

Mit WKA Fledermausmonitoring die Umwelt schützen

Ökonomische und technische Betrachtungen zum Monitoring der Fledermausaktivität in Windkraftanlagen (WKA) im Jahr 2019

Von Ineichen S., Gumprich M., Meyer M., Koller D., Elekon AG

Im letzten Jahr hat sich die Arbeit für Biologen und Gutachter im Bereich Windkraft-Fledermausmonitoring massiv vereinfacht. Das Internet of Things (IoT) hielt Einzug ins Fledermausbusiness. Es kamen vernetzte Geräte auf den Markt, welche eine kontinuierliche Fernüberwachung ermöglichen und sogar die Rohdaten (Ultraschallaufnahmen) lassen sich nun direkt auf den eigenen Computer laden, ohne mühsam SD-Karten einsammeln zu müssen.

Das eröffnet ganz neue Möglichkeiten, etwa auch für kleinere Betriebe oder weiter entfernte Standorte, ein Monitoring anzubieten, denn die früher nötigen Reise-tätigkeiten fallen zu einem grossen Teil weg. Noch vor kurzem musste man regelmässig die SD-Karten mit den Aufnahmen aus der Gondel holen. Einerseits um den Zustand des Aufnahmegerätes zu prüfen aber auch, um die Aufnahmen auf den Rechner zu kopieren und damit die Auswertung im Büro machen zu können. Das hiess oft eine weite Anreise, Koordination mit dem WKA-Betreiber, die Anlage muss abgeschaltet werden,

wenn jemand in die Gondel hochsteigt, und zudem konnte man erst vor Ort, oder noch schlimmer, erst zurück im Büro bei der Auswertung, erkennen, ob noch alles richtig funktioniert. Durch Mobilfunk-Flatrates, Cloud und Mikrokontrollertechnologie ist es heute möglich, all das vom Schreibtisch aus zu erledigen. Die Gutachter können sich hierbei auf wertvollere Feldarbeit beschränken und Emissionen durch Autofahrten nachhaltig reduzieren.

Wir wollen anhand einer Beispielinstallation betrachten, wie man eine solche Installation plant und betreibt und dabei die wichtigsten technischen und wirtschaftlichen Punkte beachtet. Es soll eine Windenergieanlage (2.5 MW, 80 m Nabenhöhe) in 150 km Entfernung mit einem BATLOGGER WE X für zwei Jahre ausgerüstet werden und die Fledermausaktivität und vorkommende Arten bestimmt werden. Als Vergleich soll eine Installation mit BATLOGGER C und SMS-Benachrichtigung herhalten.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-----------------------------------|---|
| Technische Seite..... | 2 |
| Benötigte Komponenten..... | 2 |
| Regulatorisches..... | 2 |
| Ausfallsicherheit..... | 2 |
| Fernwartung..... | 4 |
| Optionen..... | 4 |
| Vergleich Gerätetypen..... | 5 |
| Wirtschaftliche Seite..... | 5 |
| Anschaffung und Installation..... | 6 |
| Wegkosten..... | 6 |
| Laufende Kosten..... | 6 |
| Total..... | 7 |
| Fazit..... | 7 |



Technische Seite

Ultraschallrufe von Fledermäusen in der rauen Umgebung einer WKA dauerhaft und brauchbar aufzunehmen bringt schon ein paar Herausforderungen mit sich. In der Gondel herrschen kritische Bedingungen bezüglich Klima, EMV und Lärm. Diesen Einflüssen sind nur wenige Systeme auf dem Markt wirklich gewachsen. Auf der Aussenseite, beim Mikrofon, kann es von Eisstürmen bis Sommerhitze alle denkbaren Wettersituationen geben. Zudem ist das ganze nur schwer zugänglich, man kann nicht einfach mal schnell etwas korrigieren. Es ist daher essenziell, die Installation penibel zu planen und alle wichtigen Punkte zu beachten.

Benötigte Komponenten

Echtzeitultraschallaufzeichnungsgeräte gibt es mittlerweile diverse, für unseren Einsatzzweck brauchbare aber nur wenige. Klar kann man theoretisch auch mit einem Handgerät arbeiten, sofern es eine dauerhafte Stromversorgung unterstützt, es ist dann aber ziemlich sicher einiges an Bastelei nötig und die Ausfallsicherheit ist kaum gegeben (siehe unten). Deshalb sollte dafür vorgesehene Equipment eingesetzt werden. Dieses bringt alle benötigten Komponenten mit oder es lässt sich durch Zubehör WKA-tauglich machen.

