

Automatisierte akustische Aktivitätserfassung von Fledermäusen im Rotorbereich von Windenergieanlagen

Oliver Behr¹, Otto von Helversen¹, Jürgen Mages¹, Ivo Niermann², Michael Reich², Boris de Wolf³, Robert Brinkmann²

¹ Universität Erlangen – Institut für Zoologie, Lehrstuhl II

² Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung

³ ENERCON GmbH, 26603 Aurich

Korrespondenz: obehr@biologie.uni-erlangen.de

Dr. Oliver Behr
Institut für Zoologie II

Staudtstrasse 5
91058 Erlangen

Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

1. Das Forschungsvorhaben

Wir stellen hier vorläufige Ergebnisse aus der laufenden Untersuchung „Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an On-Shore-Windenergieanlagen“ vor. Es handelt sich hierbei um ein durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU - Programms zur Förderung der erneuerbaren Energien) gefördertes Forschungsvorhaben der Leibniz Universität Hannover (Institut für Umweltplanung; Prof. Dr. Reich), der Universität Erlangen (Institut für Zoologie, Lehrstuhl II; Prof. Dr. von Helversen), der Firma ENERCON GmbH sowie des Forschungsinstitut für Optronik und Mustererkennung (FOM).

Ein Ziel des Vorhabens ist es, die aktuell zur Verfügung stehenden und für unsere Fragestellung relevanten akustischen Erfassungstechniken für Fledermäuse insbesondere hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit im Rotorbereich von Windenergieanlagen zu vergleichen. Vorrangige Evaluationskriterien sind dabei die Möglichkeit eines automatisierten, dauerhaften Betriebs, die Datenqualität und die Automatisierungsmöglichkeiten beim Auslesen der Daten und bei der Rufanalyse. Das Ergebnis soll ein System sein, das bundesweit und unter möglichst geringem technischem und personellem Aufwand zur automatisierten Registrierung von Fledermäusen im Rotorbereich und am Fuß von Windenergieanlagen eingesetzt werden kann. Dies sowohl im Rahmen des eigenen Forschungsvorhabens als auch in anderen ähnlich gelagerten Untersuchungen.

2. Zielsetzung dieser Veröffentlichung

Anlass für diese Veröffentlichung sind zahlreiche Anfragen zur Einsetzbarkeit und zum technischen Aufbau akustischer Erfassungsmethoden für Fledermäuse an WEA, die uns im Laufe des ersten Jahres des Forschungsprojektes erreicht haben. Wir möchten jedoch betonen, dass es sich hierbei nicht um eine Veröffentlichung von Forschungsergebnissen im wissenschaftlichen Sinne handelt. Eine Publikation des Gerätevergleiches in einer wissenschaftlichen Zeitschrift mit einer umfassenden Darstellung der Testergebnisse wird parallel vorbereitet. Ziel dieses Textes ist dagegen, in der Form eines „Kochrezeptes“ Hinweise zur technischen Durchführung eines akustischen Monitorings zu geben. Hierdurch soll bereits in der Feldsaison 2009 ein breiterer Einsatz dieser Technik ermöglicht werden.

Da wir uns bemühen, den von uns verwendeten Aufbau und die zugehörige Anleitung weiter zu verbessern, sollte für einen Einsatz der hier dargestellten Methodik die jeweils aktuelle Version der Installationsanleitung bei uns angefragt oder herunter geladen werden (http://www.umwelt.uni-hannover.de/fledermaeuse_wea.html).

Wir versprechen uns von dieser Zusammenstellung einerseits eine bessere Datengrundlage für die Eingriffsplanung diverser durchzuführender Untersuchungen und Projekte. Darüber hinaus hoffen wir, dass durch den Einsatz des gleichen Erfassungssystems die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen leichter vergleichbar sein werden. Außerdem hoffen wir, dass durch den breiteren Einsatz der von uns verwendeten Technik unsere bisherigen Ergebnisse und Erfahrungen ergänzt, korrigiert bzw. gestützt werden.

