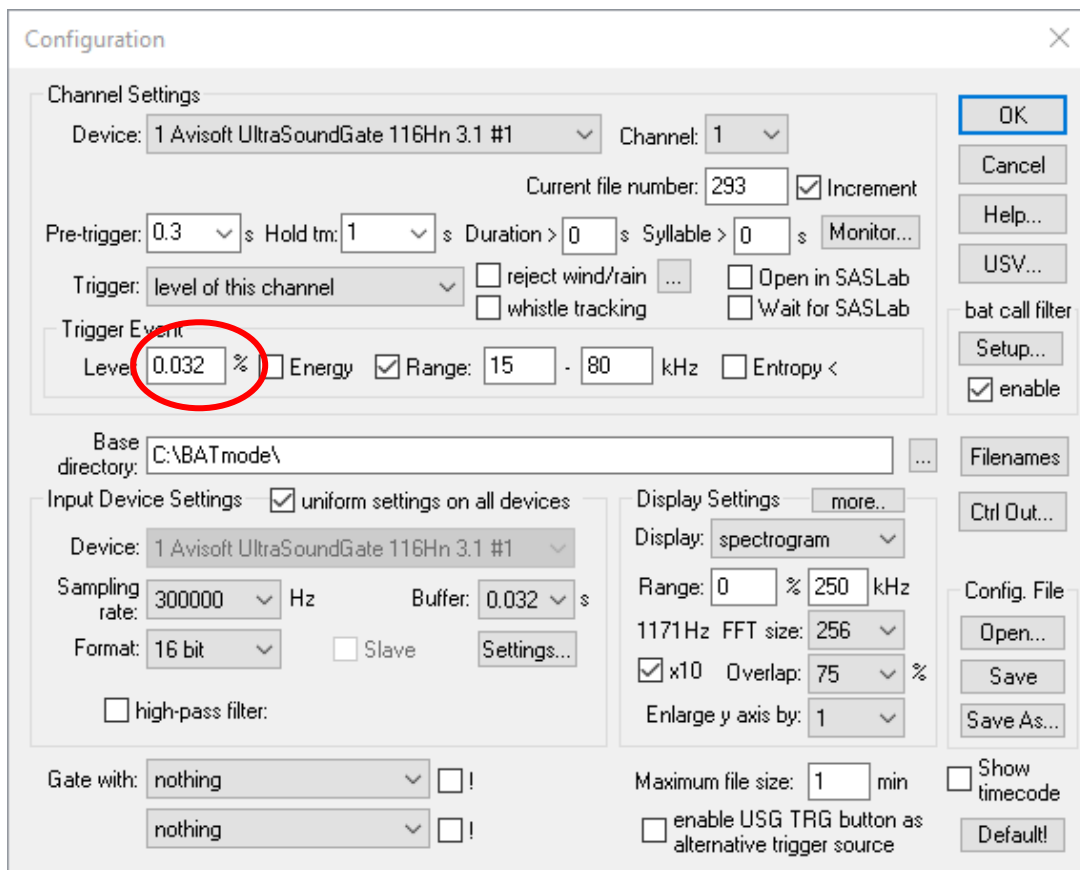


Abbildung 3: Configuration Dialog der Software RECORDER

Kalibrierung des BATmode-Systems mit Mikrofonscheibe von Avisoft Bioacoustics

Im Folgenden wird die Kalibrierung der RECORDER-Software ausführlich dargelegt für den Fall, dass Sie ein Mikrofon bzw. eine Mikrofonscheibe verwenden, welche nicht von bat bioacousticstechnology stammt. Da Avisoft Bioacoustics für Ihre Mikrofonscheibe lediglich den Schalldruckpegel des Testsignalgebers, aber nicht den resultierenden Mikrofonausgangswert U_T in dBFS angibt, muss dieser mit Hilfe der Software RECORDER selbst gemessen werden. (Bitte führen Sie diese Messung bei Raumtemperatur und möglichst in einem reflexionsarmen Raum durch bzw. halten Sie die Scheibe während der Messung in den Raum, so dass sich möglichst kein schallreflektierendes Objekt in nächster Nähe vor der Mikrofonscheibe befindet!):

1. Schließen Sie BATcontrol.
2. Öffnen Sie RECORDER USGH von Avisoft Bioacoustics.
3. Öffnen Sie den Trigger Level Calibration Dialog der Software RECORDER (siehe Abbildung 4) (Monitoring -> Trigger level calibration).
4. Wählen Sie „absolute dB SPL“, „x10“ und „take max signal level“ aus.
5. Tragen Sie unter Trigger Level (Threshold) Ihre gewünschte Triggerschwelle $A_{\text{dB SPL}}$ ein (z.B. 37 dB SPL).
6. Tragen Sie unter Reference Signal Level den L_T Wert Ihrer Avisoft Scheibe ein.
7. Warten Sie 60s und notieren sich dann den Wert U_T unter Reference Signal Level (root mean square) [dBFS].
8. Schließen Sie RECORDER.
9. Öffnen Sie BATcontrol.
10. Öffnen Sie den Kalibrierdialog von BATcontrol (siehe Abbildung 2).
11. Tragen Sie den eben notierten Full Scale Level of reference Signal (U_T) in das entsprechende Feld ein.
12. Tragen Sie den reference Signal Level L_T in dB SPL Ihrer Avisoft-Scheibe in das entsprechende Feld ein.
13. Tragen Sie in „Level of Trigger Threshold“ einen von Ihnen gewünschten Triggerschwellwert $A_{\text{dB SPL}}$ ein.
14. Klicken Sie auf „Calibrate now!“ und bestätigen Sie den sich öffnenden Warnhinweis.
15. Die erfolgte Kalibrierung wird visuell bestätigt und der hieraus resultierende Trigger Level Threshold $A_{\%}$ in % angezeigt. Dieser Wert kann im Configuration Dialog der RECORDER-Software (siehe Abbildung 3) überprüft werden.