Benötigt wird (zwingend):

- Mind. 1 Ultraschallmikrofon mit Befestigung/Durchführung an der Gondelaussenseite
- Mikrofonüberwachung
- Aufzeichnungsgerät mit automatischer Aufnahmefunktion (Trigger), Speicher für mehrere Monate, Zeitsteuerung
- Dauerhafte Stromversorgung

Optional

- Fernüberwachung
- Rohdatentransfer
- Weitere Sensoren für Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck



Regulatorisches

Im Rahmen von Renebat III wurde ein Laborverfahren entwickelt, welches es erlauben soll, die mit einem Detektor gemessene Fledermausaktivität in die Aktivität umzurechnen, die mit einem anderen Detektor gemessen worden wäre [1]. «Eine ähnliche Methode, wenn gleich auch mit einem wesentlich kleineren Datensatz von synthetischen Rufen, wurde bereits von ADAMS et al. (2012) verwendet.»

Gemäss dieser Aussage kann davon ausgegangen werden, dass der Vergleich der Detektortypen und die daraus resultierenden Ergebnisse gemäss ADAMS nicht infrage gestellt wird. Weiter schreiben die Autoren, dass Ihre Methode neue Einstellungen oder neue Geräte auf dem Markt, vergleichbar auf den Bezug des Aktivitätsniveaus machen kann.

Leider steht das Messverfahren anscheinend nicht allen Herstellern zur Verfügung. Die BATLOGGER können nicht vermessen werden, da der Versuchsaufbau nicht mehr zur Verfügung stehen.

Vor der Vermessung der Aktivitäten mit BATLOGGER-Produkten ist daher das Gespräch mit den Genehmigungsbehörden zu suchen. Gegebenenfalls sind vorab Vergleichsmessungen am Standort vorzunehmen.

Ausfallsicherheit

Durch die schlechte Zugänglichkeit in der Gondel sollten alle Vorkehrungen, welche die Ausfallsicherheit erhöhen, beachtet und wenn irgend möglich umgesetzt werden.

Um die geforderte Anzahl Aufnahmetage zu erfüllen ist eine kontinuierliche Überwachung unabdingbar. Damit man nicht wöchentlich zum Gerät muss, ist zumindest eine Statusbenachrichtigung notwendig. Besser ist jedoch eine Fernwartungsmöglichkeit, welche auch Veränderungen an den Einstellungen zulässt um z. B. die Triggerempfindlichkeit anzupassen, falls zu viele Störungen aufgenommen werden. Je nach WKA Anlagentyp ist es im Voraus nur schwer abschätzbar wie hoch die akustischen und elektrischen Störungen im Betrieb sind und ob dadurch unerwünschte Aufnahmen ausgelöst werden. Es sollte also möglich sein, ein paar Tage nach der Installation, die Aufnahmen auszuwerten, oder zumindest zu prüfen ob unverhältnismässig viele

Aufnahmen gemacht wurden und falls nötig die Einstellungen anzupassen.

Falls die Stromversorgung in der Gondel ausfallen sollte, ist es notwendig, dass das Gerät nicht einfach ausfällt. Es sollte zumindest wieder automatisch hochfahren und weiterarbeiten, wenn der Strom wieder anliegt. Besser ist aber, wenn das Gerät eine gewisse Zeit ohne externe Stromversorgung auskommt und, falls nötig, alarmiert und geordnet herunterfährt. Dies bedingt eine sogenannte unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV). Zu beachten sind auch alle Steckverbindungen. Diese sollten gegen Ausfall durch Vibration gesichert sein. Standard sind heute geschraubte Stecker in Industriequalität. Um die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) sicherzustellen, sollte das Gerät ein Metallgehäuse haben und korrekt geerdet sein.