Vorab ist anzumerken, dass die von uns durchgeführten Untersuchungen sich bislang auf Anlagen der 2 MW Klasse der Firma Enercon beschränken. In Anlagen anderer Hersteller können baulich bedingte Veränderungen des Aufbaus nötig sein. Darüber hinaus können Unterschiede bei der Anzahl aufgenommener Störungen o-

der bei der Häufigkeit von Geräteausfällen auftreten. Erfahrungen auf anderen Anlagentypen sind daher für uns von großem Interesse. **Daher unsere Bitte, uns so umfassend wie möglich über den Einsatz des hier beschriebenen Aufbaus zu informieren (s. Kontaktdaten auf Seite 1).** Unser Ziel ist dabei auch, die in unterschiedlichen Untersuchungen gewonnenen Informationen in anonymisierter Form einer zentralen Auswertung zuzuführen.

3. Akustisches Monitoring von Fledermäusen im Rotorbereich von WEA

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass auch in Mitteleuropa relevante Zahlen von Fledermäusen an WEA zu Tode kommen können. In vielen Ländern ist daher die Analyse möglicher Auswirkungen auf die lokale Fledermaus-Fauna zunehmend Bestandteil des Genehmigungsprozesses für neue WEA-Standorte. Häufig werden an bestehenden Anlagen Totfundnachsuchen durchgeführt, um die Zahl von Schlagopfern durch Windenergie-Rotoren zu quantifizieren.

Mehrere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass die tatsächliche Zahl von Schlagopfern stark unterschätzt werden kann, wenn bei den Totfundnachsuchen standortspezifische Korrekturfaktoren für absuchbare Fläche, Schwundrate und Nachsucheffizienz nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus sind Totfundnachsuchen an Standorten mit sehr hoher Schwundrate nur mit extrem großem Aufwand sinnvoll durchführbar. Alternative Methoden zur Erfassung des Kollisionsrisikos sollten daher etabliert werden.

Eine solche alternative Erfassungsmethodik ist neben anderen, meist optischen Verfahren, das automatisierte akustische Monitoring der Fledermausaktivität im Gondelbereich von WEA. Vorteil der akustischen Aktivitätserfassung ist unter anderem ein im Vergleich zu anderen Methoden geringerer personeller und technischer Aufwand und, damit verbunden, vergleichsweise geringere Kosten. Die Voraussetzung für den sinnvollen Einsatz dieser Technik ist der Nachweis einer Korrelation zwischen Totfunden und der Fledermausaktivität im Gondelbereich, dieser Nachweis ist Ziel des laufenden Forschungsvorhabens.

Durch die Automatisierung wird eine umfangreiche Datenerfassung möglich. Dies ist bei der Erfassung von Fledermäusen wichtig, da viele Fledermausarten ein häufig extrem unregelmäßiges Aktivitätsmuster zeigen, das durch wenige Beprobungen nicht erfassbar ist. Darüber hinaus erlauben akustische Aufnahmen von Fledermaus-Ortungsrufen in vielen Fällen eine Bestimmung der Tiere auf Art- oder Gattungsniveau, was mit optischen Verfahren in der Regel nicht möglich ist.

Es ist anzumerken, dass momentan für keine der genannten Erfassungsmethoden allgemeine Schwellenwerte vorliegen, die zu rechtsverbindlichen Konsequenzen bei der Planung oder beim Betrieb von WEA führen (dies gilt auch für Totfundnachsuchen). Derzeit sind entsprechende Entscheidungen und Auflagen daher von der Prüfung der jeweiligen lokalen Gegebenheiten abhängig. In unserem Forschungsvorhaben wird im Jahr 2008 ein umfangreicher Vergleichsdatensatz zur akustischen Fledermausaktivität an einer größeren Zahl von Standorten erhoben. Nach Abschluss der diesjährigen Untersuchungen soll es dann möglich sein, Aktivitätsdaten, die mit derselben (hier dargestellten) Aufnahmetechnik erhoben werden, auf einer wesentlich breiteren Grundlage zu beurteilen, als dies durch eine Untersuchung an einem Einzelstandort möglich ist.

