

**Mortalité causée par le parc éolien du Peuchapatte
sur les chauves-souris et
évaluation de mesures de protection**

**Mortalität von Fledermäusen
beim Windpark Le Peuchapatte
und Evaluation von Schutzmassnahmen**

Rapport I

Estimation de la mortalité causée par les éoliennes sur les chiroptères
– Parc éolien du Peuchapatte

Bericht II

Windpark Le Peuchapatte, JU: Fledermaus Abklärungen 2015:
Analysen der Fledermausmessungen und Bewertung der Massnahmen

Rapport de synthèse, mars 2018

Synthesebericht, März 2018

NATURA biologie appliquée Sàrl

Sur mandat de l'office fédéral de l'environnement OFEV

SWILD – Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation, Zürich

Im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE

Auftraggeber Bericht I:**Office fédéral de l'environnement (OFEV)**

Division Espèces, écosystèmes, paysages
3003 Berne

Auftragnehmer:

Natura biologie appliquée Sàrl
Le Saucy 17
2722 Les Reussilles

**Auftraggeber Bericht II:****Bundesamt für Energie BFE**

Mühlestrasse 4
3063 Ittigen

Auftragnehmerin:**SWILD – Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation**

Wuhrstrasse 12
8003 Zürich



STADTÖKOLOGIE
WILDTIERFORSCHUNG
KOMMUNIKATION

Autoren:

Christophe Brossard, NATURA (Bericht I)
Janine Aschwanden, Schweizerische Vogelwarte Sempach (Annexe 1 vom Bericht I)
Fabio Bontadina, Lucretia Deplazes, Kathi Märki,
Adrian Dietrich, Mirco Lauper, SWILD (Bericht II)

Begleitgruppe:

Benoît Magnin, Elisa Salaorni (BAFU)
Katja Maus, Lionel Perret, Markus Geissmann (BFE)
Xavier Sinnhuber (Alpiq SA).

Version 1.0 vom 6. März 2018

Hinweis: Teile dieser Studie wurden im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und des Bundesamtes für Energie (BFE) verfasst. Für diese Inhalte sind allein die Auftragnehmer verantwortlich. Das BAFU und das BFE sind Ämter des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Zitat:

NATURA & SWILD. 2018. **Mortalité causée par le parc éolien du Peuchapatte sur les chauves-souris et évaluation de mesures de protection - Mortalität von Fledermäusen beim Windpark Le Peuchapatte und Evaluation von Schutzmassnahmen. Rapport de synthèse - Synthesebericht.** NATURA, Les Reussilles & SWILD, Zürich, 126 Seiten.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Abstract (français)..... | 4 |
| Abstract (deutsch)..... | 10 |
| | |
| Rapport I..... | 16 |
| Estimation de la mortalité causée par les éoliennes sur les chiroptères – Parc éolien du Peuchapatte | |
| | |
| Bericht II | 76 |
| Windpark Le Peuchapatte, JU: Fledermaus Abklärungen 2015: Analysen der Fledermausmessungen und Bewertung der Massnahmen | |

Abstract (français)

(deutsche Version im Anschluss)

Présentation générale

Il est reconnu que les éoliennes peuvent avoir un impact sur la faune ailée et en particulier sur les chauves-souris. Des recherches en Europe montrent que beaucoup d'espèces de chauves-souris peuvent être touchées. En Europe, un taux de mortalité annuel compris entre 0 et 41 chauves-souris par éolienne a été constaté (Brinkmann et al. 2006, Rydell et al. 2010).

L'importance réelle de cette mortalité en Suisse demeure cependant largement inconnue, une seule étude limitée ayant jusqu'à présent été réalisée dans ce pays en 2007 dans l'Entlebuch LU et Mont-Crosin BE (Leuzinger et al. 2008).

Le but de la présente étude, mandatée par l'OFEV et l'OFEN, est d'améliorer les connaissances pour la Suisse en effectuant en parallèle une mesure de l'activité des chauves-souris depuis les nacelles et une recherche des cadavres au sol.

Une grande partie des éoliennes existantes en Suisse se trouve sur les crêtes jurassiennes. Aussi, une étude détaillée a-t-elle été menée en 2015 sur les 3 éoliennes du parc éolien du Peuchapatte JU. Cette étude se compose de deux parties :

- a) Recherche de cadavres de chauves-souris au sol (NATURA Sàrl, Schweizerische Vogelwarte)
- b) Monitoring de l'activité des chauves-souris à hauteur de nacelle et à partir du sol (SWILD, KohleNusbaumer SA)

Les résultats de ces deux études ont été analysés dans deux rapports distincts et une comparaison:

- I. Estimation de la mortalité causée par les éoliennes sur les chiroptères – Parc éolien du Peuchapatte (NATURA 2018)
- II. Windpark Le Peuchapatte, JU: Fledermaus Abklärungen 2015: Analysen der Fledermausmessungen und Bewertung der Massnahmen (SWILD 2018). [*Parc éolien du Peuchapatte, JU: évaluation sur les chauves-souris 2015. Analyse des données récoltées sur les chauves-souris et évaluation des mesures. (SWILD 2018)*]
- III. Comparaison: pronostic de la mortalité établie par la recherche des cadavres par rapport à l'activité des chauves-souris

Ces deux rapports, ainsi que la comparaison, sont résumés ci-dessous, et une synthèse est finalement donnée en conclusion.

Estimation de la mortalité causée par les éoliennes sur les chiroptères – Parc éolien du Peuchapatte

L'OFEN a mandaté en 2015 une étude sur la mortalité causée par le parc éolien du Peuchapatte (Suisse, canton du Jura) sur l'avifaune. L'OFEV a saisi cette occasion pour mandater une étude complémentaire sur la mortalité des chauves-souris.

Entre mars et novembre 2015, les cadavres de la faune ailée ont été recherchés sous les 3 éoliennes du parc lors de transects effectués tous les 2 à 7 jours (moyenne 2.8 jours) dans un rayon de 50 (16 jours) à 100 m (69 jours) depuis le pied des machines. Les résultats ont été corrigés en fonction de la probabilité qu'une victime se trouve à l'intérieur de la zone recherchée, du taux de détection de l'opérateur et du taux de disparition des cadavres.

Les cadavres de 13 chauves-souris ont été trouvés entre le 13 juillet et le 5 octobre (7 Pipistrelle communes - *Pipistrellus pipistrellus* et 6 Pipistrelles de Nathusius - *Pipistrellus nathusii*). Contrairement à ce qu'on observe ailleurs en Europe, aucune espèce des genres *Eptesicus*, *Nyctalus* et *Vespertilio*, présents pourtant dans la région, n'a été trouvée. La mortalité des chauves-souris calculée en moyenne par machine est comprise avec une probabilité de 95% entre 10.3 et 35.3 individus par année, avec une médiane de 18.7.

L'influence de cette mortalité sur les populations locales est discutée. Diverses approches sont proposées, mais les résultats sont statistiquement très incertains en raison de fortes incertitudes sur l'étendue de la population touchée ainsi que sur les paramètres démographiques de celle-ci. Si des pertes semblables ou supérieures se reproduisent chaque année, il est cependant probable que l'impact sur les populations locales n'est pas négligeable. Par conséquent, des mesures de

protection sont recommandées. A l'échelle de la Suisse, l'impact des éoliennes sur l'espèce commune *P. pipistrellus* est cependant actuellement considéré comme très faible.

Les possibilités d'extrapolation de ces chiffres à d'autres sites de l'Arc jurassien sont discutées. On devrait retrouver parmi les victimes les deux espèces de pipistrelles (*P. pipistrellus* et *P. nathusii*), mais dans des proportions variables. Une mortalité portant sur les espèces appartenant aux genres *Eptesicus*, *Nyctalus* et *Vespertilio* ne peut pas être exclue. Toutefois, il demeure indispensable d'évaluer chaque site indépendamment.

L'étude rapporte également les expériences concrètes faites avec la méthodologie employée pour les relevés de terrain et propose quelques conseils pratiques et points à considérer avant d'entamer de telles recherches.

Résumé du rapport II:

Parc éolien du Peuchapatte, JU: évaluation sur les chauves-souris 2015. Analyse des données récoltées sur les chauves-souris et évaluation des mesures.

Pour le compte de l'exploitant du parc éolien du Peuchapatte, une surveillance acoustique des chauves-souris (monitoring) a été réalisée par KohleNusbaumer SA sur deux éoliennes (à chaque fois depuis le sol à proximité d'une haie et depuis la nacelle de l'éolienne). Dans cette étude, commandée par l'Office fédéral de l'énergie OFEN, SWILD a examiné la qualité des enregistrements du monitoring mesurant l'activité des chauves-souris et les a analysés en termes de biodiversité et d'activité. Par la suite, les mesures opérationnelles envisagées pour réduire la mortalité occasionnée par le parc éolien ont été évaluées.

Contrôle de la qualité des données sur les chauves-souris

La qualité d'enregistrement était fondamentalement bonne et exploitable. Les problèmes ont été causés par les nombreuses émissions sonores des éoliennes (97,6% des données) et les interruptions d'enregistrement dues aux cartes SD sursaturées. Le début tardif des enregistrements à la fin du printemps (28 mai) rend difficile toute affirmation concernant la diversité spécifique et l'activité durant l'ensemble de la période printanière.

Analyse des données sur les chauves-souris (composition spécifique / activité)

Au moins 10 espèces ont été détectées dans les prospections depuis le sol (emplacements LIS1 + LIS3), dont au moins deux espèces "fortement menacées" selon la Liste rouge (*Barbastelle* d'Europe - *Barbastella barbastellus*: 3 séquences ; Petit rhinolophe - *Rhinolophus hipposideros*: 8 séq.). Un total d'au moins 5 espèces de chauves-souris ont été enregistrées

depuis la nacelle (emplacements PEU1 + PEU3), dont deux espèces "vulnérables" (Sérotine boréale - *Eptesicus nilsonii*: 17 séquences; Sérotine bicolore - *Vespertilio murinus*: 15 séq.). L'activité mesurée (période d'enregistrement normalisée; valeur moyenne \pm écart type) depuis le sol a été à LIS1 de $19,7 \pm 7,4$ (passages par nuit), à LIS3 de $21,8 \pm 6,4$ et depuis la nacelle PEU1 de $3,6 \pm 1,7$ et depuis PEU3 de $3,0 \pm 0,9$, ce qui correspond à une faible activité par rapport aux mesures d'activité en altitude (depuis la nacelle ou un mât de mesure du vent) sur d'autres sites en Suisse.

Vérification de l'efficacité des mesures opérationnelles proposées

Le schéma d'interruption proposé pour la protection des chauves-souris (interruption du fonctionnement du 15 mars au 31 octobre, lorsque la vitesse du vent $\leq 5,2$ m/s et la température $\geq 6^\circ\text{C}$) atteint ou dépasse, selon nos calculs, l'objectif de réduction de la mortalité. Sur la base du calcul du nombre de victimes à partir du nombre de cadavres trouvés, un schéma d'interruption fixe avec arrêt des machines à des vitesses de vent de $\leq 4,7$ m/seconde permettrait une réduction de la mortalité de 87.5%. Sur la base des mesures d'activité depuis la nacelle, un schéma d'interruption fixe à ≤ 3.2 m/s pour PEU1 et ≤ 5.0 m/s pour PEU3 permettrait une réduction des dommages de 77% en optimisant les pertes d'énergie. Si le schéma d'interruption devait être adapté, un monitoring devrait démontrer son efficacité.

III. Comparaison: pronostic de la mortalité établie par la recherche des cadavres par rapport à l'activité des chauves-souris

Dans cette section, les résultats des deux projets ont été analysés en ce qui concerne le nombre de victimes et l'activité des chauves-souris.

Le rapport I montre que lors de la recherche des cadavres (mars-novembre, sous les 3 éoliennes) 13 victimes (7 *P. pipistrellus*, 6 *P. nathusii*, NATURA 2018) ont été trouvées lors des 85 inspections (tous les 2-7 jours).

Les victimes n'ont pas pu être associées de façon significative à des conditions de vent particulières ou à l'activité des chauves-souris, notamment parce que la date de leur mort n'est pas clairement définie et peut le plus souvent être arrivée au cours de plusieurs nuits.

Une estimation du nombre de victimes par an et par éolienne avec différentes méthodes a donné les valeurs suivantes: sur la base de la recherche de cadavres : 18,7 (10,3-35,3; valeur médiane; min-max). Sur la base de l'activité mesurée des chauves-souris depuis la nacelle: 9,9 (8,8-11,4). Et sur la base des calculs selon ProBat (outil du projet de recherche ReneBat I-III, Allemagne): 6,6 (6,0-7,1). Le nombre de victimes calculé à partir du nombre de cadavres est donc significativement plus élevé que la mortalité attendue basée sur les mesures d'activité.

Synthèse

1. Une faible activité entraîne déjà une mortalité significative des chauves-souris

À hauteur de la nacelle de deux éoliennes du parc éolien du Peuchapatte, on n'enregistre en moyenne que 3 à 4 passages de chauves-souris par nuit. Il s'agit d'un faible niveau d'activité de chauve-souris par rapport à d'autres projets en Suisse. Néanmoins, les recherches menées la

même année sous 3 éoliennes du même parc ont permis de trouver un grand nombre de cadavres. Corrigée en fonction de l'effort de recherche, de la zone de recherche et du taux de disparition, la mortalité est estimée entre 10 et 36 chauves-souris par éolienne et par année (intervalle de confiance à 95%).

Les conclusions fondées sur une seule recherche durant une saison demeurent incertaines. Cependant, même si le taux de mortalité réel se situe à l'extrémité inférieure de l'intervalle de confiance, soit 10 chauves-souris tuées par éolienne et par année, cette étude montre clairement qu'il peut y avoir un problème significatif pour les chauves-souris - en particulier dans le cas des parcs éoliens équipés de nombreuses éoliennes - et que des mesures de protection des chauves-souris sont donc indiquées.

La conclusion générale à tirer de cette étude est que même un faible niveau d'activité mesurée à hauteur de nacelle peut être accompagné par une mortalité significative des chauves-souris par éolienne. Cette étude pourrait également indiquer qu'une extrapolation de la mortalité des chauves-souris sur la base de l'activité, fondée sur des modèles étrangers mais appliquée aux conditions en Suisse, pourrait conduire à une sous-estimation, du moins pour certains sites.