Der schlimmste Fall wäre wohl ein kompletter Datenverlust. Es wäre mehr als ärgerlich, wenn man nach x Monaten die Daten vom Gerät holen will und diese unbrauchbar sind oder der Datenträger defekt ist. Um dieses Risiko zu minimieren, sollten nur Datenträger eingesetzt werden, welche ohne bewegliche Teile auskommen und sich nicht aus der Halterung lösen können, da es in der Gondel zu starken Vibrationen kommen kann. Zudem sollte genügend Speicherplatz vorhanden sein, um die über Monate anfallenden Daten speichern zu können, also sicher 64 GB und mehr. Um das Risiko weiter zu mindern, sollten die Daten möglichst rasch vom Gerät weg auf ein weiteres Medium kopiert werden. Dies bedingt eine dauerhafte Internetverbindung mit genügend Datenvolumen und entsprechend auf der Gegenseite eine (Server-)Infrastruktur, um die Daten entgegenzunehmen.

Die schwächste Stelle beim akustischen Fledermausmonitoring ist das Mikrofon. Es muss einerseits sehr empfindlich sein um die teilweise sehr leisen Ultraschalllaute überhaupt aufnehmen zu können und andererseits

es muss es den harten Wetterbedingungen auf > 80 Metern Höhe über Boden dauerhaft standhalten. Diese gegensätzlichen Anforderungen lassen sich nur teilweise umsetzen und es kommt daher in der Praxis leider immer wieder zu Mikrofonddefekten oder verminderter Audio-Empfindlichkeit. Um dem etwas entgegenzusetzen, gibt es momentan zwei Möglichkeiten: Mikrofontests und Redundanz.

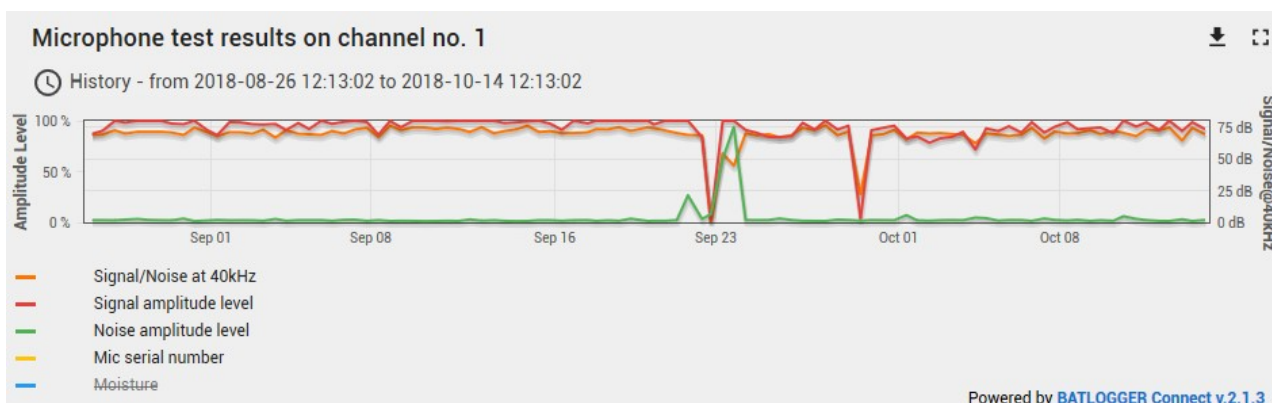
Mikrofontest

Ein funktionierendes Mikrofon hat ein möglichst hohes Signal/Rausch-Verhältnis (SNR). Um dieses zu messen, gibt es Mikrofonhalterungen mit eingebautem Signalgeber. Diese senden periodisch, z. B. einmal am Tag vor der Aufnahmezeit, ein Ultraschallsignal, welches mit dem Mikrofon aufgezeichnet wird. Das Gerät kann dadurch das SNR ermitteln und falls dieses unter einen bestimmten Wert fällt, alarmieren. Ein tiefes SNR kann verschiedene Ursachen haben. Das Mikrofon kann etwa durch Regen nass sein, der Umgebungslärm ist während des Tests sehr hoch oder das Mikrofon ist dauerhaft defekt. Daher muss das SNR über einen längeren Zeitraum beobachtet werden. Vielfach «erholt» sich der Wert wieder, wenn das Mikrofon trocknet oder die Bedingungen besser sind. Hilfreich ist hier also eine Grafik, welche den SNR-Verlauf über die Zeit aufzeigt und es sich so abschätzen lässt, ob man eingreifen muss.

Zudem sollte man das Mikrofon periodisch im Labor überprüfen (kalibrieren) lassen, etwa zwischen zwei Einsätzen.