Mehrere Untersuchungen konnten zeigen, dass die am Boden unter WEA gemessene Fledermausaktivität wenn überhaupt, dann nur sehr bedingt Aussagen über die Aktivität im Rotorbereich zulässt. Letztere ist jedoch die relevante Messgröße hinsichtlich der Gefährdung von Fledermäusen durch WEA. Sollen daher

Rückschlüsse auf die Gefährdung aus der Messung der Aktivität gezogen werden, muss letztere im Rotorbereich erfasst werden. Jedoch ist, was die technische und praktische Umsetzbarkeit der akustischen Fledermauserfassung betrifft, der Gondelbereich von WEA ein ungünstigster Einsatzort. Dies liegt einerseits an den extremen Witterungseinflüssen, die sich v. a. auf die Funktionalität der Mikrophone auswirken können. Andererseits treten je nach Anlagentyp starke elektromagnetische Felder auf, die von Störungen bei der Aufnahme bis hin zum Ausfall der Geräte führen können. Eine regelmäßige Kontrolle der Detektoren ist daher notwendig, um größere Datenausfälle zu vermeiden.

Zur Kontrolle und Wartung der Detektoren in der Gondel ist es notwendig, die WEA abzuschalten. Abschaltzeiten sind, je nach herrschender Windgeschwindigkeit und Anfahrtsweg mit mehr oder weniger hohen Ertragsausfällen und Kosten verbunden und sollten daher auf ein Minimum beschränkt werden. Günstig ist daher die Fernabfrage des Detektor-Status, mit deren Hilfe der Ausfall eines Gerätes diagnostiziert werden kann, ohne die Anlage betreten zu müssen. Ein solches System konnten wir im laufenden Forschungsvorhaben für einen von uns getesteten Detektortyp (Batcorder) entwickeln.

4. Detektoren

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden verschiedene akustische Erfassungssysteme hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit im Rahmen eines automatisierten Monitorings verglichen. Zwei dieser Systeme gelangten hierbei in eine engere Auswahl: Der Anabat SD1 (Fa. Titley Electronics) und der Batcorder (Fa. Ecoobs). Beide Systeme wurden daraufhin im Jahr 2007 für eine automatisierte akustische Fledermauserfassung an sieben über ganz Deutschland verteilten WEA-Standorten eingesetzt. Je Standort wurden jeweils zwei Anlagen im Gondelbereich mit jeweils einem Anabat SD1 und einem Batcorder parallel beprobt. Dies ermöglichte einen direkten Vergleich der Aufnahmesysteme. Zusätzlich kam pro Anlage ein Batcorder am Fuß der WEA zum Einsatz.

Sowohl Anabat SD1 als auch Batcorder lieferten in der Saison 2007 sinnvoll auswertbare Daten. Beide Systeme können daher, unter den genannten Einschränkungen und bei Beachtung bestimmter technischer Voraussetzungen, sinnvoll für ein akustisches Monitoring von Fledermäusen im Gondelbereich von WEA eingesetzt werden. Beide Geräte unterscheiden sich jedoch in einer Reihe von Eigenschaften, die sich beim Betrieb an den WEA als mehr oder weniger vor- oder nachteilig erwiesen. Im Folgenden wollen wir hierzu einen kurzen vergleichenden Überblick geben ohne dabei den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Die Qualität der Datenerfassung hing in erster Linie von drei Faktoren ab:

- a. Von der Dauer und Häufigkeit von Geräteausfällen,
- b. von der Zahl aufgenommener elektromagnetischer und akustischer Störungen
- c. von der Empfindlichkeit der Detektoren für Fledermausrufe.

Die Ausfallzeiten während unserer Untersuchungen 2007 lagen bei etwa 18 % der Gesamtlaufzeit für den Anabat SD1 und bei etwa 21 % für den Batcorder (Batcorder etwa 30.000 Aufnahmestunden mit 32 Geräten, Anabat SD1 etwa 17.000 Aufnahmestunden mit 16 Geräten – inklusive ausgetauschter Geräte). Hierbei ist zu beachten, dass die Technik der Status-Fernabfrage für den Batcorder im Jahr 2007 nur für

einen Teil der Gesamtuntersuchungszeit zur Verfügung stand. Durch diese Technik können Ausfallzeiten stark reduziert werden (s. u.).