Globalement, cette mortalité forte à très forte est liée à une activité jugée faible. On peut donc craindre que des sites à plus forte activité (au moins dans l'Arc jurassien) soient également caractérisés par une forte mortalité, pour autant que les proportions entre les espèces soient comparables.

Toutefois, chaque site doit être étudié pour lui-même de manière adaptée aux circonstances et si nécessaire faire l'objet de mesures de diminution des impacts spécifiques. Un monitoring des chauves-souris initié après le début de l'exploitation et poursuivi durant plusieurs années permet d'obtenir une meilleure information sur la variabilité interannuelle et

d'optimiser les mesures d'arrêt et la production d'énergie sur un même site.

2. Le risque de mortalité est-il différent selon les espèces?

La mortalité estimée selon de l'approche II « Monitoring de l'activité des chauves-souris à hauteur de nacelle » prédit une mortalité touchant de nombreuses espèces appartenant aussi bien aux Pipistrelles (83%) qu'aux Nyctaloides (17%).

La mortalité estimée selon l'approche I « Recherche de cadavres de chauves-souris au sol » est limitée à deux espèces de Pipistrelles ; aucune espèce de Nyctaloides (genres *Nyctalus*, *Eptesicus* et *Vespertilio*) n'a été trouvée. On ne peut cependant pas exclure que des Nyctaloides figurent également parmi les victimes, mais que par hasard on n'en ait trouvé aucun (dans l'étude de 2007 on avait d'ailleurs trouvé une *Nyctalus leisleri*).

Les 2 approches de l'estimation de la mortalité sont marquées par des incertitudes relativement importantes et ne sont pas toujours directement comparables en raison d'échelles temporelles différentes. Néanmoins, on est en droit de supposer que l'exposition réelle ou le risque de mortalité relatif peut être différent selon les espèces.

3. Complémentarité des deux approches

La mortalité estimée selon l'approche I (approche directe, recherche de cadavres) a une échelle temporelle de l'ordre du jour. Elle n'est fondamentalement valable que pour 2015, mais ce résultat reste comparable à ceux de l'étude précédente menée au Mont-Crosin. Elle est très coûteuse, mais donne une assez bonne idée des espèces tuées tout en étant peu adaptée aux cas de faible mortalité. Il serait souhaitable de mettre au point à l'avenir des méthodes améliorées, par exemple pour la détection automatique au moyen de capteurs des victimes au moment de leur chute.

La mortalité estimée selon l'approche II (approche indirecte, mesure de l'activité) a une échelle temporelle de l'ordre de la minute. Elle équivaut à une moyenne pluriannuelle basée sur les données récoltées en 2015. Elle repose sur diverses hypothèses, comme un taux de mortalité moyen identique pour toutes les espèces - déterminé sur la base de recherches approfondies à l'étranger. L'estimation peut être erronée si les hypothèses ne sont pas (entièrement) valables pour la Suisse. La méthode de mesure de l'activité est moyennement coûteuse, et peut être utilisée comme un instrument de monitoring standardisé pour les éoliennes, mais elle ne donne qu'une très vague idée des espèces réellement tuées. Il est conseillé d'effectuer des mesures d'activité pendant plusieurs années après la mise en service. Ces données devraient être rassemblées à l'échelle nationale et mises à disposition pour des analyses portant sur plusieurs projets pour vérifier les hypothèses du modèle.

4. Mesures efficaces pour protéger les chauves-souris

Un schéma d'interruption peut être établi pour protéger les chauves-souris. Celui-ci détermine quand les rotors doivent être arrêtés, aux périodes où l'activité des chauves-souris est élevée. Dans le cadre de projets de recherche, cette mesure de protection s'est avérée efficace pour réduire la mortalité chez les chauves-souris. Souvent, un schéma d'interruption peut être établi de manière à ce que l'arrêt se fasse durant les périodes nocturnes avec une production d'électricité faible, de sorte que la rentabilité du projet éolien soit optimisée. La mise en œuvre et l'efficacité d'un schéma d'interruption peuvent être vérifiées et, si nécessaire, optimisées, après la mise en service dans le cadre d'un contrôle d'efficacité basé sur la mesure de l'activité des chauves-souris depuis la nacelle.

Abstract (deutsch)

(version française au début)

Ausgangslage

Es ist bekannt, dass Windenergieanlagen (WEA) Auswirkungen auf fliegende Tiere und insbesondere auf Fledermäuse haben können. Untersuchungen in Europa haben gezeigt, dass viele Fledermausarten betroffen sein können. Dies wird durch die ermittelte jährliche Mortalität zwischen 0 und 41 Fledermäusen pro Windenergieanlage deutlich (Brinkmann et al. 2006, Rydell et al. 2010).

In der Schweiz ist das Ausmass der Fledermaus-Mortalität jedoch weitgehend unbekannt. Bisher wurde lediglich eine bedingt aussagekräftige Studie im Jahr 2007 im Entlebuch LU und in Mont-Crosin BE durchgeführt (Leuzinger et al. 2008).

Ziel der vorliegenden Studie war, das Wissen über mögliche Konflikte zwischen Fledermäusen und Windenergieanlagen in der Schweiz zu verbessern. Die Studie wurde im Auftrag des BAFU und des BFE durchgeführt. Erstmals wurde die Aktivität der Fledermäuse bei der Nabe von Windrädern aufgenommen und gleichzeitig eine Totfundsuche am Boden durchgeführt.

Ein grosser Anteil der Windenergieanlagen in der Schweiz befindet sich auf den Jurahöhen. Dort wurde im Jahr 2015 bei drei Windenergieanlagen des Windparks Le Peuchapatte JU eine detaillierte Studie durchgeführt. Diese Studie besteht aus zwei Teilen:

- c) Schlagopfersuche (NATURA, Schweizerische Vogelwarte)
- d) Fledermausmonitoring: in der Gondel und am Boden (SWILD, KohleNusbaumer SA)

Die Resultate dieser Untersuchungen wurden in zwei Berichten analysiert und anschliessend einem Vergleich unterzogen:

- I. Estimation de la mortalité causée par les éoliennes sur les chiroptères – Parc éolien du Peuchapatte (NATURA Sàrl 2018). [*Schätzung der Mortalität von Fledermäusen durch Windenergieanlagen – Windpark Le Peuchapatte (NATURA Sàrl 2018)*]
- II. Windpark Le Peuchapatte, JU: Fledermaus Abklärungen 2015: Analysen der Fledermausmessungen und Bewertung der Massnahmen (SWILD 2018)
- III. Vergleich: Prognose Mortalität aufgrund Schlagopfersuche vs. Fledermausaktivität

Im Folgenden werden die beiden Berichte und der Vergleich zusammengefasst und generelle Schlussfolgerung gezogen.

Zusammenfassung Bericht I:

Schätzung der Mortalität von Fledermäusen durch Windenergieanlagen – Windpark Le Peuchapatte

Das BFE hat im Jahr 2015 eine Studie zur Mortalität von Vögeln im Windpark Le Peuchapatte (Kanton Jura, Schweiz) in Auftrag gegeben. Gleichzeitig hat das BAFU eine ergänzende Studie zur Mortalität von Fledermäusen beauftragt.

Zwischen März und November 2015 wurde der Boden unter den drei Windrädern systematisch nach Schlagopfern abgesucht. Die Suche erfolgte alle zwei bis sieben Tage (im Mittel alle 2.8 Tage) und innerhalb eines Umkreises von 50°m (an 16 Terminen) oder 100°m (an 69 Terminen) um den Mast. Für die Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer wurden drei Korrekturfaktoren berücksichtigt: die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schlagopfer in der abgesuchten Fläche liegt, die Sucheffizienz sowie die Verbleiberate von Kadavern.

13 Kadaver von Fledermäusen wurden zwischen dem 13. Juli und dem 5. Oktober gefunden (7 Zwergfledermäuse *Pipistrellus pipistrellus* und 6 Rauhaufledermäuse *P. nathusii*). Im Gegensatz zu anderen Regionen in Europa wurden keine Arten der Gattungen *Eptesicus*, *Nyctalus* oder *Vespertilio* gefunden, obwohl sie im Jura vorkommen. Die Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer ergab mit einer Sicherheit von 95 % zwischen 10.3 und 35.3 Schlagopfer pro Windrad und Jahr, mit einem Median von 18.7.

Der Einfluss dieser Mortalität auf die lokalen Populationen wird diskutiert. Es werden verschiedene Ansätze vorgeschlagen, die Ergebnisse weisen jedoch grosse statistische Unsicherheiten bezüglich dem Ausmass der betroffenen Populationen sowie ihrer demographischen Parameter auf. Wenn sich Verluste in ähnlichem oder gar höherem Ausmass jährlich wiederholen, ist es jedoch wahrscheinlich, dass die Auswirkungen auf die

lokalen Populationen nicht zu vernachlässigen sind. Daher werden Schutzmassnahmen empfohlen. Der Einfluss von Windenergieanlagen in der Schweiz auf die häufige Art *P. pipistrellus* wird derzeit jedoch als sehr gering eingeschätzt.

Es werden die Möglichkeiten diskutiert, diese Ergebnisse auf andere Orte im Jurabogen zu übertragen. An anderen Standorten können ebenfalls Totfunde der zwei *Pipistrellus*-Arten (*P. pipistrellus* und *P. nathusii*) erwartet werden, wenn auch in unterschiedlichen Anteilen. Eine erhebliche Mortalität bei den Arten der Gattungen *Eptesicus*, *Nyctalus* und *Vespertilio* kann nicht ausgeschlossen werden. Daher ist es unerlässlich, jeden Standort einzeln zu bewerten.

Die Studie berichtet auch über konkrete Erfahrungen mit der Methodik von Schlagopfersuchen und bietet einige praktische Ratschläge und Hinweise, die vor Beginn einer solchen Untersuchung zu beachten sind.

Zusammenfassung Bericht II:

Windpark Le Peuchapatte, JU: Fledermaus Abklärungen 2015: Analysen der Fledermausmessungen und Bewertung der Massnahmen

Im Auftrag des Betreibers des Windparks Le Peuchapatte wurde ein akustisches Fledermausmonitoring bei zwei Windenergieanlagen (WEA) durch KohleNusbaumer SA durchgeführt (jeweils am Boden bei einer Hecke und in der Nabe der WEA). In der vorliegenden Studie von SWILD im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE wurden die Aufnahmen zur Fledermausaktivität aus dem Monitoring auf ihre Qualität geprüft und bezüglich der Artenvielfalt und Aktivität analysiert. Im Anschluss werden die angestrebten Betriebsmassnahmen des Windparks zur Schadensminderung evaluiert.

Prüfung Qualität Fledermausmessungen

Die Aufnahmequalität war grundsätzlich gut und auswertbar. Probleme verursachten die vielen Störgeräusche (97.6% der Daten) durch die WEA sowie Ausfallzeiten durch übersättigte SD-Karten. Der späte Start der Aufnahmen am Ende des Frühlings (28. Mai) erschwert eine Aussage zur Artenvielfalt und der Aktivität während der gesamten Frühlingsperiode.

Analyse der Fledermausmessungen Bei den Bodenaufnahmen (Standorte LIS1 + LIS3) wurden insgesamt mind. 10 Arten, davon gemäss Rote Liste mindestens zwei "stark gefährdete" Arten nachgewiesen (Mopsfledermaus *Barbastella barbastellus*: 3 Seq.; Kleine Hufeisennase *Rhinolophus hipposideros*: 8 Seq.). In der Gondel (Standorte PEU1 + PEU3) wurden insgesamt mind. 5 Fledermausarten nachgewiesen, darunter zwei "verletzliche" Arten (Nordfledermaus *Eptesicus nilsonii*: 17 Seq.; Zweifarbenfledermaus *Vespertilio murinus*: 15 Seq.). Die gemessene Aktivität (standardisierte Aufnahmeperiode; Mittelwert \pm SF) betrug am Boden LIS1: 19.7 \pm 7.4 (Durchflüge pro Nacht) und LIS3: 21.8 \pm 6.4 und in der Gondel

PEU1: 3.6 \pm 1.7 und PEU3: 3.0 \pm 0.9. Im Vergleich mit Aktivitätsmessungen in der Höhe (Gondel, Windmessmasten) anderer Standorte in der Schweiz entspricht dies einer geringen Aktivität.

Überprüfung der Wirksamkeit der vorgeschlagenen Betriebsmassnahmen

Der vorgeschlagene Abschaltplan zum Schutz der Fledermäuse (Abschaltung vom 15. März bis 31. Oktober, Windgeschwindigkeit \leq 5.2m/s und Temperatur \geq 6°C) erreicht oder übertrifft gemäss unseren Berechnungen das Ziel der Schadensminderung. Aufgrund der Schlagopferberechnung der Totfundsuche kann ein fixer Abschaltplan mit Abschaltung bei Windgeschwindigkeiten \leq 4.7m/s mit einer Schadensminderung von 87.5% vorgeschlagen werden. Aufgrund der Aktivitätsmessungen aus der Gondel kann ein fixer Abschaltplan bei PEU1: \leq 3.2m/s und bei PEU3: \leq 5m/s mit einer Schadensminderung von 77% vorgeschlagen werden. Beide Vorgehen helfen, die Energieverluste zu minimieren. Bei einer Anpassung des Abschaltplans müsste ein Monitoring die Wirksamkeit aufzeigen.

III. Vergleich: Prognose Mortalität aufgrund Schlagopfersuche vs. Fledermausaktivität

In diesem Teil werden die Ergebnisse aus den beiden Projekten bezüglich Schlagopfer und Fledermausaktivität analysiert.

Der Bericht I zeigt, dass bei der Totfundsuche (März-November, bei 3 WEA) insgesamt bei 85 Begehungen (alle 2-7 Tage) 13 Schlagopfer gefunden wurden (7 *P. pipistrellus*, 6 *P. nathusii*, NATURA 2018).

Die Schlagopfer konnten nicht signifikant mit speziellen Windbedingungen oder der Fledermausaktivität in Verbindung gebracht werden, auch weil ihr Auftreten zeitlich unscharf meist mehreren Nächten zugeordnet ist.