Redundante Mikrofone

Falls das SNR des Mikrofons auch nach ein paar trockenen und warmen Tagen nicht mehr hoch genug kommt, ist das Mikrofon wahrscheinlich defekt und muss ausgetauscht werden. Dies bedeutet ja aber einen enormen Aufwand. Um diesen zu vermeiden, kann



man ein zweites oder sogar noch mehr Mikrofone installieren. Dies senkt die Ausfallwahrscheinlichkeit beträchtlich, insbesondere wenn sie an verschiedenen Orten an der Gondel platziert werden.

Um mehrere Mikrofone zu betreiben, muss das Gerät mehrkanalfähig sein. Um den Auswertungsaufwand klein zu halten, ist es meist sinnvoll nur ein Mikrofon gleichzeitig eingeschaltet zu lassen und erst bei Ausfall auf das zweite zu wechseln, auch wenn Mehrkanalaufnahmen evtl. weitere Informationen etwa zur Entfernung oder Flugrichtung ermöglichen. Natürlich ist der initiale Aufwand für zwei oder mehr Mikrofone entsprechend höher, spätestens beim ersten Ausfall zahlt sich die Weitsichtigkeit aber aus.

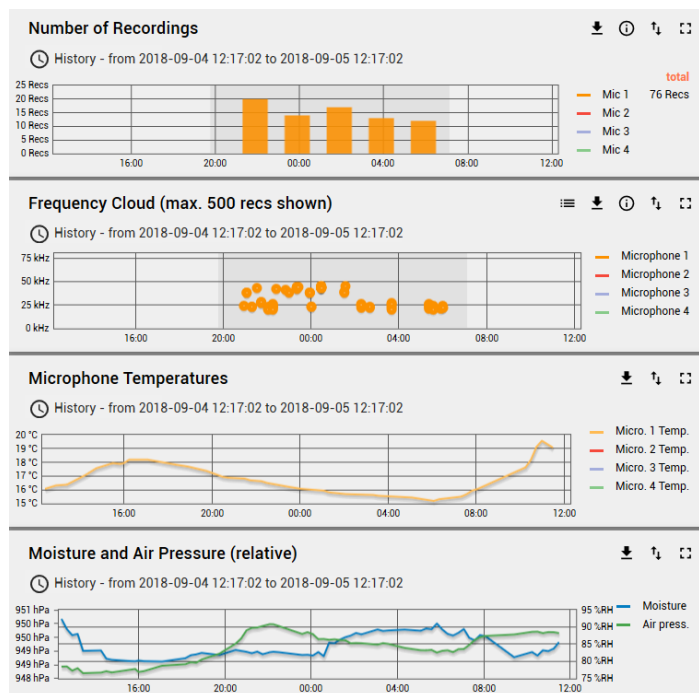
Platzierung der Mikrofone

Bei der Auswahl eines geeigneten Platzes für die Mikrofondurchführung sind verschiedene Dinge zu beachten. Einerseits muss eine genügend gute Audioqualität gegeben, andererseits muss die Montage praxistauglich sein. Für eine gute Akustik wäre es nötig, das Mikrofon möglichst weit weg von Störgeräuschen zu platzieren und auf den Bereich wo Fledermäuse zu erwarten sind auszurichten. Dabei spielt auch die Nabenhöhe eine Rolle, je höher, desto geringer die Wahrscheinlichkeit das sich Tiere oberhalb aufhalten. Zudem sollte auch die Witterung mit in die Planung einfließen. Direkter Regen auf ein Mikrofon, welches nach oben zeigt, hilft nicht die Lebensdauer zu verlängern. Häufig ist es in der Realität aber nicht möglich einfach irgendwo ein Loch mit 50 mm Durchmesser in die Gondel zu bohren. Daher bietet sich oft eine Bohrung im hinteren Teil der Gondel, etwa in der Nähe der Serviceluke Richtung Boden an. Bei der Installation muss unbedingt sichergestellt sein, dass weder Anlage noch Personen, z. B. durch herumliegende Kabel, beeinträchtigt werden [2]. Wenn ein zweites Mikrofon installiert werden kann, sollte dies nach Möglichkeit an einer etwas anderen Stelle erfolgen, wo vielleicht etwas mildere Wetterbedingungen herrschen.