Die Zahl aufgenommener Störungen war bei beiden Detektoren stark von der Windgeschwindigkeit abhängig und nahm ab etwa 6 ms^{-1} deutlich zu. Bei höheren Windgeschwindigkeiten lag die Zahl aufgenommener Störungen beim Anabat SD1 etwa drei bis fünfmal höher als beim Batcorder.

Die Höhe der registrierten Fledermausaktivität lag für die von uns im Jahr 2007 verwendeten Einstellungen (s. u.) beim Anabat SD1 insgesamt etwas mehr als doppelt so hoch wie beim Batcorder (mit Schwankungen insbesondere für verschiedene Fledermausarten). Wir werden daher im Jahr 2008 eine empfindlichere Einstellung des Batcorders verwenden und empfehlen dies auch in dieser Veröffentlichung. Damit dürfte der Unterschied in der Empfindlichkeit mehr als ausgeglichen werden.

Im Folgenden sollen noch einige weitere Unterschiede zwischen den beiden von uns verwendeten Erfassungssystemen hinsichtlich ihrer Relevanz für die automatisierte akustische Erfassung im Gondelbereich von WEA dargestellt werden:

Wie bereits oben dargestellt, ist die Fernabfrage des Detektor-Status eine Möglichkeit, den Ausfall eines Gerätes zeitnah zu diagnostizieren, ohne die Anlage betreten zu müssen. Ein solches System konnten wir für den Einsatz von Batcordern an Enercon-Anlagen entwickeln (s. u.). Hierdurch ist es möglich, Ausfallzeiten der Detektoren zu minimieren, ohne kostenintensive regelmäßige Kontrollen vor Ort durchführen zu müssen. Für den Anabat SD1 besteht eine solche Möglichkeit nach unserem Kenntnisstand bislang nicht. Wir prüfen derzeit die Möglichkeit einer von der WEA unabhängigen Fernabfrage der gesamten aufgezeichneten Rufe des Anabat SD1.

Die sehr unterschiedliche Qualität der Rufabtastung (500 kHz sample-Rate beim Batcorder bzw. Nulldurchgangsanalyse-Daten beim Anabat SD1) resultierte aufgrund der Rufcharakteristika der im Gondelbereich registrierten Arten zu keinen auffälligen Unterschieden in der Bestimmbarkeit der Rufe (anders als dies für am Boden aufgenommene Rufe der Fall ist).

Hierbei ist jedoch wichtig anzumerken, dass der Batcorder, auch wegen der höheren Qualität der Aufnahmen, in Verbindung mit einem vom Hersteller vertriebenen Programm (und entsprechenden Kosten für Soft- und Hardware) eine weitgehend automatisierte Analyse der aufgenommenen Rufe ermöglicht. Wegen der extremen akustischen und elektromagnetischen Störungen wurden zwar auch hier die automatisiert bestimmten Sequenzen manuell überprüft. Insgesamt reduzierte sich jedoch für unseren Datensatz der Aufwand für Rufanalyse und -bestimmung durch die automatisierte Analyse der Batcorder-Daten stark.

Die Batcorder sind bei der Auslieferung auf eine maximale Ruflautstärke von 96 dB kalibriert. Die minimale Lautstärke aufzunehmender Sequenzen kann dann in einem gewissen Bereich auf definierte Werte eingestellt werden (Wir haben 2007 die vom Hersteller empfohlene Empfindlichkeit von -27 dB verwendet, werden diese jedoch im Jahr 2008 auf -36 dB erhöhen). Bei einigen der Batcorder verringerte sich im Laufe der Aufnahmeperiode 2007 die Empfindlichkeit, was vermutlich mit Witterungseinflüssen auf das Mikrofon zusammen hing und in Ausfallzeiten der entsprechenden Rekorder resultierte. Auch für solche Fälle der Empfindlichkeitsverringering ist das regelmäßige Abspielen eines Testsignals notwendig (s. u.). Aus demselben Grund sollten auf jeden Fall nach einer Messperiode die Geräte einer erneuten Kalibrierung unterzogen und deren Ergebnisse mit denen vor der Messperiode verglichen werden.