Eine Schätzung der Anzahl Schlagopfer pro WEA und Jahr mit den unterschiedlichen Methoden ergab die folgenden Werte:

- aufgrund der Schlagopfersuche: 18.7 (10.3-35.3; Mittelwert; min-max),
- aufgrund der gemessenen Fledermausaktivität in der Gondel: 9.9 (8.8-11.4) und
- aufgrund der Berechnungen gemäss ProBat (Tool aus ReneBat I-III Forschungsprojekt, D): 6.6 (6.0-7.1).

Die aus den Totfunden errechnete Schlagopferzahl lag damit deutlich über der aus den Aktivitätsmessungen erwarteten Mortalität.

Synthese

1. Bereits geringe Aktivität führt zu bedeutender Fledermaus-Mortalität

In der Nabe von zwei WEA des Windparks Le Peuchapatte wurden durchschnittlich je nur 3-4 Durchflüge von Fledermäusen pro Nacht festgestellt. Dies ist eine geringe Fledermausaktivität im Vergleich zu anderen Projekten in der Schweiz. Dennoch haben die Totfundsuchen bei 3 WEA desselben Windparks im selben Jahr eine grosse Anzahl an Schlagopfern ergeben. Korrigiert nach Suchfläche, Suchaufwand und

Verschwinderate wird die Mortalität auf 10 bis 36 Fledermäuse (95% Vertrauensintervall) pro WEA und Jahr geschätzt.

Schlussfolgerungen aufgrund einer einzelnen Untersuchung in einer Saison bleiben unsicher. Doch selbst wenn die tatsächliche Mortalität am unteren Rand des Vertrauensintervalls, also bei 10 toten Fledermäusen pro WEA und Jahr liegt, wird in der vorliegenden Untersuchung deutlich, dass ein bedeutendes Problem für Fledermäuse bestehen kann - insbesondere bei Windparks mit mehreren WEA – und dass deshalb Massnahmen zum Schutz der Fledermäuse angezeigt sind.

Die allgemeine Folgerung aus dieser Untersuchung lautet, dass auch eine geringe gemessene Aktivität in der Nabe mit einer bedeutenden Mortalität an Fledermäusen pro WEA assoziiert sein kann. Diese Untersuchung könnte auch ein Hinweis darauf sein, dass eine Hochrechnung der Fledermausmortalität basierend auf der Aktivität aufgrund von Modellen aus dem Ausland für die Schweizer Verhältnisse, zumindest für gewisse Standorte, möglicherweise zu einer Unterschätzung führt.

Insgesamt ist diese grosse bis sehr grosse Mortalität mit einer Aktivität assoziiert, die als gering eingestuft wird. Es ist daher zu befürchten, dass Standorte mit höherer Aktivität (zumindest im Jurabogen) auch durch eine hohe Sterblichkeit gekennzeichnet sein können, sofern das Artenspektrum vergleichbar ist.

Entsprechend ist es von Bedeutung, dass jeder Standort entsprechend seinen Bedingungen und in angepasster Weise untersucht werden muss und bei Bedarf spezifische Massnahmen zur Schadensminderung entwickelt werden. Ein Fledermaus-Monitoring nach Betriebsstart über mehrere Jahre hinweg liefert bessere Erkenntnisse über die jährliche Variabilität und erlaubt eine Optimierung der Schutzmassnahmen und der Energieproduktion an einem Standort.

2. Ist das Mortalitätsrisiko der Arten unterschiedlich?

Beim Ansatz II wird aufgrund von "Aktivitätsmessungen in der Nabe" eine Mortalität bei verschiedenen Arten, insbesondere bei Vertretern der Gattungen *Pipistrellus* (Anteil 83%) sowie auch *Nyctaloid* (17%) erwartet.

Die mit dem Ansatz I "Totfundsuche" geschätzte Mortalität ist jedoch auf zwei Arten der Gattung *Pipistrellus* beschränkt; es wurden keine Arten der Gruppe *Nyctaloid* (Gattungen *Nyctalus*, *Eptesicus* und *Vespertilio*) gefunden. Es ist jedoch nicht auszuschliessen, dass auch Vertreter der Gruppe *Nyctaloid* zu den Opfern gehören, aber zufällig keine gefunden wurde (in der Studie von 2007 wurde eine *Nyctalus leisleri* gefunden).

Die beiden Ansätze zur Schätzung der Mortalität sind durch gewisse Unsicherheiten gekennzeichnet und aufgrund unterschiedlicher zeitlicher Auflösung nicht immer direkt vergleichbar. Dennoch wird die Vermutung bestärkt, dass die Exposition im Risikobereich oder das relative Mortalitätsrisiko der Arten unterschiedlich ist.

3. Komplementarität der beiden Ansätze

Wird die Mortalität aufgrund des Ansatzes I (direkter Ansatz, Totfundsuche) geschätzt, dann gilt eine zeitliche Auflösung von Tagen. Auch wenn das Resultat primär für das Jahr 2015 gültig ist, so bleibt es mit demjenigen der Studie vom Mont-Crosin vergleichbar. Die Methode ist zwar aufwändig, ist nicht sehr gut an Fälle mit geringer Mortalität angepasst, ergibt aber ein ziemlich gutes Bild von den getöteten Arten. Es wäre wünschenswert, wenn in Zukunft verbesserte Methoden entwickelt werden, z.B. die automatische Detektion von fallenden Schlagopfern mit Sensoren.

Wird die Mortalität mit dem Ansatz II (indirekter Ansatz, Aktivitätsmessung) geschätzt, dann liegt eine zeitliche Auflösung von Minuten vor. Die Prognose der Mortalität geht davon aus, dass

die im Jahr 2015 erhobenen Daten einem Mehrjahresdurchschnitt entsprechen. Sie basiert auf verschiedenen Annahmen – ermittelt aufgrund von umfangreichen Untersuchungen im Ausland. So wird eine durchschnittliche Mortalität vorausgesetzt, die für alle Arten identisch ist. Die Schätzung kann fehlerhaft sein, wenn die Annahmen für die Schweiz nicht (vollständig) zutreffen. Für die Methode mit Aktivitätsmessungen muss mit einem mittleren Aufwand gerechnet werden. Sie kann für ein standardisiertes Monitoring bei WEA eingesetzt werden, liefert aber nur vage Hinweise, welche Arten tatsächlich getötet werden. Mit Vorteil sollten Aktivitätsmessungen nach Betriebsstart während mehreren Jahren durchgeführt werden. Diese Daten sollten national gesammelt werden und für projektübergreifende Auswertungen zur Prüfung der Modell-Annahmen zur Verfügung stehen.

4. Erfolgreiche Massnahmen zum Schutz der Fledermäuse

Zum Schutz der Fledermäuse kann ein Abschaltplan erstellt werden, der festlegt, in welchen Perioden mit grosser Fledermausaktivität die Rotoren abgestellt werden. In Forschungsprojekten konnte gezeigt werden, dass diese Schutzmassnahme die Mortalität bei Fledermäusen effektiv vermindern kann. Oft kann ein Abschaltplan so eingestellt werden, dass die Abschaltung zu Nachtzeiten mit geringer Stromproduktion erfolgt, so dass die Wirtschaftlichkeit des Windenergieprojektes optimiert wird. Die Umsetzung und Wirksamkeit eines Abschaltplans können nach Betriebsstart im Rahmen einer Erfolgskontrolle aufgrund von Aktivitätsmessungen der Fledermäuse in der Nabe überprüft und allenfalls optimiert werden.

Rapport I

**Estimation de la mortalité causée par les
éoliennes sur les chiroptères –
Parc éolien du Peuchapatte**

Office fédéral de l'environnement

RAPPORT

Estimation de la mortalité causée par les éoliennes sur les chiroptères

Parc éolien du Peuchapatte
Projet

Rapport 497.01, v07

Date : février 2018



CH - 2722 Les Reussilles Le Saucy 17 Tél. +41 32 487 55 14 Fax +41 32 487 42 25
CH - 2340 Le Noirmont Rue St-Hubert 14 Tél +41 32 953 10 23
info@bureau-natura.ch www.bureau-natura.ch

GROUPE DE TRAVAIL

Direction de projet

C. Brossard

Collaboration

-

Fichiers concernés

497 rap 20171016 Rapport v07.docx

TABLE DES MATIERES

| | | |
|-----|----------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Résumé..... | 1 |
| 2 | Introduction..... | 2 |
| 3 | Etude du Peuchapatte..... | 3 |
| 3.1 | Introduction | 3 |
| 3.2 | Résumé méthodologique | 3 |
| | 3.2.1 Contexte..... | 3 |
| | 3.2.2 Méthodologie générale..... | 4 |
| | 3.2.3 Particularités méthodologiques..... | 4 |
| 3.3 | Rappel des principaux résultats | 5 |
| | 3.3.1 Facteurs correcteurs..... | 5 |
| | 3.3.2 Mortalité..... | 6 |
| 4 | Analyse des résultats et mise en perspective | 7 |
| 4.1 | Analyse des résultats..... | 7 |
| | 4.1.1 Facteurs correcteur | 7 |
| | 4.1.2 Mortalité..... | 8 |
| 4.2 | Influence sur les populations | 11 |
| | 4.2.1 La Pipistrelle commune | 11 |
| | 4.2.2 Autres espèces..... | 12 |
| 4.3 | Représentativité des résultats..... | 13 |
| 5 | Appréciation de la méthodologie..... | 14 |
| 5.1 | Points forts/faibles de la méthodologie..... | 14 |
| | 5.1.1 Problèmes méthodologiques rencontrés au Peuchapatte..... | 15 |
| | 5.1.2 Utilisation de chiens | 17 |
| 6 | Conclusions..... | 18 |

1 RÉSUMÉ

L'impact des parcs éoliens sur la faune ailée et en particulier sur les chauves-souris est souvent mentionné. Son importance dans les parcs existants en Suisse demeure cependant largement inconnue, une seule étude portant sur la mortalité ayant jusqu'à présent été publiée dans ce pays en 2008.

L'OFEN a menée en 2015 une étude sur la mortalité causée par le parc éolien du Peuchapatte (Suisse, canton du Jura) sur l'avifaune. L'OFEV a saisi cette occasion pour compléter cette action par des recherches sur les chauves-souris.

Entre mars et novembre 2015 les cadavres de la faune ailée ont été recherchés sous les 3 éoliennes du parc lors de transects effectués tous les 2 à 7 jours (moyenne 2.8 jours) dans un rayon de 50 (16 jours) à 100 m (69 jours) depuis le pied des machines. Les résultats ont été corrigés en fonction de la probabilité qu'une victime se trouve à l'intérieur de la zone recherchée, du taux de détection de l'opérateur et du taux de disparition des cadavres. Les cadavres de 13 chauves-souris ont été trouvés entre le 13 juillet et le 5 octobre (7 *Pipistrellus pipistrellus* et 6 *Pipistrellus nathusii*). Contrairement à ce qu'on observe ailleurs en Europe, aucune victime des genres *Eptesicus*, *Vespertilio* et *Nyctalus*, présents pourtant dans la région, n'a été trouvée. En raison de l'incertitude qui entoure les résultats obtenus, on ne peut cependant pas affirmer que d'autres espèces que les pipistrelles (*P. pipistrellus* et *P. nathusii*), en particulier les espèces des 3 genres mentionnés ci-dessus, ne sont pas touchées.

La mortalité calculée pour l'ensemble des 3 machines est comprise avec une probabilité de 95% entre 31 et 106, avec une médiane de 56. Ces chiffres, ainsi que les espèces victimes, sont propres au site du Peuchapatte pour l'année 2015, et ne peuvent pas être extrapolés à d'autres années ou d'autres sites sans précautions.

L'influence de cette mortalité sur les populations locales est discutée. Diverses approches sont proposées mais les résultats sont très incertains. Si des pertes semblables ou supérieures se reproduisent chaque année, il est cependant probable que l'impact sur les populations locales n'est pas négligeable. A l'échelle de la Suisse, l'impact des éoliennes sur la Pipistrelle commune est cependant actuellement considéré comme très faible.

Les possibilités d'extrapolation de ces chiffres à d'autres sites de l'Arc jurassien sont discutées. On devrait retrouver parmi les victimes les deux espèces de pipistrelle (*P. pipistrellus* et *P. nathusii*) mais dans des proportions variables, alors que les espèces appartenant aux genres *Eptesicus*, *Vespertilio* et *Nyctalus* ne doivent pas être exclues. Toutefois, il demeure indispensable d'évaluer chaque site indépendamment.

L'étude rapporte également les expériences concrètes faites avec la méthodologie employée et propose quelques conseils pratiques et points à considérer avec d'entamer de telles recherches.

2 INTRODUCTION

Les premières éoliennes industrielles ont été construites en Suisse dès le milieu des années 90. On s'est ensuite rapidement posé la question de leur impact sur la faune ailée, les oiseaux en premier lieu, puis les chauves-souris. En 2008, une étude financée par l'OFEV et l'OFEN estimait pour la première fois scientifiquement en Suisse la mortalité causée par ces machines dans le Jura bernois (Leuzinger et al., 2008). Jusqu'à maintenant c'était la seule donnée publiée en Suisse sur la mortalité causée par les éoliennes aux chauves-souris.

Les parcs éoliens sont appelés à se développer en Suisse et, sans mesures particulières, leurs impacts sur la faune ailée également. Pour cette raison, le manuel EIE recommande l'introduction de mesures de limitation des impacts, principalement sous la forme d'arrêt des machines durant les périodes où les risques sont les plus élevés pour les chauves-souris (schéma d'interruption). Comme la prédiction des impacts avant la construction reste très délicate, il importe de pouvoir apprécier l'efficacité des mesures mises en place ainsi que les impacts résiduels afin de pouvoir, au besoin, corriger les mesures.

Les mesures de limitation des impacts ont très généralement pour but la diminution de la mortalité associée au fonctionnement des machines. Une des méthodes permettant d'apprécier la mortalité est la recherche de cadavres sous les éoliennes. Cette méthode commence à être standardisée, mais reste très chronophage si l'on veut diminuer l'incertitude qui entache les résultats.

Une recherche portant sur la mortalité aviaire causée par les éoliennes a été menée sur le site de Peuchapatte (JU) en 2015 par la Station ornithologique suisse pour le compte de l'OFEN (Aschwanden et al., 2016). Ce travail, qui se voulait exemplaire, a été complété sur le terrain par la recherche des chauves-souris.