Fernwartung

Nur eine dauerhafte Überwachung des Gerätezustandes ermöglicht einen zuverlässigen Betrieb über Monate hinweg. Das kann eine simple Statusnachricht jeden Tag sein oder aber eine ausgewachsene Fernwartungs-

lösung wie BATLOGGER Connect. Letztere bietet deutlich mehr Möglichkeiten und erlaubt es, falls nötig vom Schreibtisch aus einzugreifen. Was die Sache richtig interessant macht, ist der Transfer der Aufnahmen vom Gerät auf den Computer. Dabei werden die Daten vom Gerät automatisch auf einen Cloudserver hochgeladen, von wo aus sie dann bequem wieder auf den eigenen PC heruntergeladen werden können. Man muss sich also nicht um Datentransfer, Backup und Serverinfrastruktur kümmern. Damit lässt sich dann nicht nur laufend die Aufnahmequalität überprüfen, sondern parallel auch gleich die Auswertung starten. Es ist sicher komfortabler, wenn man Datenanalyse und Klassifizierung tage- bzw. wochenweise erledigen kann, als alle 3 Monate vor einem riesigen Berg an Aufnahmen zu stehen. Auch die vielen Darstellungen und Diagramme von BATLOGGER Connect bieten einen echten Mehrwert und ersparen einem eine Menge eigener Aufbereitungsarbeit.



Optionen

Bei Rotorhöhen über 100 m, kann es sinnvoll sein auf mehreren verschiedenen Höhen aufzunehmen. Dafür kann man ein BATLOGGER WE X2 oder X4 mit Verlängerungskabeln und speziellen Mikrofon-Turmdurchführungen entsprechend erweitern.

Mit etwas zusätzlicher Logik wäre es auch denkbar, bei Fledermausaktivität, die Windkraftanlage automatisch abzuschalten. Die Schnittstellen dazu sind jedenfalls vorhanden.

Vergleich Gerätetypen

| | BATLOGGER C | BATLOGGER WE X |
|------------|--|--|
| Vorteile: | SMS/Email Statusnachrichten | Dauerhafte Fernüberwachung und Alarmierung (BATLOGGER Connect) |
| | Gondelhalterung als Zubehör | Gondelhalterung |
| | Temperatursensor | Zusätzliche Sensoren |
| | USV bis zu 10 Tage | USV bis zu 2h mit Alarmierung |
| | Mikrofontest als Zubehör | Mikrofontest |
| | | Industriestandard tauglich (EMV) |
| | | Rohdatentransfer (WAV) möglich |
| | | Mehrkanalfähig, bis 4 Mikrofone |
| Nachteile: | Nur ein Kanal möglich | |
| | Keine Fernwartung | |
| | Nur bedingt für Industrieumgebungen tauglich (EMV) | |

Wirtschaftliche Seite

In vielen Ländern ist es vorgeschrieben die WKAs in bestimmten Zeiten komplett abzuschalten um Fledermäuse und Vögel zu schützen [3]. Durch ein langfristiges Aktivitätsmonitoring können diese Abschaltzeiten oft massiv verkürzt werden. Dies bringt einen direkten wirtschaftlichen Nutzen für den Anlagenbetreiber, in der Regel ist dieser viel höher, als der Aufwand für das Monitoring war. Zum ökonomischen Vorteil kommt auch noch ein ökologischer hinzu: Ein höherer Stromertrag bedeutet schlussendlich weniger andere Kraftwerke, seien das andere Windkraftanlagen oder schlimmer noch fossile Anlagen.

Da die Fledermausaktivität sehr standortabhängig ist, muss das Monitoring für jede Anlage individuell gemacht werden. Je nach Anlagentyp und -größe sind dabei unterschiedliche Faktoren zu beachten. Wir wollen hier den Aufwand für eine typische Anlage abschätzen.

Für die Kostenschätzung treffen wir folgende Annahmen:

- Equipment: [Wigum GmbH](#) (Ende 2018)
- Arbeitsansatz: 65 €/h [4]
- Wegkostenpauschale: 0.55 €/km [4]
2 × 150 km, 4 h ⇒ 425 € pro Einsatz
- Betrieb über 2 Jahre
- Rohdaten mindestens einmal pro Quartal holen
- Ein Mikrofontausch
- Alle Preise in € ohne MwSt.