Die Anabat SD1 sind bei der Lieferung nicht kalibriert und zeigen unserer Erfahrung nach gewisse Schwankungen in der Empfindlichkeit (siehe auch Larson und

Hayes 2000). Um mit verschiedenen Geräten gemessene Aktivitäten vergleichen zu können, ist es daher wichtig, die Geräte vorher zu „kalibrieren“, d. h. mit einem Ultraschallgeber und dem „SENSITIVITY“ Knopf auf eine vergleichbare Empfindlichkeit zu justieren (Larson und Hayes 2000). Wir haben für die Datenerfassung 2007 eine „SENSITIVITY“ von fünf bis sechs (je nach Empfindlichkeit des jeweiligen Gerätes) verwendet. Eine Veränderung dieses Wertes dürfte starke Auswirkungen auf die Zahl registrierter Rufe und Störungen haben. Es hat sich in unseren Untersuchungen als vorteilhaft erwiesen, den „SENSITIVITY“ Knopf nach der „Kalibrierung“ z. B. durch einen Tropfen Heißkleber zu fixieren, um ein unbeabsichtigtes Verstellen der Empfindlichkeit zu verhindern. Für die Anabat SD1 wurden etwaige Änderungen der Empfindlichkeit im laufenden Betrieb bislang nicht von uns geprüft. Eine Überprüfung der Kalibrierung nach der Messperiode erscheint jedoch auch hier auf jeden Fall ratsam!

5. Installation der Geräte

Die Firma ENERCON, der Projektträger Jülich, die Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, die Leibniz Universität Hannover und alle weiteren am Projekt beteiligten Parteien und Personen sind weder für einen ordnungsgemäßen Betrieb der Detektoren haftbar, noch für Schäden aller Art, die von der Installation (bei Fremdinstallation), dem Vorhandensein oder dem Betrieb dieser Geräte ausgehen können.

Im Folgenden werden im Wesentlichen die von uns verwendeten Installationsanleitungen für die beiden verwendeten Detektortypen wiedergegeben.

Für die Installation der Geräte und die hier beschriebenen Veränderungen an der WEA-Gondel (Bohren von Löchern) ist unbedingt ein Einverständnis des Windparkbetreibers und des Anlagenherstellers nötig. Die beschriebene Art der Installation ist auf GFK-Gondeln für Windkraftanlagen der so genannten „2 MW-Klasse“ des Herstellers ENERCON abgestimmt, wenn sie in Begleitung und unterstützt durch ein ENERCON Service-Team durchgeführt wird. Der Aufbau sollte schon alleine aus Sicherheitsgründen von einem geschulten Service-Team der Firma ENERCON durchgeführt werden (das Bohren kann nur durch ENERCON-Techniker erfolgen - beim Bohren der Löcher sollten Staubschutzmasken getragen werden). Da der Gondelaufbau eine ständige Weiterentwicklung erfährt, kann der ENERCON-Service angemessen und unter Wahrung der Sicherheitsaspekte auf Veränderungen im Gondeldesign reagieren! Von Bohrungen am Turm (Stahl- sowie Betonturm) ist unbedingt abzusehen! Wichtig ist, beim Aufbau in ENERCON-Anlagen die in der Aufbauanleitung genannten Hinweise zu beachten. Über Produkte anderer Hersteller können wir keine Angaben machen.

Der Aufbau besteht jeweils aus dem Detektor, der Stromversorgung und einem Akku (zur Pufferung von Stromausfallzeiten) mit zugehörigem Ladegerät (das Ladegerät wird über eine Zeitschaltuhr nur außerhalb der Aufnahmezeiten, also tagsüber angeschaltet, um eine Übertragung von Störungen auf die Detektoren zu vermeiden). Um die Funktionalität des Aufbaus bei der Installation und im Betrieb zu testen, verwenden wir als Ultraschallgeber einen „Marderschreck“. Auch für diesen sind eine Stromversorgung und eine Zeitschaltuhr nötig.