Le présent document porte sur les points suivants :

- Résumé de la méthodologie employée et des résultats obtenus pour les chauves-souris.
- Analyse des résultats et influence possible de la mortalité sur les populations régionales.
- Appréciation de la méthodologie employée et recommandations.

Le rapport interne de la Station ornithologique suisse sur le calcul de la mortalité des chiroptères est donné en annexe.

3 ETUDE DU PEUCHAPATTE

3.1 INTRODUCTION

La mortalité directe causée par les éoliennes a été estimée une première fois en Suisse dans le Jura bernois et dans l'Entlebuch en 2007¹, sur la base de recherches bimensuelles et de l'estimation du taux de disparition des cadavres et du taux de détection par les observateurs. Lors de ce travail, 2 cadavres de chauves-souris ont été trouvés. En raison de la faible fréquence des passages sur le terrain les résultats demeurent cependant entachés d'une incertitude importante.

L'étude menée au Peuchapatte a visé à diminuer cette incertitude en procédant de manière exemplaire selon les connaissances actuelles en menant des recherches sur le terrain beaucoup plus fréquentes. Initialement menée par l'OFEN pour déterminer la mortalité aviaire, elle a été complétée par l'OFEV pour déterminer également la mortalité chiroptérologique. La méthodologie détaillée, ainsi que les résultats obtenus, sont présentés en annexe. Les chapitres ci-dessous en présentent un résumé.

3.2 RÉSUMÉ MÉTHODOLOGIQUE

3.2.1 Contexte

Le parc éolien du Peuchapatte est situé dans le canton du Jura sur la commune de Muriaux, à une altitude d'environ 1150 m. Il est composé de 3 éoliennes de modèle Enercon E82 E2 d'une puissance de 2.3 MW, d'une hauteur de mât de 108 m et d'une longueur de pales de 40 m. Ces machines ont été mises en service en 2011 et sont exploitées par la société Eole Jura SA.



Figure 1 : Emplacement de l'étude. Source : <https://map.geo.admin.ch>

¹ Leuzinger et al., 2008

Les machines sont alignées le long d'une crête peu marquée, bordée au nord par un chemin et une forêt. Le sol est principalement cultivé sous forme de prairies permanentes ou de pâturages entrecoupés par quelques bosquets ; on trouve localement un peu de céréales. En général le terrain sous les machines est ainsi bien dégagé.

En 2014 l'OFEN a mandaté la Station ornithologique suisse de Sempach (SOS) afin qu'elle détermine au cours de l'année 2015 l'intensité migratoire ainsi que la mortalité aviaire sur le site du Peuchapatte². Sur mandat de l'OFEV, ces investigations de terrain ont été complétées de manière à pouvoir déterminer également la mortalité des chauves-souris au sol de la manière suivante:

- Augmentation de la fréquence des recherches durant les mois de juin, juillet et août. L'étude de l'OFEN portant principalement sur les impacts sur la migration aviaire, l'été devait être moins fréquemment inventorié. Cependant, comme l'activité chiroptérologique peut être importante durant l'été, les 69 passages initialement dédiés aux oiseaux sur l'ensemble de l'année ont été complétés par 16 passages plus spécifiques aux chiroptères en été.
- Détermination de facteurs correcteurs propres aux chauves-souris: taux de disparition et taux de détection des observateurs. Ces taux étaient bien déterminés dans l'étude de l'OFEN, mais sur la base d'oiseaux et non de petits mammifères et il était probable que les taux respectifs soient différents.

L'étude chiroptérologique se base donc sur les résultats de la totalité des relevés de terrain (oiseaux et chiroptères, 85 passages), mais applique les facteurs correcteurs propres aux chauves-souris.

3.2.2 Méthodologie générale

La méthodologie détaillée est décrite dans le rapport de la SOS qui figure en annexe. Les principaux points sont résumés ci-dessous.

- Période d'investigation : mars à novembre 2015 (258 jours).
- Nombre de relevés de terrain : 85 (un relevé tous les 2-4 jours).
- Rayon de recherche : 100 m (50 m durant une partie de l'été pour 16 passages).
- Estimation des taux de détection par l'observateur et de disparition au moyen de leurres, respectivement de cadavres de campagnols des champs (*Microtus arvalis*). Ces derniers étaient déposés entiers ou coupés en 2 parties transversalement à l'axe du corps.
- Estimation de la proportion de la surface inventorable sous chaque éolienne, ainsi que de la hauteur de la végétation. C'est le produit entre la proportion de la surface qui peut être prospectée par la proportion de chauves-souris trouvée en fonction de la distance à chaque éolienne qui a été déterminée. De la sorte, les anneaux les plus éloignés de l'éolienne sont sous-pondérés par rapport à ceux situés à proximité de cette dernière.
- Estimation de la détectabilité des cadavres au sol par le classement de la végétation en 3 classes de hauteur.
- Calcul de la mortalité sous forme de répartition probabiliste.

Les recherches ont été menées sous chaque éolienne par une seule personne lors de chaque jour de relevé. L'ordre de recherche des éoliennes a été régulièrement changé.

3.2.3 Particularités méthodologiques

L'étude visant à obtenir des résultats aussi fiables et précis que possible, les mesures d'optimisation suivantes ont été prises:

² Aschwanden et al., 2016

- La hauteur de l'herbe a été maintenue aussi courte que possible par des fauches régulières. Au début du printemps, les premières recherches ont été menées sur la neige, puis sur un sol "nu" avant la repousse de l'herbe. Au total, près de 75% des observations ont pu être menées avec une hauteur d'herbe ≤ 5 cm.
- Pour faciliter un entretien régulier de la végétation, des contacts ont été noués très tôt avec les exploitants agricoles et ceux-ci ont été indemnisés pour le surcroît de travail et la perte de rendement.
- L'heure de commencement des relevés de terrain a été adaptée à la saison de manière à pouvoir commencer aussi vite que la luminosité le permettait, de manière à diminuer le taux de disparition des cadavres.
- L'aire d'étude, de forme circulaire et d'un rayon de 50, respectivement 100 m selon la saison, a été délimitée, pour chaque éolienne, au moyen de plusieurs piquets qui servaient de repère pour les transects.
- Les transects ont été effectués le long de lignes parallèles distantes de 5 m les unes des autres. Les transects étaient parcourus en prenant comme point de repère un jalon de 2m de hauteur placé à l'extrémité à leur extrémité. Lorsque l'opérateur arrivait au jalon, il le déplaçait de deux largeurs de transect sur le point du prochain retour, puis revenait d'une largeur de transect pour se trouver en face du jalon placé précédemment à l'autre extrémité, et ainsi de suite. Le sens et le début des transects étaient modifiés de manière aléatoire à chaque passage.
- En complément, une tablette (Samsung Galaxy Active, 10.1 pouce) équipée d'un GPS a été employée. Elle permettait de montrer, en temps réel, l'emplacement de l'observateur par rapport aux limites d'études de chaque éolienne et aux transects théoriques et d'enregistrer la position des découvertes.
- La capacité de détection des observateurs a d'abord été testée au moyen de campagnols des champs (*Microtus arvalis*) et de leurres. Comme les campagnols se sont révélés beaucoup plus gros que les chauves-souris, on n'a finalement plus utilisé que les leurres (fabriqués à partir de morceaux de feutre et de tissu plus ou moins crépu). L'emplacement des leurres et des cadavres a été relevé au moyen d'un GPS.
- Les tests de disparition ont été effectués à l'aide de campagnols des champs entiers ou coupés en deux parties. Pour éviter tout risque de confusion, la queue des campagnols entiers a été coupée. Les campagnols étaient placés dans le champ de vision des pièges photographiques. L'emplacement des cadavres a été relevé au moyen d'un GPS, mais de petites baguettes ont parfois été placées à proximité des cadavres pour faciliter les contrôles.

Enfin, afin de mieux comprendre les causes de disparition des cadavres au sol, 8 pièges photographiques ont été disposés.

3.3 RAPPEL DES PRINCIPAUX RÉSULTATS

3.3.1 Facteurs correcteurs

Les cadavres de campagnols disparaissent très vite. Le taux de persistance - probabilité de retrouver le lendemain un cadavre déposé la veille en fin de journée - est de 0.62 (intervalle de confiance à 95% compris entre 0.5 et 0.72). En moyenne, les cadavres persistent sur le terrain durant 2 jours, les demi-cadavres disparaissant en moyenne plus rapidement.

Le taux de détection par l'observateur a été en moyenne de 0.58 (intervalle de confiance à 95% compris entre 0.43 et 0.71). Il dépend du type d'objet recherché (leurre ou campagnol), ainsi que de la hauteur de la végétation (une végétation plus courte que 5 cm permet un meilleur taux de détection).

L'environnement composé principalement de prairies et de pâturages a permis une bonne couverture du terrain ; en effet, la probabilité qu'une chauve-souris tuée se trouve dans la surface parcourue a été en moyenne de 91%.

3.3.2 Mortalité

Les chauves-souris découvertes sont au nombre de 13, soit 7 Pipistrelles communes (*Pipistrellus pipistrellus*) et 6 Pipistrelles de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*). Elles ont été trouvées entre le 13 juillet et le 5 octobre.

Sur cette base, la mortalité est estimée pour les 3 machines à 56 chauves-souris/année (comprise avec une probabilité de 95% entre 31 et 106). La moyenne annuelle par éolienne est donc de 18.7 (marges à 95% entre 10.3 et 35.3).

4 ANALYSE DES RÉSULTATS ET MISE EN PERSPECTIVE

4.1 ANALYSE DES RÉSULTATS

4.1.1 Facteurs correcteur

Disparition des cadavres

La disparition des cadavres est en général rapide. Ainsi, Beucher et al. (2013) mentionnent une persistance moyenne comprise entre 2.59 et 2.70 jours (persistance = 0.81, n = 27), très semblable aux 2.74 jours relevés par Rico et al. (2011). Niermann et al. (2011) ont mesurés eux un taux de persistance moyen de 0.79 (n=30), mais celui-ci varie beaucoup avec les installations (entre 0.47 et un peu plus de 0.90 environ). Dans l'étude suivante, Niermann et al. (2015) observent un taux de persistance moyen de 0.72 (intervalle de confiance à 95% compris entre 0.53 et 0.84), la durée moyenne de persistance des cadavres étant de 3.5 jours. Les valeurs observées au Peuchapatte sont donc assez semblables.

On peut noter que les taux de persistance observés pour des souris ou des Noctules ne sont pas significativement différents (Niermann et al. 2011).

Détection par l'observateur

Le taux de détection a par contre été un peu plus faible au Peuchapatte que ceux observés dans les études mentionnées ci-dessus. (Rico et al. 2011: entre 0.50 et 0.80, Beucher et al. 2013 entre 0.70 et 0.76, Niermann et al. 2011: 0.64 à 0.83 pour une surface ouverte, Niermann et al. 2015: 0.90). Le taux de détection ne semble pas significativement différent entre des leurres, des souris et des chauves-souris (Niermann et al. 2015). Les différences peuvent venir tant des observateurs que des conditions rencontrées sur le terrain.

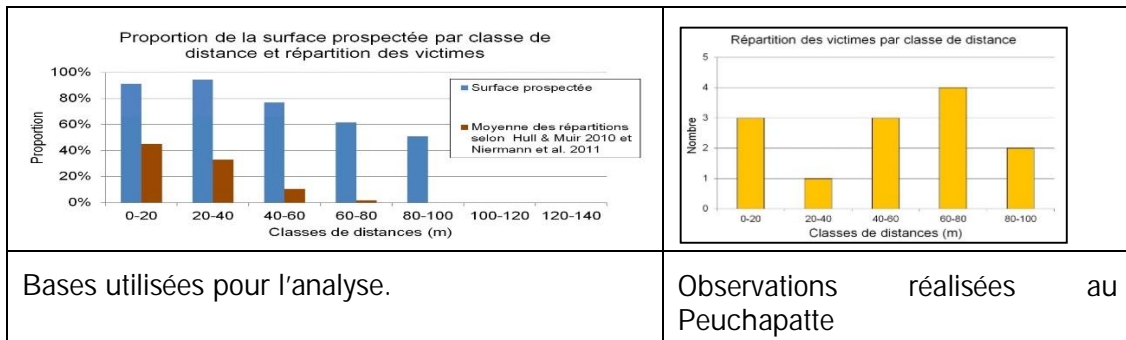
Au Peuchapatte, les leurres ont été plutôt moins bien retrouvés que les campagnols, bien que cela ne soit sans doute pas statistiquement significatif. La taille des leurres correspond cependant davantage à celle des chauves-souris trouvées. En outre, il est arrivé que les observateurs remarquent parfois des traces de pas dans l'herbe, ce qui pouvait aiguïser leur sens de l'observation et améliorer la détection des leurres ou des campagnols.

En conclusion, et bien que retenant le taux de détection calculé de 0.58, et contrairement à l'évaluation de la SOS, nous pensons que ce chiffre est plutôt surestimé, et donc que de ce point de vue la mortalité réelle est plutôt sous-estimée.

Surface inventoriée

Afin d'estimer la proportion de cadavres susceptibles d'être retrouvés, on a utilisé une répartition des victimes en fonction de la distance au mât de l'éolienne basée sur une

moyenne d'observations réelles effectuées en Allemagne (Niermann et al. 2011) et d'une simulation théorique (Hull & Muir 2010). La répartition plus récente observée par Niermann et al. 2015 est semblable à celle-ci. Par contre, ces références diffèrent sensiblement de la répartition observée au Peuchapatte, bien que cette dernière, ne reposant que sur 13 observations, soit statistiquement moins sûre.



Si la répartition observée au Peuchapatte reflète bien celle de l'ensemble des victimes, cela signifierait que potentiellement davantage de cadavres qu'attendu sont tombés dans les classes de distance 60-80m et 80-100m, et donc que la probabilité qu'une chauve-souris soit tombée à l'intérieur de la surface inventoriée est plus faible que notre estimation. Cette observation doit cependant être relativisée en ce sens que, si l'on observe la figure 22 du rapport de la SOS en annexe, on remarque que les cadavres découverts le plus loin de l'éolienne sont en général plus ou moins alignés dans un axe NNE-SSW, parallèle à la lisière de la forêt (en vert) et qui correspond à l'axe des vents dominants sur le site. On peut donc s'attendre à ce que proportionnellement moins de chauves-souris soient tombées dans la zone forestière non inventoriée.