Wir gehen in unserer Betrachtung von nur einer Serviceperson aus, auch wenn viele Installationsarbeiten zu zweit einfacher wären. Zudem ist es nicht angebracht/erlaubt alleine in eine WKA-Gondel zu gehen. Es ist also tendenziell eher mit höheren Einsatzkosten zu rechnen, was Investitionen in höhere Ausfallsicherheit weiter rechtfertigt.

Anschaffung und Installation

| | BL C | BL WE X1 | BL WE X2 |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Gerät Inkl. Mikrofon(e), Stromversorgung, Sensoren | 1740 | 2273 | 2907 |
| Installation (ohne Anfahrt) 15 min hoch/runter, 30 min pro Mik., 15 min Gerät, 15 min Verkabelung, 15 min Test | 98 | 98 | 130 |
| Zubehör | | | |
| Mikrofonhalterung inkl. Tester | 227 | Inkl. | Inkl. |
| SIM-Karte | 20 | Inkl. | Inkl. |
| Total | 2085 | 2371 | 3037 |

Ein BATLOGGER WE Gerät ist in der Anschaffung ein wenig teurer, auch wenn alles benötigte Zubehör

bereits mitgeliefert wird. Ob sich dieser Mehraufwand auszahlt, muss sich in den laufenden Kosten zeigen.

Wegkosten

| | BL C | BL WE X1 | BL WE X2 |
|-------------------------------|-------------|------------|------------|
| Installation | 425 | 425 | 425 |
| Rohdaten holen, alle 3 Monate | 3400 | - | - |
| Mikrofonwechsel | 425 | 425 | - |
| Total | 4250 | 850 | 425 |

Jeder Service vor Ort kostet eine Menge Geld und noch mehr Zeit, welche für bessere Zwecke, etwa für die Datenauswertung und Artbestimmung, genutzt werden könnte. Besonders bei weiter entfernten Standorten kommt man schnell auf Summen welche über den Anschaffungskosten liegen, sobald man mehr als ein-/zweimal pro Jahr hinmuss. Hier macht sich eine ausgereifte Fernwartungslösung schnell bezahlt und daher

werden die Wegkosten hier auch separat aufgelistet. Das regelmässige Abholen der Daten ist sehr wichtig da sonst bei einer möglichen längeren Datenlücke durch Ausfall oder Defekte das Monitoring um ein weiteres Jahr verlängert werden muss, was natürlich weitere Kosten nach sich zieht und in dieser Zeit die Abschaltzeiten noch nicht optimiert werden können.

Laufende Kosten

| | BL C | BL WE X1 | BL WE X2 |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Fernüberwachung, 1 min/Tag×365×2 | 791 | 791 | 791 |
| Mobilfunkvertrag, 10€/m×24 | 240 | Inkl. | Inkl. |
| BATLOGGER Connect Silver | n/a | 614 | 614 |
| Rohdaten holen, alle 3 Monate, 30 min Arbeit | 260 | - | - |
| Mikrofonwechsel, Ersatzmikrofon und Arbeit | 158 | 259 | - |
| Total | 1449 | 1664 | 1405 |

Die Geräte sollten immer etwas im Auge behalten werden, um mögliche Probleme frühzeitig zu erkennen und Serviceeinsätze dadurch besser planen zu können. Denn vielfach muss für einen Einsatz in der Gondel auch der WKA-Betreiber mitspielen oder es muss sogar Servicepersonal vom Anlagenhersteller mithelfen.

Die bessere Übersicht und Zusatzinformationen, welche BATLOGGER Connect gegenüber einer einfachen SMS/Email-Benachrichtigung bietet, lässt sich nur schwer monetär beziffern. Wir gehen daher von den gleichen Kosten für alle Geräte aus. Sobald aber meh-

rere Geräte im Einsatz sind, bietet die Cloudlösung enorme Vorteile.

Was in unserer Betrachtung hier fehlt, sind die Kosten für die Datenauswertung. Der Aufwand diesbezüglich hängt sehr stark von der Erfahrung der Auswerteperson

und auch von der Menge der Aufnahmen am jeweiligen Standort ab. Erfahrungsgemäss kann eine detaillierte Auswertung, das heisst Bestimmung der Art oder zumindest Gattung/Gruppe, mit den heute verfügbaren Softwarelösungen, im Bereich von 5 bis 30 Sekunden pro Aufnahme erledigt werden.