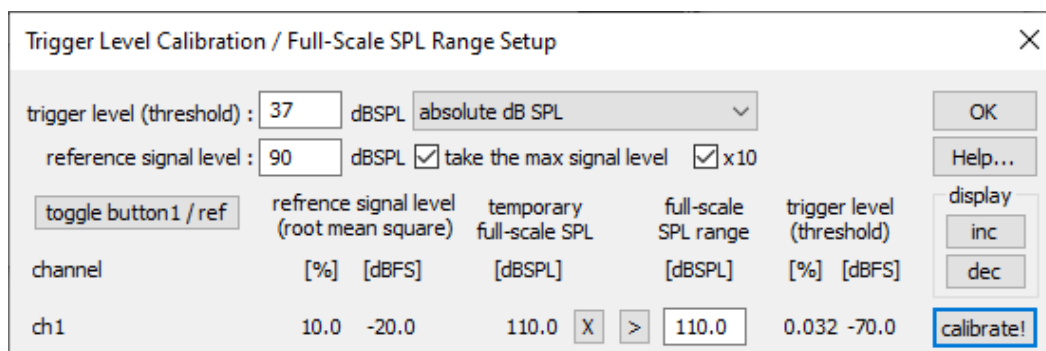


Abbildung 4: Trigger level Calibration Dialog der Software RECORDER

Allgemeines zum Trigger Level Calibration Dialog der Software RECORDER

An dieser Stelle soll zunächst an die offizielle Bedienungsanleitung der Software RECORDER von Avisoft Bioacoustics verwiesen werden, in welcher die Kalibrierung der Software für den allgemeinen Fall beschrieben ist. Sie können die Anleitung unter www.avisoft.com herunterladen.

Im Folgenden wird der Trigger Level Dialog der RECORDER-Software detailliert erläutert, um Ihnen ein möglichst breites Hintergrundwissen bezüglich der Kalibrierfunktionalität der RECORDER-Software zu geben.

Vorgaben welche vom Benutzer gemacht werden müssen:

- Trigger Level (Tthreshold) $A_{dB SPL}$ [dB SPL]: Gibt in dB SPL die Triggerschwelle $A_{dB SPL}$ an, ab welcher ein Triggerevent ausgelöst werden soll.
- Reference Signal Level L_{Ref} [dB SPL]: Gibt den Referenzschallpegel einer bekannten Schallquelle in dB SPL an, welcher als Bezugswert der Kalibrierung dient.

Durch Messung ermittelte Werte:

- Reference Signal Level (root mean square) $U_{Ref,dBFS}$ bzw. $U_{Ref,\%}$: Zeigt einen gemessenen Mikrofonausgangswert in dBFS bzw. %.

$$U_{Ref,\%} = 10^{\frac{U_{Ref,dBFS}}{20}} \cdot 100$$

Ist das Feld „take the max signal level“ aktiviert, wird der Maximalwert über den gesamten zeitlichen Verlauf, in welchem der Dialog geöffnet ist, angezeigt. Ansonsten wird der aktuelle Mikrofonausgangswert angezeigt.

Sich hieraus berechnende Werte:

- Full-scale SPL: Gibt den maximalen Schalldruckpegel L_{max} in dB SPL an, welchen das Mikrofon aufzeichnen kann, falls mit dem aktuellen Reference Signal Level U_{Ref} eine Kalibrierung durchgeführt wurde.

$$L_{max} = L_{Ref} - U_{Ref,dBFS}$$

- Trigger Level (Threshold) A_{dBFS} bzw. $A_{\%}$: Gibt den Trigger Level (Threshold) in dBFS bzw. % an, welcher nach der Kalibrierung den angegebenen Trigger Level (Threshold) $A_{dB SPL}$ in dB SPL repräsentiert. Diese Werte werden erst durch Klicken auf den „calibrate!“ Button aktualisiert.

$$A_{dBFS} = -(L_{max} - A_{dB SPL} - 3dB)$$

$$A_{\%} = 10^{\frac{A_{dBFS}}{20}} \cdot 100$$

Die -3 dB müssen hierbei subtrahiert werden, um den Reference Signal Level als RMS (root mean square) Wert in die Berechnung eingehen zu lassen.* Nach erfolgter Kalibrierung entspricht der Wert $A_{\%}$, welcher unter Trigger Level (Threshold) [%] angezeigt wird, dem Wert des Trigger Event Levels im Dialog Configuration der RECORDER-Software (siehe Abbildung 3).

*Vor RECORDER Version 4.3.02 war es aufgrund der „x10“ Verstärkungsoption notwendig, den Trigger Level (Threshold) A_{dBFS} um +20 dB zu korrigieren, damit der gewünschte Trigger Level (Threshold) $A_{dB SPL}$ erzielt wurde.

$$A_{\%} = 10^{\frac{A_{dBFS}+20dB}{20}} \cdot 100$$