En conclusion, nous retenons la proportion de 91% des victimes tombées à l'intérieur de la surface inventoriée, sachant que ce chiffre est plutôt surestimé et donc que de ce point de vue la mortalité calculée est plutôt sous-estimée.

4.1.2 Mortalité

La seule autre étude effectuée dans l'Arc jurassien a porté en 2007 sur 3 éoliennes du parc du Mont Crosin. Si l'on ne considère pas l'éolienne de l'Entlebuch au pied de laquelle aucune chauve-souris n'a été trouvée ni la petite éolienne de la Montagne de Tramelan (hauteur totale : 24.4 m), la mortalité corrigée a été en moyenne de 13.2 chauves-souris/éolienne* période [min: 8.4 ; max: 18.4]. Les recherches se sont déroulées de juin à octobre compris, ce qui recouvre les mois durant lesquels des cadavres ont été retrouvés au Peuchapatte. Cependant, à strictement parler, puisque les recherches n'ont pas été menées durant toute la période d'activité des chauves-souris, on ne peut pas parler d'une mortalité annuelle. Il faut noter que la méthodologie était alors sensiblement allégée avec une recherche toutes les 2 semaines ainsi que des méthodes statistiques moins élaborées. Les résultats restent cependant valables (F. Korner-Nivergelt, comm. pers.) et se recourent bien avec ceux du Peuchapatte.

Dans le cadre de l'étude sur les impacts cumulés des éoliennes sur l'avifaune (DGE 2016) le canton de Vaud a établi une compilation de nombreuses données de la littérature portant sur la mortalité onshore dans les pays européens. Nous avons repris de ce travail les résultats pour les pays voisins de la Suisse (qui abritent des espèces relativement identiques) en excluant les études qui n'ont trouvé aucun cadavre. Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Données de mortalité issues de la littérature et comparaison avec la présente étude. On se souviendra que cette dernière, comme celle relative au Mont Crosin, ne concerne qu'un site, contrairement aux autres références. La moyenne et la médiane n'ont de ce fait pas la même signification.

* : intervalle de confiance supérieur à 95%.

** : Etude sur les impacts cumulés, pays voisins, sans les 0 (DGE, 2016).

*** : sur une moyenne de 92 nuits comprises entre le 10 juillet et le 30 septembre pour 30 éoliennes.

**** : Leuzinger et al., 2008.

| | Toutes les espèces | | | | Pipistrelle commune | | |
|-------------|------------------------|-------------|-----------------|-------------------------|------------------------|-------------|-----------------|
| | Revue de littérature** | Cette étude | Mont Crosin**** | Niermann et al. 2011*** | Revue de littérature** | Cette étude | Mont Crosin**** |
| Médiane | 3.6 | 18.7 | | 3.66 | 0.6 | 10.1 | |
| Moyenne | 6.6 | | 13.2 | 9.5 | 1.9 | | 6.6 |
| 3e quartile | 4.8 | | | 6.9 | 0.8 | | |
| Maximum | 41.1 | 35.3* | 18.4 | 36.14 | 8.8 | 19.0* | 9.2 |

Plusieurs constatations peuvent être effectuées :

- La mortalité observée au Peuchapatte, toutes espèces confondues, est en comparaison européenne très élevée même si elle ne dépasse pas le maximum observé. Elle est par ailleurs dans le même ordre de grandeur qu'au Mont Crosin. La mortalité observée n'est donc pas a priori irréaliste.
- La mortalité observée au Peuchapatte est plutôt sous-estimée sur la base des remarques faites sur le taux de détection ainsi que sur la surface inventoriée.
- Seules deux espèces ont été retrouvées : une espèce locale (*P. pipistrellus*) et une espèce qui effectue des migrations (*P. nathusii*). On ne peut cependant pas affirmer :
 - o Que les éoliennes ne sont pas dangereuses pour d'autres espèces dans l'Arc jurassien. La mortalité dépend également de la fréquentation du site par l'espèce considérée. Le cas de la Sérotine boréale (*E. nilssonii*) est discuté plus bas.
 - o Que le périmètre du parc soit un site de migration préférentiel. Il faudrait pour cela montrer que d'autres périmètres voisins ne présentent pas de mortalité de *P. nathusii*, ou alors beaucoup plus faible. Les observations du Peuchapatte indiquent seulement que cette espèce ne semble pas fréquenter ce site toute l'année, mais seulement à partir de septembre (en 2015), ce qui est compatible avec nos connaissances sur le comportement migratoire de cette espèce.
- La Pipistrelle commune représente plus la moitié de la mortalité observée. Cela confirme la sensibilité de cette espèce vis-à-vis des éoliennes dans notre région, comme observé précédemment au Mont Crosin. Comme cette espèce est largement répandue en Suisse, on peut en déduire qu'on doit compter avec un risque semblable sur les autres parcs réalisés ou en projet.
- Malgré des recherches effectuées durant toute la période d'activité des chiroptères chez nous, la mortalité est concentrée dans la deuxième moitié de l'année, en 2015 au Peuchapatte dès la mi-juillet. Ceci confirme la nette tendance observée partout ailleurs en Europe (Rydel et al. 2010, Schuster et al. 2015). S'agissant cependant d'une espèce présente toute l'année dans nos régions, il est possible que le schéma de mortalité soit plus ou moins différent en fonction de l'année et du lieu.
- Les observations sont limitées à une seule année. Or, la mortalité pour une même éolienne peut différer sensiblement d'une année à l'autre (Beucher et al, 2013). Il n'est donc pas possible de déterminer si le résultat enregistré est exceptionnel ou concorde avec la moyenne pluriannuelle.

- Malgré de très nombreux passages, l'incertitude sur la mortalité réelle demeure relativement élevée (de l'ordre de 100% pour la borne supérieure). Une cause probable en est le taux de détection modeste des observateurs (Reyes, 2016). Un autre effet peut en être une surestimation de la mortalité réelle, mais qui ne devrait pas dépasser ici 10 %. Ce taux de détection rend par contre plus probable la non-détection d'espèces rarement victimes.

Enfin, une autre correction qui devrait être apportée aux chiffres énoncés ci-dessus concerne la mortalité « cachée » : des chauves-souris touchées par les éoliennes peuvent tomber en dehors du rayon de recherche, ou même mourir plus tard des conséquences de leurs blessures. Cette proportion reste cependant pour l'instant totalement inconnue.

En conclusion:

- Selon nos connaissances actuelles en Europe, la mortalité observée au Peuchapatte est élevée, bien que l'incertitude sur sa valeur absolue reste relativement importante.
- Deux espèces, la Pipistrelle commune (*P. pipistrellus*) et la Pipistrelle de Nathusius (*P. nathusii*), sont largement majoritaires; d'autres espèces peuvent néanmoins être victimes, mais alors dans des proportions nettement plus faibles.
- La mortalité est concentrée sur 3 mois entre juillet et octobre.

La Sérotine boréale (*E. nilssonii*)

Alors que les autres espèces de Sérotines ne sont pas particulièrement connues pour fréquenter la région, il est surprenant qu'aucune Sérotine boréale n'ait été découverte, malgré la présence de colonies aux Breuleux et à Saignelégier³, et l'enregistrement de séquences au sol et dans les nacelles. Il est vrai que cette espèce est relativement peu fréquente dans les statistiques de mortalité en Europe (Dürr, 2017) où elle représente environ 0.5% des annonces. Cette espèce est cependant en général peu répandue en Europe (ce qui peut expliquer cette faible proportion) à l'exception de quelques pays (Estonie, Finlande, Lettonie, Suède) dans lesquels alors son importance relative dans les impacts constatés est beaucoup plus forte (entre 17 et 100% des impacts, mais avec des chiffres absolus parfois très faibles).

Peut-on conclure de l'absence de Sérotine boréale dans les cadavres découverts que cette espèce n'est pas touchée par les éoliennes au Peuchapatte ? Nous ne le pensons pas. En effet, dans l'hypothèse que 5% des victimes du Peuchapatte appartiennent à cette espèce (soit 3 individus sur les 56 pronostiqués par années pour les 3 machines), la probabilité qu'on ne retrouve aucune Sérotine parmi les 13 victimes est d'environ 50%.

En conclusion, l'absence de Sérotine boréale (*Eptesicus nilssonii*) parmi les victimes ne signifie pas que cette espèce n'est pas du tout touchée. Si elle est parfois touchée, on peut cependant raisonnablement penser que sa proportion relativement aux autres espèces est faible.

³ Selon les récents résultats de l'inventaire mené par les parcs régionaux du Doubs et de Chasseral, V. Uldry, comm. pers.

4.2 INFLUENCE SUR LES POPULATIONS

4.2.1 La Pipistrelle commune

L'impact possible de la mortalité observée au Peuchapatte sur les populations régionales est très difficile à estimer, notamment pour les raisons suivantes :

- Les paramètres démographiques de l'espèce sont peu ou pas connus, particulièrement en Suisse.
- La population régionale est mal connue.
- L'utilisation de l'espace, notamment le rayon de chasse et les échanges entre colonies, demeure largement méconnue.

Plusieurs approches ont été utilisées pour estimer la population de Pipistrelles communes présente dans un rayon d'environ 3 km⁴ :

- Pour le canton de Vaud, T. Bohnenstengel a développé une méthode permettant d'estimer à grande échelle la population de Pipistrelles communes (DGE, 2016, Annexe B, P. 129). Sur cette base, on peut estimer la population de cette espèce, dans un rayon de 3 km autour du Peuchapatte et en incluant le village des Bois (4-5 km), à environ 700 individus.
- Une estimation à dire d'expert du correspondant régional du CCO (M. Blant, comm. pers.) arrive à un chiffre semblable.
- Enfin, les parcs naturels du Doubs et de Chasseral ont effectué en 2017 une recherche des principales colonies des villages des Franches-Montagnes (étude non publiée, comm. pers. de V. Uldry). Deux colonies de reproduction de 40 à 60 femelles ont été découvertes aux Pommerats et à proximité de Bois. Il est très probable que d'autres colonies soient présentes également au Noirmont et aux Breuleux ainsi que peut-être aux Emibois et dans les hameaux comme le Cerneux-Veusil et le Boéchet. Il est par ailleurs possible qu'un village héberge 2 colonies, voire davantage. Sur cette base, une population de 150 à 300 femelles semble envisageable, ce qui correspondrait à environ 250 à 500 individus (sur la base de 1.65 individus/femelle, selon DGE, 2016, Annexe B, p. 129).

Nous retiendrons par la suite une estimation prudente de 500 individus.

Les 30 Pipistrelles communes tuées en 2015 au Peuchapatte [16.7 à 57.1] représenteraient alors quelque 6.0 % [3.3 – 11.4 %] de la population.

La mortalité annuelle potentielle de l'ensemble des projets de parcs éoliens estimée pour le Jura vaudois est de 1168 à 1628 individus (ibid., p. 137), pour une population estimée à 14'376 individus dans un rayon de 3 km (ibid., p. 129), ce qui représente un pourcentage de 8.1 à 11.3 %. Dans un rayon de 10 km, la population est estimée à 56'905 individus et la mortalité représente alors 2.1 à 2.8%. Cette étude conclut sur cette base à une forte diminution de la population locale, mais ajoute que si les Pipistrelles se dispersent sur 10 km au lieu de 3 km l'effet des collisions sera nettement plus faible, les incertitudes multiples et élevées empêchant en définitive une prédiction fiable. Pour le Peuchapatte, l'influence sur la population locale (3 km) est du même ordre de grandeur, mais les incertitudes également.

⁴ Le rayon à l'intérieur duquel une population entretient des échanges réguliers est très peu connu. L'étude sur les impacts cumulés dans le canton de Vaud (DGE, 2016) envisage 2 rayons respectivement de 3 et 10 km. Nous avons choisi ici le plus petit comme représentant le cas potentiellement le plus problématique, un rayon de 10 km portant jusqu'à Chasseral ou Tramelan, ce qui semble peu probable pour cette espèce et obligerait par ailleurs à considérer également les éoliennes du parc du Mont-Crosin. Le rayon de 3 km correspond par ailleurs au rayon d'action potentiel de cette espèce entre un gîte et ses terrains de chasse.

Les effets de la mortalité additionnelle provoquée par le parc du Peuchapatte ne sont cependant certainement pas négligeables et des mesures de réduction de celle-ci seraient de ce point de vue justifiées.

A l'échelle de la Suisse, sur la base du nombre d'éoliennes en activité aujourd'hui, nous estimons que l'impact actuel sur la Pipistrelle commune est très faible.

En conclusion, on peut estimer qu'au Peuchapatte la mortalité additionnelle causée par les éoliennes n'est certainement pas négligeable pour une espèce à faible pouvoir de reproduction comme la Pipistrelle (espèce de type K), mais que son ampleur ne peut pour l'instant pas être appréciée. A l'échelle de la Suisse, l'impact des éoliennes sur cette espèce est actuellement très faible.

4.2.2 Autres espèces

Les autres espèces les plus courantes susceptibles d'être présentes dans la région sont :

- La Sérotine boréale (*Eptesicus nilssonii*) : des colonies étaient connues dans la région au siècle passé, mais son statut actuel est encore peu clair. L'inventaire récent mené par les parcs régionaux (voir ci-dessus) a permis de mettre en évidence deux colonies de reproduction d'environ 30 femelles chacune aux Breuleux et à Saignelégier. L'espèce est également présente aux Bois et au Noirmont, mais sans que des colonies aient été découvertes (V. Uldry, comm. pers.).
- La Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) : passages épisodiques possibles, mais a priori pas de colonies dans la région. L'espèce est par contre répandue dans le Clos du Doubs.
- Oreillard brun (*Plecotus auritus*) et petites espèces de *Myotis* : espèces peu touchées directement par les machines selon la littérature (Dürr 2017).

L'impact sur la Pipistrelle de *nathusius*, s'agissant d'une espèce migratrice particulièrement sensible aux impacts cumulés, est impossible à apprécier sur la base de nos résultats.