Total

| | BL C | BL WE X1 | BL WE X2 |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Anschaffung und Installation | 2085 | 2371 | 3037 |
| Wegkosten | 4250 | 850 | 425 |
| Laufende Kosten | 1449 | 1664 | 1405 |
| Total | 7784 | 4885 | 4867 |

Zieht man über zwei Jahre Bilanz, so macht sich die höhere Anfangsinvestition für einen BATLOGGER WE X2 bezahlt. Wenn man das Gerät danach in einer weiteren Anlage einsetzen kann, spielen die Gerätepreise höchstens noch eine Nebenrolle. Insbesondere die Wegkosten können schnell ein Vielfaches der Ein-

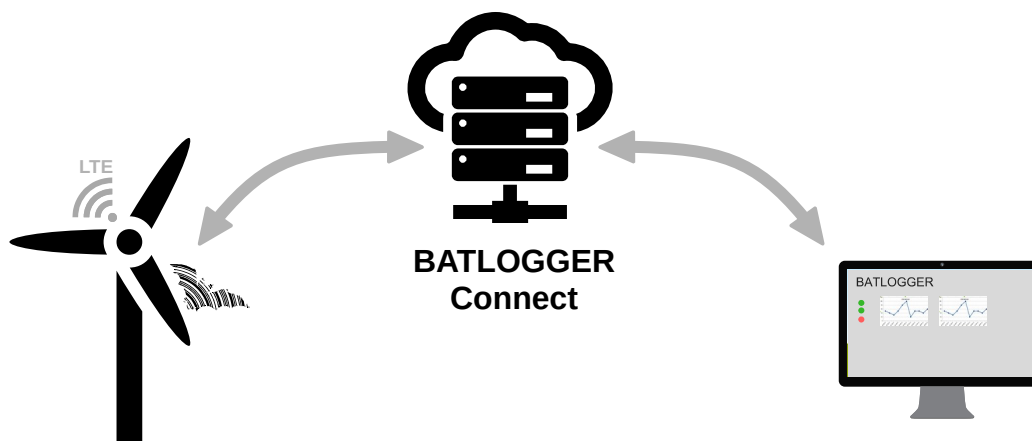
standskosten ausmachen, wenn man die Daten abholen muss. Auch wenn man das Risiko eingehen würde die Daten des BL C nur alle 6 Monate abzuholen (1830 € anstatt 3660 €, Weg und Arbeit), schneidet ein BL WE besser ab.

Fazit

Für den gezeigten Anwendungsfall ist ein BATLOGGER WE X2 die wirtschaftlichste und praktischste Lösung. Auch wenn der Initialaufwand etwas höher ist, macht sich dies spätestens bei einem Mikrofonausfall bezahlt. Gegenüber einem BATLOGGER C sind die WE-Geräte deutlich im Vorteil. Wenn man die zusätzlichen Funktionen von BATLOGGER Connect, wie etwa einfache Übersicht über mehrere Geräte, aus der Ferne anpassbare Einstellungen und vor allem den kontinuierlichen Rohdatentransfer in Betracht zieht, darf

heutzutage eigentlich keine «Offlinelösung» mehr eingesetzt werden.

Mitbewerber mit ähnlichen Lösungen gibt es momentan nicht oder nur mit einem Kanal oder zu einem vielfachen des Preises. Falls weitere Anforderungen z. B. etwa mehr als zwei Kanäle auf verschiedenen Höhen ins Spiel kommen, gibt es zu einem BATLOGGER WE X4 eigentlich keine Alternativen.



Literaturverzeichnis

1: KLAUS HOCHRADEL, MARTINA NAGY, RALPH SIMON, Laborversuch zum Vergleich akustischer Fledermausdetektoren, 2018

2: IFOK GmbH, Faktenpapier Sicherheit von Windenergieanlagen, 2018

3: BRD, Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG), § 44
Vorschriften für besonders geschützte und bestimmte andere Tier- und Pflanzenarten,

4: maschinendoc.com, Aktuelle Montagebedingungen / Verrechnungssätze, 2016,

<https://www.maschinendoc.com/wp-content/uploads/2017/01/Verrechnungssätze-Maschinendoc-11-2016.pdf>