Folgende Teile des Aufbaus müssen vom jeweiligen Hersteller modifiziert oder installiert werden:

1) Batcorder

Die von uns eingesetzten Batcorder entsprechen nicht der normalerweise angebotenen Ausführung der Geräte. Für den Einsatz an den WEA ist eine Änderungen in der Stromversorgung und im Mikrofon-Aufbau nötig. Außerdem muss für die Status-Fernabfrage eine zusätzliche Platine und zusätzliche Anschlüsse eingebaut werden. Rückfragen hierzu bitte an den Hersteller richten.

2) Datenlogger zur Fernabfrage des Batcorder-Status in Enercon Anlagen

Für die Abfrage des Detektor-Status ist der Einsatz eines Datenloggers nötig, der von der Firma Enercon angeboten wird. Die Status-Informationen des Batcorders werden über zusätzliche Kabel an diesen Datenlogger übergeben. Zur Verfügbarkeit und zu den Kosten des Datenloggers wenden Sie sich bitte an die Firma Enercon.

Folgende Teile des Aufbaus wurden von uns hergestellt oder verändert und sind in dieser Form nicht käuflich zu erwerben. Rückfragen hierzu können ggf. an uns gerichtet werden (Kontaktdaten siehe Seite 1):

1) Schaumstoffring um das Mikrofon des Anabat SD1

Es handelt sich hierbei um einen Ring (Außendurchmesser 102 mm, Innendurchmesser 43 mm) den wir um das Mikrofon des Anabat SD1 angebracht haben, um das Mikrofon im Boden der WEA-Gondel einpassen zu können, ohne dass sich Schwingungen des GFK direkt auf das Mikrofon übertragen können.

Material: Schall adsorbierender Schaumstoff „Basotect Plan“ in der Dicke 30 mm (zu beziehen z. B. über www.emo-schaumstoffe.de) oder vergleichbares Produkt anderer Hersteller

2) Schaumstoffring um das Mikrofon des Batcorders

Wir verwenden hierbei eine etwas aufwändigere Anordnung verschiedener Schaumstoffringe (Außendurchmesser 102 mm) auf einer PVC-Platte, die einerseits eine akustische Abschirmung des Mikrofons zur Gondel hin, andererseits einen gewissen Schutz vor Witterungseinflüssen und schließlich eine optimale Empfindlichkeit des Mikrofons ermöglichen soll. Einfachere Konstruktionen sind evtl. auch sinnvoll einsetzbar, wurden von uns jedoch nicht getestet.

Material: Schall adsorbierender Schaumstoff „Basotect Plan klebend“ in der Dicke 30 mm (zu beziehen z. B. über www.emo-schaumstoffe.de) oder vergleichbares Produkt anderer Hersteller

3) Befestigungen für die Detektoren

Wir verwenden zur Befestigung der Detektoren eine Platte bzw. Winkel aus PVC (nicht aus Metall, um Antennen-Effekte zu vermeiden) mit aufgeklebtem doppelseitigem Klebeband.

4) Schablonen zum Anzeichnen der notwendigen Bohrungen

Vorgezeichnete Schablonen Beschleunigen und Vereinfachen die Installation sehr.

5) Kupplungen

Viele Teile des Aufbaus müssen mit zueinander passenden und erschütterungsresistenten Kupplungen und Kabeln versehen werden.

Folgende handelsüblichen Teile und Materialien wurden von uns für den Aufbau verwendet (in der Regel können sicherlich auch vergleichbare Produkte anderer Hersteller eingesetzt werden – Stand Frühjahr 2008):

1) Marderschreck – Ultraschall Testsignal

z. B. Fa. Conrad Electronic SE; KFZ-Marderschreck; Best. Nr. 848697 oder vergleichbares Produkt anderer Hersteller