La Sérotine boréale est une espèce prioritaire au niveau national. C'est également une des espèces caractéristiques du plateau des Franches-Montagnes ainsi que du Vallon de St-Imier proche. Nos connaissances actuelles ne sont malheureusement pas suffisantes pour donner une estimation fiable de cette population sur les Franches-Montagnes, qui est cependant très certainement beaucoup plus faible que la population de Pipistrelle commune. L'espèce est cependant en régression dans le canton de Neuchâtel (T. Bohnenstengel, comm. pers.) et dans le Jura bernois (Uldry et al., 2016) et ce pourrait également être le cas dans les Franches-Montagnes. Une mortalité additionnelle même relativement faible pourrait donc avoir un impact non négligeable sur cette petite population.

La Sérotine bicolore (*Vespertilio murinus*) a été entendue assez fréquemment dans les enregistrements effectués depuis les nacelles. C'est une relative surprise en ce sens que cette espèce n'était pas connue pour fréquenter les Franches-Montagnes, où aucune colonie n'est connue (comm. pers. M. Blant) On a cependant observé récemment que cette espèce, établie dans le Val de Travers, traversait régulièrement la chaîne Creux du Van – Chasseron pour aller se nourrir au bord du lac de Neuchâtel, effectuant ainsi de longs déplacements (T. Bohnenstengel, comm. pers.).

En conclusion:

- **On ne peut pas exclure qu'un faible pourcentage de la mortalité causée par le fonctionnement des éoliennes du Peuchapatte concerne la Sérotine boréale (*Eptesicus nilssonii*).**

- Il n'est pour l'instant pas possible d'estimer l'importance de cette éventuelle mortalité pour la population de cette espèce. Une faible mortalité ne constitue cependant pas une certitude suffisante pour affirmer que cet éventuel impact est négligeable.

4.3 REPRÉSENTATIVITÉ DES RÉSULTATS

Dans quelle mesure les résultats obtenus sont-ils transférables à d'autres sites jurassiens ?

L'activité que nous avons mesurée depuis des mâts de mesure du vent (50 m) sur différents sites de projets éoliens de l'Arc jurassien a confirmé les constatations de la littérature qui montrent que l'activité comme la mortalité peuvent être fort différentes entre sites de même qu'entre les éoliennes d'un même site. Chaque site nécessite donc un examen particulier. Cette restriction importante étant posée, et en comparant le Peuchapatte à nos observations faites dans l'Arc jurassien, nous pouvons faire les constatations suivantes :

- Le spectre des espèces démontrées au Peuchapatte ne semble pas fondamentalement différent. La proportion entre taxons peut toutefois différer.
- La proportion d'activité des Nyctaloides a tendance à être plus faible au Peuchapatte.
- La proportion d'activité de la Pipistrelle de Nathusius (*P. nathusii*) semble nettement plus forte au Peuchapatte.
- La proportion de Pipistrelle commune (*P. pipistrellus*) parmi les Pipistrelloides est partout très importante.
- Tout en restant un site de crête, le relief du Peuchapatte est moins marqué et son altitude se situe dans la frange basse par rapport à l'ensemble des sites étudiés.
- La mortalité calculée au Peuchapatte est du même ordre de grandeur, et même un peu plus élevée que celle mesurée au Mont-Crosin.

Tout en rappelant que chaque site doit faire l'objet d'un examen particulier, on peut émettre les pronostics suivants pour les autres sites de l'Arc jurassien :

- On peut s'attendre à une mortalité portant principalement sur la Pipistrelle commune.
- La mortalité affectant le groupe des Nyctaloides pourrait être plus élevée qu'au Peuchapatte. La prédiction est cependant difficile, ces espèces pouvant facilement parcourir 10 km et plus pour gagner leur terrain de chasse.
- Une activité observée de 2 à 3 séquences par nuit peut déjà conduire à une mortalité élevée si aucune mesure particulière n'est prise.

5 APPRÉCIATION DE LA MÉTHODOLOGIE

5.1 POINTS FORTS/FAIBLES DE LA MÉTHODOLOGIE

La recherche de cadavres par une personne est à notre connaissance à l'heure actuelle une des bases de l'estimation de la mortalité, qu'elle soit appliquée directement ou qu'elle ait servi à développer des formules basées sur l'activité à proximité des machines et des valeurs météorologiques. Elle permet également de déterminer quelles espèces sont directement touchées, ainsi que le sexe-ratio et, dans une mesure limitée, l'âge des victimes. Elle présente néanmoins plusieurs points faibles et défauts :

- Chronophage et coût élevé⁵ : une recherche sérieuse sous une machine demande beaucoup de temps, à quoi il faut ajouter le temps d'accès au site, souvent éloigné des agglomérations. Pour obtenir une précision suffisante, il faut en outre procéder à des contrôles fréquents de manière à ce que le temps entre deux contrôles soit court (1 à 3 jours). Ceci se répercute évidemment sur les coûts.
- Répartition des cadavres en fonction de la distance à l'éolienne. Cette donnée de base est très importante afin de définir un rayon optimal de recherche, celui-ci ayant une influence quadratique sur le temps de recherche et donc sur son coût. Les auteurs observent en général une répartition diminuant de manière hyperbolique avec l'éloignement au mât (Niermann et al. 2011), les cadavres pouvant être cependant emporté assez loin (plus de 140 m) en fonction de leur poids et de la vitesse du vent (Niermann et al. 2011b). Les résultats enregistrés au Peuchapatte ne permettent pas d'établir une répartition statistiquement fiable des points de chute en fonction de la distance, mais force est de constater qu'ils semblent différer de la répartition observée en Allemagne, avec une proportion importante de cadavres récoltés au-delà de 60 m. On peut donc penser que de ce point de vue le nombre de chauves-souris trouvées au Peuchapatte devrait être corrigé vers le haut. Dans cette perspective, la distance de recherche aurait dû être portée à plus de 100 m, avec toutefois des coûts d'étude nettement plus élevés.
- Calculs statistiques. Plusieurs formules ont été mises au point, mais les mathématiques qui les sous-tendent et le calcul des facteurs correcteurs sont ardues pour le non-spécialiste. Des protocoles standards ont été établis (par exemple « Carcass », Korner-Nievergelt et al. 2015, ou encore Probat <http://www.windbat.techfak.fau.de/tools/probat.shtml>), mais ceux-ci doivent parfois être adaptés aux caractéristiques particulières du protocole d'étude. Une vérification par un spécialiste est alors indispensable.
- Persistance des cadavres. Contrairement aux animaux de grande taille ou aux oiseaux, pour lesquels il est possible de retrouver des plumes en l'absence du cadavre, les restes des chauves-souris disparaissent très rapidement et complètement. En outre, les cadavres secs qui n'ont pas été emportés ont tendance à s'enfoncer dans l'herbe et deviennent très difficiles à voir. Cette faible

⁵ Une société polonaise (EMPEKO) a développé très récemment une méthode (batfinder) qui permettrait de compter les victimes automatiquement au moment de l'accident (sur le site). Cette méthode n'est cependant pas encore commercialisée.

- persistance renforce la nécessité de procéder à des inventaires de terrain à des intervalles de temps courts.
- La persistance des cadavres est par ailleurs estimée au moyen d'autres espèces (petits rongeurs), en raison de la faible disponibilité en chiroptères. Si la comparaison avec des Noctules semble bonne (Niermann et al. 2011), on sait beaucoup moins de choses sur la représentativité de ces micromammifères par rapport à des Pipistrelles par exemple.
 - Le problème se pose de manière identique pour la détermination du taux de découverte au moyen de leurres ou de micromammifères. Si les différences n'apparaissent pas significatives (Niermann et al. 2015), le nombre d'études étayant cette observation est encore très faible.
 - La généralisation des observations effectuées au cours d'une seule année en une moyenne pluriannuelle est également hasardeuse. En effet, la mortalité est susceptible de varier d'année en année en fonction des conditions météorologiques, de l'adaptation des chiroptères à la répartition de l'abondance de leurs proies, voire du hasard (Beucher et al, 2013).
 - Fondamentalement, un hiatus temporel demeure entre l'activité et les conditions météorologiques, qui peuvent être suivies depuis les nacelles théoriquement à la minute près, et la mortalité dont la meilleure précision avec cette méthode est limitée à la nuit. Il est ainsi difficile de mettre en relation directe les causes et leurs effets de manière à comprendre quelles sont les situations qui présentent le plus de risques, particulièrement si l'activité est faible et irrégulière.
 - Un terrain dégagé est indispensable pour espérer avoir un bon taux de découverte. Même si le terrain est favorable (culture, prairie ou pâturage) ceci suppose une maîtrise du foncier ou des efforts plus ou moins importants de persuasion et de coordination avec les exploitants agricoles de manière à assurer un entretien semi-intensif de la surface inventoriée.
 - En Suisse, les sites propices aux éoliennes sont souvent situés sur des crêtes et éloignés des grands axes de circulation. Le déplacement sur le site même demande donc déjà un certain temps, qui s'ajoute à celui nécessaire pour la recherche des cadavres.
 - La qualité et la précision de l'estimation de la mortalité nécessitent la découverte d'un nombre minimal de cadavres, un minimum d'une dizaine étant en principe nécessaire (Korner-Nievergelt et al. 2011). Si la mortalité effective sur un site est faible, ou si l'on s'intéresse à la mortalité causée sur une espèce rare, il devient vite impossible ou très compliqué d'obtenir des résultats probants.

En résumé, la méthode est sous plusieurs aspects irremplaçable, mais gourmande en temps et coûteuse, nécessitant une bonne coordination et une maîtrise sérieuse des aspects statistiques. Les résultats, malgré une application soigneuse du protocole et un investissement important, restent entachés d'une incertitude souvent conséquente.

5.1.1 Problèmes méthodologiques rencontrés au Peuchapatte

Tout au cours de l'étude, plusieurs problèmes concrets sont venus perturber la méthodologie mise en place.

Observations sur le terrain

- Repères sur le terrain délimitant le périmètre de recherche : s'agissant de piquets d'une soixantaine de cm de haut, ils n'étaient pas toujours très visibles et même un faible mouvement de terrain pouvait les dissimuler. En outre, ils représentaient une gêne pour l'agriculteur au moment de la fauche. Ils se sont donc révélés peu utiles grâce à l'emploi de la tablette GPS et de sa cartographie intégrée.
- Repérage à la boussole le long des transects : Cette technique n'est pas idéale et ne devrait être utilisée que faute de mieux. En effet, on court le risque de regarder

- davantage la boussole que le terrain le long du transect. L'emploi de jalons avec la tablette avec application cartographique et GPS en complément s'est révélé plus efficace.
- Jalons : ce sont de bons points de repère, pour autant que le secteur ne soit pas pâturé (voir ci-dessous).
 - Morphologie du terrain et pente : au Peuchapatte, par chance, le terrain était assez uniforme. Si la pente avait été plus forte, le terrain très irrégulier ou coupé par une haie, l'orientation des transects aurait été davantage imposée, et le parcours strict de ceux-ci à une vitesse régulière rendu plus difficile.
 - Tablette avec application géographique et GPS : cela peut représenter un bon complément pour autant qu'elle ne soit que rarement consultée, comme outil de vérification du parcours et lors de la découverte d'un cadavre comme appareil photo et moyen de saisie des coordonnées. La précision utile devrait être de l'ordre de grandeur de quelques mètres. Par temps froid, une attention particulière doit être accordée à son autonomie.
 - Leurres: ils se sont révélés plus efficaces que les cadavres de campagnols pour déterminer le taux de détection de l'observateur. Leur taille et leur aspect sont plus semblables à une chauve-souris et ils ne sont jamais prélevés par un prédateur.
 - Influences anthropiques : le site accueille régulièrement des promeneurs avec ou sans chiens, qui ont parfois entravé les mesures. De nombreux chats de ferme ont également été observés, mais leur influence est incluse dans les taux de disparition des cadavres.

Agriculture :

Les terrains placés sous les éoliennes restent en grande majorité exploités de manière agricole. Il peut en résulter quelques désagréments si une bonne information et une intense coordination ne sont pas mises en place. Quelques exemples :

- Purinage: le purinage de la zone d'étude diminue la visibilité des éventuelles victimes. En outre, il n'est pas sûr que le taux de disparition des cadavres soit identique. Il faut donc absolument éviter ce traitement durant l'étude.
- Pâturage : les excréments, de même que le piétinement, ne représentent en principe pas un gros problème à moins que la densité du bétail ne soit très importante. La pâture peut cependant s'accompagner de quelques désagréments :
 - o Les jalons de repère pour les transects étaient régulièrement couchés, les vaches affectionnant de se frotter contre eux.
 - o La pâture est plus ou moins sélective, selon l'herbage et le bétail. Les refus, s'ils sont nombreux, peuvent limiter la visibilité au sol.
 - o En déplaçant les cadavres, le bétail peut entraver la détermination du taux de disparition en ce qu'ils sont plus difficiles à retrouver.
 - o Le parcours à travers le pâturage peut être difficile ou dangereux selon le bétail qui y pâture (vaches mères, taureau, etc.).
- Clôtures : la pâture s'accompagne généralement de clôtures dans l'Arc jurassien. S'il est relativement facile de tenir compte des clôtures fixes au début du travail, de manière à orienter les transects le plus possible parallèlement à elles, la pâture d'automne peut entraîner la mise en place de clôtures volantes (électrifiées), en travers des transects.
- Fauches: la nécessité de fauches plus fréquentes que pour une exploitation agricole habituelle entraîne une perte de rendement et un travail supplémentaire, qui peuvent cependant être dédommagés financièrement. Pratiquement, il faut cependant encore considérer que :
 - o L'exploitation agricole, et donc la fauche, dépend des conditions météorologiques. Si les périodes de beau temps sont courtes,

- o l'agriculteur souhaitera faucher d'abord ses « bonnes » parcelles avant de s'occuper du terrain situé sous l'éolienne.
- o Certaines surfaces peuvent être déclarées en tant que surfaces de promotion de la biodiversité, et ne pas pouvoir être fauchées avant une certaine date. C'est un point à considérer dans le choix des éoliennes qui seront étudiées et à discuter avec les instances agricoles responsables des paiements directs. L'exploitant doit de toute manière être dédommagé en cas de diminution des paiements agricoles.
- o Si la fauche, et surtout l'andainage, sont réalisés durant le relevé ou juste avant, le résultat de l'inventaire peut être fortement perturbé. Il faut pouvoir effectuer le recensement juste avant la récolte du foin, ce qui implique une fois de plus une bonne coordination avec l'exploitant.
- Hersage: s'il n'a pas réellement posé de problème au Peuchapatte, il vaut évidemment mieux qu'il soit effectué juste après un contrôle que juste avant, au risque de perturber une évaluation d'un taux de disparition ou de déplacer/déchiqueter des cadavres.

5.1.2 Utilisation de chiens

L'utilisation de chiens est de plus en plus fréquemment mentionnée dans la littérature en raison des avantages qu'elle représente :

- Meilleur taux de découverte, particulièrement si la visibilité n'est pas bonne ou si le site se trouve sur un terrain raide et difficile à inventorier au moyen de transects (Bennett E., 2015). Le taux de découverte peut ainsi passer de 20% à 73% (Mathews et al., 2013), voire atteindre 100% (Bennett E., 2015).
- Méthode particulièrement utile si peu de chauves-souris sont attendues, que l'on recherche des espèces rares ou qu'un haut degré de précision est souhaité (Mathews et al., 2013, Bennett E., 2015).
- L'emploi d'un chien permet d'inventorier un site plus rapidement, d'environ 25% (Mathews et al., 2013, Bennett E., 2015).

Un certain nombre de considérations entrent cependant en ligne de compte :

- Le taux de découverte du tandem homme-chien doit être établi pour chaque site (Mathews et al., 2013).
- Il faut du temps pour entraîner le chien et l'homme.
- Les résultats sont influencés par les conditions météorologiques (vent, etc.) et l'état de décomposition des cadavres (Paula et al., 2011, Bennett E., 2014). Des conditions froides et sans vent sont par exemple défavorables.
- Les meilleurs résultats sont obtenus en faisant preuve de flexibilité et en comprenant bien quels sont les facteurs qui influencent le chien et son maître (Bennett, 2014).

En résumé, l'emploi de tandems maître-chien mériterait d'être essayé en Suisse pour la recherche de cadavres, particulièrement dans les terrains difficiles ou pour la recherche d'espèces peu fréquentes.

6 CONCLUSIONS

Les investigations menées au Peuchapatte ont permis de déterminer la mortalité associée à ce parc de manière fiable, quoiqu'avec une certaine imprécision. La mortalité estimée pour 2015 est élevée en terme absolu et en comparaison internationale, tout en rappelant qu'il existe une grande hétérogénéité méthodologique entre toutes les études. Cette mortalité touche au moins principalement deux espèces de pipistrelles, la Pipistrelle commune (*P. pipistrellus*) et la Pipistrelle de Nathusius (*P. nathusii*). L'impact de cette mortalité sur les populations de ces deux espèces ne peut pas être déterminé avec précision, mais il est probable que pour une espèce locale comme la Pipistrelle commune, cet impact ne soit pas négligeable à proximité. Des mesures de diminution des impacts sont donc fortement recommandées. On ne peut pas exclure que d'autres espèces soient touchées, mais en nombre absolu plus faible.

A l'échelle de la Suisse, l'impact des éoliennes sur la Pipistrelle commune peut actuellement être considéré comme très faible.

Ces investigations ont été complétées par l'enregistrement des séquences acoustiques depuis les nacelles de 2 éoliennes, ainsi que depuis le pied de celles-ci (voir le rapport de Swild : Windpark Le Peuchapatte, JU: Fledermaus Abklärungen 2015+: Analysen der Fledermausmessungen und Bewertung der Massnahmen).

La recherche de cadavres effectuée s'est révélée être un moyen très intéressant d'estimer la mortalité et les espèces touchées en ce sens que les résultats diffèrent sensiblement de ceux qu'on aurait pu attendre de la seule exploitation des séquences enregistrées.

La recherche de cadavres demeure cependant très gourmande en temps et en personnel, et suppose des conditions de terrain favorables et une bonne coordination de tous les acteurs pour livrer des résultats fiables. Au vu des résultats en provenance des nacelles et des autres méthodes actuellement disponibles, elle demeure à notre avis pour l'instant indispensable, ne serait-ce que pour établir la liste des espèces réellement touchées.

La construction de nombreux parcs éoliens est planifiée en Suisse. Un suivi de l'efficacité des mesures de réduction des impacts est communément admis. Ce suivi devrait autant que possible être standardisé et les résultats publiés afin que nos connaissances s'améliorent et que la cohabitation entre les éoliennes et la faune chiroptérologique puisse être optimisée.

BIBLIOGRAPHIE

- Arnett, E.B., 2006, A preliminary evaluation on the use of dogs to recover bat fatalities at wind energy facilities: v. 34, p. 1440-1445.
- Arnett, E.; Baerwald, E.; Mathews, F.; Rodrigues, L.; Rodríguez-Durán, A.; Rydell, J.; Villegas-Patracca, R.; Voigt, C. 2016. Impacts of Wind Energy Development on Bats: A Global Perspective. Springer International Publishing. 01 janvier 2016.
- Aschwanden Janine et Liechti Felix, 2016, Vogelzugintensität und Anzahl Kollisionsopfer an Windenergieanlagen am Standort Le Peuchapatte (JU), , Bundesamt für Energie BFE, 2016.
- Behr O., Brinkmann R., Korner-Nievergelt F., Nagy M., Niermann I., Reich M. & Simon R. 2015. Reduktion des Kollisionsrisiko von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT II). Leibniz Universität Hannover.
- Bennett E. 2014. Observations from the use of dogs to undertake carcass searches at wind facilities in Australia. In: Hull C.L., E. Bennett, E. Stark, Elizabeth, I. Smales, J. Lau, M. Venosta, eds. 2014. Wind and Wildlife: Proceedings from the Conference on Wind Energy and Wildlife Impacts, Vol. Part II. October 2012, Melbourne, Australia. Dordrecht. p. 113 – 123.
- Bennett E. 2015 Observations from the use of dogs to undertake carcass searches at wind facilities in Australia. In: Hull C, Bennett E, Stark E, Smales I, Lau J, Venosta M, editors. , editors. Wind and Wildlife: Proceedings from the Conference on Wind Energy and Wildlife Impacts, October 2012, Melbourne Australia Netherlands: Springer Science (2015). p. 113–23.
- Beucher Y., Kelm V., Albespy F., Geyelin M., Nazon L., Pick D., 2013 – Parc éolien de Castelnau-Pélagayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2ème, 3ème et 4ème années d'exploitation (2009-2011). 111p.
- Bispo R., Bernardino J., Paula J., Marques T. A., Costa H., Mascarenhas M. 2015. Enhancing the study design of carcass removal trials for bats and birds at wind farms. In Conference on Wind energy and Wildlife impacts, Berlin, 2015.
- Brinkmann R., Behr Oo. Niermann I. & Reich M. 2011 Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergie-anlagen. Leibniz Universität Hannover. Cuvillier Verlag Göttingen.
- Direction générale de l'environnement du Canton de Vaud (DGE), novembre 2016, Evaluation des impacts résiduels cumulés des éoliennes du Jura vaudois et des régions limitrophes sur la faune ailée, Annexe B, Lausanne.
- DULAC P. – 2008 - Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. Ligue pour la Protection

des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 pages.

- Dürr T. 2017. Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe. Internet: <http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>.
- Hein, C., Gruver, J., Arnett, E. 2013. Relating Pre-Construction Bat Activity and Post-Construction Bat Fatality to Predict Risk at Wind Energy Facilities: A Synthesis. Report by Bat Conservation International, Theodore Roosevelt Conservation Partnership, and Western Ecosystems Technology Inc (WEST)
- Korner-Nievergelt, F; Korner-Nievergelt, P; Behr, O; Niermann, I; Brinkmann, R; Hellriegel, B (2011). A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology*, 17(4):350-363.
- Korner-Nievergelt Fränzi, Behr Oliver, Brinkmann Robert, Etterson Matthew A., Huso Manuela M. P., Dalthorp Dan, Korner-Nievergelt Pius, Roth Tobias and Niermann Ivo, 2015, Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass – a tutorial, *Wildlife Biology* 21: 30–43, 2015
- Mathews, F., Swindells, M., Goodhead, R., August, T. A., Hardman, P., Linton, D. M. and Hosken, D. J. (2013), Effectiveness of search dogs compared with human observers in locating bat carcasses at wind-turbine sites: A blinded randomized trial. *Wildlife Society Bulletin*, 37: 34–40. doi:10.1002/wsb.256
- Mathews Fiona, Richardson Suzanne, Lintott Paul, Hosken David, Understanding the Risk to European Protected Species (bats) at Onshore Wind Turbine Sites to inform Risk Management, University of Exeter.
- Muller, J.; Warnke, M.; Reichenbach, M.; Köppel, J. 2015. Synopsis des internationalen Kenntnisstandes zum Einfluss der Windenergie auf Fledermäuse und Vögel und Spezifizierung für die Schweiz. Office fédéral de l'énergie. 19 novembre 2015
- Niermann Ivo, Behr Oliver, Brinkmann Robert, 2007, Methodische Hinweise und Empfehlungen zur Bestimmung von Fledermaus-Schlagopferzahlen an Windenergiestandorten, *Nyctalus (N.F.)*, Berlin 12 (2007), Heft 2-3, S. 152-162.
- Niermann I., Brinkmann R., Korner-Nievergelt F., Behr O. 2011 Systematische Schlagopfersuche – Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. In Brinkmann et al. 2011.
- Niermann I., Brinkmann R., Korner-Nievergelt F., Behr O. 2011b Windbedingte Verdriftungen von Fledermausschlagopfern an Windenergieanlagen – ein Diskussionsbeitrag zur Methodik der Schlagopfersuche. In Brinkmann et al. 2011.
- Niermann I., Behr O., Brinkmann R., Korner-Nievergelt F., Simon R. & Reich M. 2015. Kollisionsofersuchen als Grundlage zur Überprüfung der Wirksamkeit von Abschaltalgorithmen. In Behr et al. 2015.
- Nouveau-Brunswick, Canada. 2011. Guide pour les suivis post-construction des mortalités de chauve-souris et d'oiseaux dans les parcs éoliens au Nouveau-Brunswick. Pêche sportive et chasse. Octobre 2011
- João Paula, Miguel Costa Leal, Maria João Silva, Ramiro Mascarenhas, Hugo Costa, Miguel Mascarenhas, 2011. Dogs as a tool to improve bird-strike mortality estimates at wind farms. *Journal for Nature Conservation*, Volume 19, Issue 4, Pages 202-208
- Paula, J.; Bispo, R.; Leite, A.; Pereira, P.; Costa, H.; Fonseca, C.; Mascarenhas, M.; Bernardino, J. (2014). Camera-Trapping as a Methodology to Assess the Persistence

of Wildlife Carcasses Resulting from Collisions with Human-Made Structures. *Wildlife Research*, 41(8), 717-725.

- Peste Filipa, Paula Anabela, da Silva Luís P., Bernardino Joana, Pereira Pedro, Mascarenhas Miguel. 2015. How to mitigate impacts of wind farms on bats? A review of potential conservation measures in the European context, *Environmental Impact Assessment Review* 51 (2015) 10–22
- Reyes G., Rodriguez M., Lindke K., Ayres K., Halterman M., Boroski B., Johnston D., 2016, Searcher efficiency and Survey Coverage Affect Precision of Fatality Estimates, *The Journal of Wildlife Management* 80(8): 1488-1496, 2016
- Rico Pauline, Lagrange Hubert, 2011, Chirotech. Bilan des tests d'asservissement sur le parc du Mas de Leuze (commune de Saint Martin de Crau-13)- 2011 ADEME.
- L. Rodrigues, L. Bach, M.-J. Dubourg-Savage, B. Karapandža D. Kovac, T. Kervyn, J. Dekker, A. Kepel, P. Bach, J. Collins C. Harbusch, K. Park, B. Micevski, J. Minderman, 2014 Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens Actualisation 2014, Eurobats, Publication Series no 6.
- Rydell J., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Green M., Hedenström A. 2010 Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica* 12(2) : 261-274, 2010.
- Mário Santos, Rita Bastos, Daniel Ferreira, Andreia Santos, Paulo Barros, Paulo Travassos, Diogo Carvalho, Carla Gomes, Hélia Marisa Vale-Gonçalves, Luís Braz, Francisco Morinha, Maria das Neves Paiva-Cardoso, Samantha Jane Hughes, João Alexandre Cabral. (2017) A spatial explicit agent based model approach to evaluate the performance of different monitoring options for mortality estimates in the scope of onshore windfarm impact assessments. *Ecological Indicators* 73, 254-263.
- Schuster E., Bulling L., Köppel J., 2015. Consolidating the State of Knowledge: A Synoptical Review of Wind Energy's Wildlife Effects. *Environmental Management* (2015) 56:300–331.
- SFEPM «(Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères), 2016, Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de chiroptères – Actualisation 2016 des recommandations de la SFEPM. Version 2.1 (février 2016).
- V. Uldry, C. Brossard, Y. Leuzinger. 2016. Évolution de la population de Sérotine boréale (*Eptesicus nilssonii*) dans le Jura bernois. *Revue scientifique Bourgogne-Nature* - 24-2016, 291-300.
- Wellig S., Nusslé S., Miltner D., Kohle O., Glaizot O., Braunisch V., Obrist M. K., Arlettaz R. 2013. Mitigating the negative impacts of tall wind turbines on bats : vertical activity profiles and relationship to wind speed. Masterarbeit.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1

Absolute Kollisionsrate von Fledermäusen an Windenergieanlagen am Standort Le Peuchapatte (JU)

Erläuterungen für das Bureau NATURA als Basis für den Abschlussbericht betreffend die Thematik der Fledermäuse

Janine Aschwanden

Sempach, August 2016

ANNEXE 1

Absolute Kollisionsrate von Fledermäusen an Windenergieanlagen am Standort Le Peuchapatte (JU)

Erläuterungen für das Bureau NATURA als Basis für den Abschlussbericht
betreffend die Thematik der Fledermäuse

Janine Aschwanden

Sempach, August 2016

Zusammenfassung

Die Nutzung der Windenergie birgt für Fledermäuse und Vögel ein Konfliktpotenzial. Neben Habitatveränderungen und Habitatverlust werden die Kollisionen von Fledermäusen und Vögeln an Windenergieanlagen (WEA) weltweit als einer der grössten Konfliktpunkte wahrgenommen. Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der kollisionsgefährdeten Vögel, die an einem Ort durchzieht und dem Anteil der Vögel, welcher von diesen durchziehenden Vögeln tatsächlich an WEA verunfallt, wurde vom Bundesamt für Energie BFE eine Studie lanciert, die von der Schweizerischen Vogelwarte Sempach durchgeführt worden ist. Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU kurz nach Beginn der Feldarbeiten methodisch erweitert, so dass die Methodik auch für die Berechnung einer absoluten Kollisionsrate für Fledermäuse verwendet werden kann. Das vorliegende Dokument enthält die Ergebnisse der Schlagopfersuche zu den Fledermäusen und dient als Basis für das Bureau NATURA zur Erstellung des Abschlussberichts an das BAFU.