Das hier genannte Gerät erzeugt ein cf-Signal von hinreichender Lautstärke bei etwa 21 kHz, mit einer Signalstruktur, die von beiden Detektoren aufgenommen wird. Bei unserem Aufbau für den Batcorder wird der Marderschreck so installiert, dass der Schalldruckpegel des Signals etwa 6 dB (also doppelter Minimalschalldruck) über der Aufnahmeschwelle liegt (d. h. bei etwa -30 dB relativ zur Maximalamplitude des Detektors wenn als Schwelle -36 dB eingestellt ist). Der Schalldruckpegel sollte nicht zu weit über der Aufnahmeschwelle liegen, um eine Empfindlichkeitsabnahme des Detektors diagnostizieren zu können. Bei Verwendung des von uns angegebenen Marderschrecks und eines Netzteils mit verstellbarer Ausgangsspannung kann der Schalldruckpegel innerhalb eines bestimmten Bereichs über die Versorgungsspannung des Marderschrecks am Netzteil justiert werden (etwa 12 dB bei 3 V bis 12 V Versorgungsspannung).

Um Verwechslungen mit Fledermausrufen zu vermeiden, sollte das Testsignal des Marderschrecks nur tagsüber abgespielt werden (beim Ausschalten des Marderschrecks werden teilweise sehr fledermausähnliche Signale ausgesendet). Verschiedene Marderschrecks desselben Typs können sich im Signaltyp und in der Lautstärke unterscheiden – daher auf Funktionalität auf jeden Fall prüfen! Auch wenn ein anderer Ultraschallgeber verwendet wird, sollte natürlich sichergestellt sein, dass er von den verwendeten Detektoren registriert wird.

2) Zeitschaltuhr

z. B. Fa. Conrad Electronic SE; Digitale Zeitschaltuhr; Best. Nr. 616001 oder vergleichbares Produkt anderer Hersteller

Für den Marderschreck sollte das minimale Schaltintervall bei maximal einer Minute liegen, da sonst zu viele Testsignale die Karte füllen. Darüber hinaus sollten die Uhren über eine hinreichende Laufgenauigkeit verfügen, um sich im geplanten Kontrollintervall (z. B. 4 Wochen) nicht nennenswert zu verstellen. Nötig ist außerdem eine Uhren-interne Stromversorgung bei Stromausfall (über Kondensator oder Batterie)

3) Blei-Akku 6V; 3,4 Ah für Batcorder

z. B. Fa. Conrad Electronic SE; Akku Blei 6 V 3,4 Ah; Best. Nr. 255408 oder vergleichbares Produkt anderer Hersteller

4) Blei-Akku 12V; 7,2 Ah für Anabat SD1

z. B. Fa. Conrad Electronic SE; Akku Blei 12 V 7,2 Ah oder vergleichbares Produkt anderer Hersteller

5) Ladegerät für Blei-Akku

z. B. Fa. Conrad Electronic SE; Bleibatterielader AL600Plus; Best. Nr. 512315 oder vergleichbares Produkt anderer Hersteller

Das Gerät kann auf 6 V (Batcorder) oder 12 V (Anabat SD1) Akkus eingestellt werden.

6) Stecker-Netzteil für Marderschreck

z. B. Fa. Conrad Electronic SE; Umschaltbares Steckernetzgerät UPA2000; Best. Nr. 511613 oder vergleichbares Produkt anderer Hersteller

Bei Verwendung des von uns angegebenen Marderschrecks und eines Netzteils mit verstellbarer Ausgangsspannung kann der Schalldruckpegel innerhalb eines bestimmten Bereichs (etwa 12 dB) über die Versorgungsspannung des Marderschrecks am Netzteil justiert werden.

7) Steckerleiste mit Überspannungsschutz und Netzfilter

z. B. Fa. Popp; Steckerleiste adaptus safety, 5-fach; Best. Nr. 657 985 oder vergleichbares Produkt anderer Hersteller

Die Steckerleiste sollte über einen Netzfilter und einen Überspannungsschutz verfügen.

8) Speicherkarte SDHC für Batcorder

z. B. Fa. SanDisk; Ultra II SDHC 8 GB oder vergleichbares Produkt anderer Hersteller

9) Speicherkarte CF für Anabat SD1

z. B. Fa. SanDisk, CompactFlash; Ultra II 2 GB oder vergleichbares Produkt anderer Hersteller

6. Literatur

Larson, D. J. und J. P. Hayes (2000). "Variability in sensitivity of Anabat II bat detectors and a method of calibration." Acta Chiropterologica **2**(2): 209-213.