Zwischen März und November 2015 wurde am Standort Le Peuchapatte im Schweizer Jura (~ 1'100 m ü.M.) der Boden unter den drei WEA des 2010 eröffneten Windparks systematisch nach Überresten von Fledermäusen abgesucht. Bei den WEA handelt es sich um den Typ Enercon E-82 mit einer Gesamthöhe (inkl. Rotor) von rund 150 m. Die Suchen erfolgten innerhalb eines Umkreises von 50 m (an 16 Terminen) oder 100 m (an 69 Terminen) um den Mast der WEA entlang von geraden Linien (Transekte) auf der Fläche ausserhalb des Waldes. An jedem der 85 Suchtermine (im Mittel alle 2.8 Tage, Spannweite Suchintervalle 2–7 Tage) wurden alle drei WEA abgesucht. Für die Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer wurden drei Korrekturfaktoren berücksichtigt: die Sucheffizienz, die Verbleiberate von Kadavern sowie die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schlagopfer in der abgesuchten Fläche liegt. Zur Bestimmung der Sucheffizienz und der Verbleiberate von Kadavern wurden verteilt über die Untersuchungsperiode stellvertretend für Fledermäuse, Kadaver von Feldmäusen oder/und Fledermausattrappen ausgelegt. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schlagopfer in der abgesuchten Fläche liegt, beruht auf der Verteilung der Schlagopfer unter den WEA in Kombination mit der abgesuchten Fläche in Abhängigkeit der Distanz zur WEA.

Unter den WEA wurden 13 Kadaver von Fledermäusen gefunden und dokumentiert. 5 waren mit Sicherheit Zwergfledermäuse (*Pipistrellus pipistrellus*), 2 waren evtl. Zwergfledermäuse und 6 waren Raufledermäuse (*Pipistrellus nathusius*).

In Form von Wahrscheinlichkeiten mit einem Vertrauensintervall (VI) von 95 % betragen die Sucheffizienz 0.58 (VI: 0.43 – 0.71) und die Verbleiberate 0.62 (VI: 0.5 – 0.72). Weiter war die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schlagopfer in der abgesuchten Fläche liegt, 91 %. Die Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer, die auf diesen drei Korrekturfaktoren basiert, ergab mit einer Sicherheit von 95 % für die drei WEA ein Total von minimal 31, von im Median 56 und von maximal 106 Schlagopfern pro Jahr. Dies ergibt im Median eine absolute Kollisionsrate von 18.7 (10.3-35.3) Schlagopfern pro WEA pro Jahr. Bei der Diskussion der Zahlen muss berücksichtigt werden, dass die Wahrscheinlichkeit knapp 97 % beträgt, dass effektiv mehr als 10.3 Fledermäuse pro WEA verunfallt sind. Beim Median von 18.7 Schlagopfern pro WEA beträgt diese Wahrscheinlichkeit noch 50 % und für den Wert von 35.5 liegt sie bei 2.3 %.

Die hochgerechneten Anzahlen dürften aufgrund methodischer Gegebenheiten eher unterschätzt worden sein und erfordern ausserdem eine länderübergreifende, kumulative Betrachtung.

Die Ergebnisse dürften sich auf den gesamten Schweizer Jurabogen und topografisch ähnliche Räume übertragen lassen. Die Übertragbarkeit auf alpine Standorte sowie für Standorte im Mittelland ist jedoch nicht gegeben. Es ist unklar, in wie weit sich die Ergebnisse auf höhere und grössere WEA übertragen lassen. Die Kollisionsrate könnte mit zunehmender Höhe und Grösse der WEA ansteigen, Ob die gefundenen Muster bezüglich des betroffenen Artenspektrums repräsentativ sind oder spezifisch für das Untersuchungsjahr, ist ebenfalls noch unbekannt.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Zusammenfassung..... | 2 |
| 1 Ausgangslage und Ziel der Studie | 4 |
| 2 Methoden..... | 5 |
| 2.1 Windpark am Standort Le Peuchapatte..... | 5 |
| 2.2 Überblick Methodik der Studie und zeitlicher Ablauf | 5 |
| 2.3 Schlagopferstudie | 6 |
| 2.3.1 Suche nach Schlagopfern und Beschaffenheit des Untergrunds..... | 6 |
| 2.3.2 Experiment zur Bestimmung der Sucheffizienz..... | 8 |
| 2.3.3 Experiment zur Bestimmung der Verbleiberate..... | 10 |
| 2.3.4 Anteil der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer..... | 10 |
| 2.3.5 Hochrechnung effektive Anzahl Schlagopfer und absolute Kollisionsrate | 13 |
| 2.3.6 Fotofallen..... | 13 |
| 2.4 Meteorologische Bedingungen und Betriebsdaten der WEA..... | 14 |
| 3 Ergebnisse..... | 15 |
| 3.1 Schlagopferstudie | 15 |
| 3.1.1 Beschaffenheit des Untergrundes | 15 |
| 3.1.2 Funde im Feld insgesamt und als Schlagopfer gewertete Funde | 15 |
| 3.1.3 Sucheffizienz | 18 |
| 3.1.4 Verbleiberate | 18 |
| 3.1.5 Anteil der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer..... | 20 |
| 3.1.6 Hochrechnung effektive Anzahl Schlagopfer und absolute Kollisionsrate | 20 |
| 3.2 Meteorologische Bedingungen..... | 21 |
| 3.3 Betriebsdaten Windpark..... | 23 |
| 4 Diskussion | 24 |
| 4.1 Unter- oder Überschätzung unterschiedlicher Werte | 24 |
| 4.1.1 Sucheffizienz | 24 |
| 4.1.2 Verbleiberate | 24 |
| 4.1.3 Anteil der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer und Distanzverteilung..... | 25 |
| 4.1.4 Hochgerechnete Anzahl Schlagopfer und absolute Kollisionsrate | 26 |
| 4.2 Zusammenhang Schlagopfer und Zugereignisse..... | 26 |
| 4.3 Artenzusammensetzung | 27 |
| 4.4 Aussagekraft und Repräsentativität der Studie..... | 27 |
| 4.5 Schlussfolgerungen | 28 |
| 4.6 Offene Fragen | 28 |
| 5 Referenzen | 29 |
| 6 Anhang | 32 |

1 Ausgangslage und Ziel der Studie

Die Nutzung der Windenergie mittels Windenergieanlagen (WEA), die zurzeit eine Gesamthöhe (inkl. Rotor) bis zu rund 200 m aufweisen, birgt für Vögel ein Konfliktpotenzial (Wang et al. 2015, Dai et al. 2015, Smith et al. 2016). Neben Habitatsveränderungen und Habitatsverlust werden insbesondere die Kollisionen von Brut- und Zugvögeln an WEA weltweit als einer der grössten Konfliktpunkte wahrgenommen und Minderungsmassnahmen gesucht (Marques et al. 2014, May et al. 2015, Smith & Dwyer 2016).

In der Diskussion zur Minderung der Anzahl Kollisionsopfer von in breiter Front ziehenden Vögeln wurde für die Schweiz vorgeschlagen, die WEA während Zeiten mit intensivem Vogelzug temporär abzustellen (Liechti et al. 2013b). Zur Festlegung dieser Minderungsmassnahmen im Rahmen von Bewilligungsverfahren für Windenergieprojekte ist die Kenntnis des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der kollisionsgefährdeten Vögel, die an einem Ort durchzieht und dem Anteil der Vögel, welcher von diesen durchziehenden Vögeln tatsächlich an WEA verunfallt, von zentraler Bedeutung.

Zur Untersuchung dieses Zusammenhangs wurde vom Bundesamt für Energie BFE eine Studie lanciert, die von der Schweizerischen Vogelwarte Sempach durchgeführt worden ist (Aschwanden und Liechti 2016). Da nicht nur Vögel, sondern auch Fledermäuse an WEA verunfallen, wurde die Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU kurz nach Beginn der Feldarbeiten methodisch erweitert, indem in den Sommermonaten mehr Suchtermine integriert worden sind. Weiter wurden die Experimente zur Bestimmung der Sucheffizienz und der Verbleiberate durch Auslegen von Feldmäusen und Fledermausattrappen ergänzt, damit für Fledermäuse angepasste Korrekturfaktoren, die für die Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer notwendig sind, bestimmt werden konnten. Ziel der Untersuchung war die Bestimmung der absoluten Kollisionsrate von Fledermäusen an WEA am Standort Peuchapatte (JU).

Das vorliegende Dokument enthält die Ergebnisse der Schlagopfersuche zu den Fledermäusen und dient als Basis für das Bureau NATURA zur Erstellung des Abschlussberichts an das BAFU.

2 Methoden

2.1 Windpark am Standort Le Peuchapatte

Zur Durchführung der Studie wurde der Windpark bei Le Peuchapatte im Kanton Jura ausgewählt. Der Windpark wurde 2010 errichtet, besteht aus drei WEA des Typs Enercon E-82 (<http://wind-data.ch/wka/>) und wird von der Eole Jura SA betrieben. Die WEA haben eine Nabenhöhe von 108 m und einen Rotordurchmesser von 80 m. Die Gesamthöhe der WEA inklusive Rotor beträgt somit rund 150 m (Abb. 1 und **Erreuer ! Source du renvoi introuvable.**). Der Mastfuss der drei WEA befindet sich auf einer Höhe zwischen 1'125 m und 1'180 m ü.M.



Abb. 1. Zwei der drei WEA im Windpark bei Le Peuchapatte (Blickrichtung Südwest). Die WEA am Standort 2 befindet sich rechts im Bild (Standort Zentrum des Windparks), die WEA am Standort 3 befindet sich links im Bild (Standort West des Windparks). (Foto: Schweizerische Vogelwarte Sempach, 25.08.2015).

2.2 Überblick Methodik der Studie und zeitlicher Ablauf

Im Zeitraum zwischen März und November 2015 wurde unter den drei WEA an 85 Terminen nach Schlagopfern gesucht (Tab. 1). Die Suche fand pro Termin entlang von geraden Linien (Transekten) innerhalb eines Radius von 100 m um jede WEA statt. Zur Optimierung der Kosten wurde an 16 Terminen im Sommer nur ein Radius von 50 m abgesucht. Der Abstand zwischen den Transekten betrug 5 m. Durchschnittlich fand eine Suche alle 2.8 Tage in Zeitintervallen von zwei bis sieben Tagen statt (Anhang A1). Auf eine Referenzsuche in einem Gebiet auf freiem Feld ohne WEA wurde verzichtet.

Für die Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer ist die Bestimmung dreier Korrekturfaktoren essenziell: Die Sucheffizienz, die Verbleiberate und die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schlagopfer in der abgesuchten Fläche liegt. Zur Bestimmung der Sucheffizienz sowie der Verbleiberate für Kadaver wurden separate Experimente durchgeführt. An 9 Terminen wurden von unabhängigen Personen stellvertretend für Fledermäuse gezielt Feldmäuse und Fledermausattrappen als Testobjekte zur Bestimmung der Sucheffizienz ausgelegt. An 16 Terminen wurden zudem Testkadaver von Feldmäusen zur Bestimmung der Verbleiberate in der Nähe von Fotofallenkameras ausgelegt. Im Mittel wurden ab Mai 2015 für die Bestimmung der Sucheffizienz alle 22 Tage 6.1 Testobjekte und für die Bestimmung der Verbleiberate alle 12.5 Tage 2.5 Testkadaver ausgelegt.

Die Zahl der im Feld gefundenen Schlagopfer wurde basierend auf der Sucheffizienz, der Verbleiberate und der Wahrscheinlichkeit, dass ein Opfer überhaupt auf der abgesuchten Fläche liegt, anhand eines statistischen Modells hochgerechnet.

Tab. 1. Anzahl Termine zur Suche nach Schlagopfern und zum Auslegen von Testkadavern/Fledermausattrappen für die Bestimmung der Sucheffizienz und Verbleiberate pro Monat (siehe auch Anhang A1).

| Saison | Monat | Suche nach Schlagopfern (Anzahl Termine) | Auslegen Testobjekte Sucheffizienz (Anzahl Termine) | Auslegen Testkadaver Verbleiberate (Anzahl Termine) |
|----------|------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Frühling | März | 9 | 0 | 0 |
| | April | 12 | 0 | 0 |
| | Mai | 4 | 2 | 2 |
| Sommer | Juni | 9 | 2 | 2 |
| | Juli | 10 | 1 | 2 |
| | August 1. Hälfte | 6 | 1 | 1 |
| Herbst | August 2. Hälfte | 7 | 1 | 1 |
| | September | 13 | 1 | 2 |
| | Oktober | 13 | 1 | 2 |
| | November | 2 | 0 | 0 |
| Total | | 85 | 9 | 12 |

2.3 Schlagopferstudie

2.3.1 Suche nach Schlagopfern und Beschaffenheit des Untergrunds

Die Suchen erfolgten an total 85 Terminen entlang von Transekten (Abb. 2 und Abb. 3) mit einem Abstand von 5 m innerhalb eines Radius von 100 m (an 69 Terminen) oder innerhalb eines Radius von 50 m (an 16 Terminen) um den Mastfuss der WEA herum (siehe Anhang A1). In den Zeiträumen vom 01.03.–31.05.2015 und vom 22.08.–15.11.2015, fanden alle Suchen innerhalb eines Radius von 100 m statt (58 Termine). In der Zeitperiode vom 01.06–21.08.2015 wurde pro Woche einmal ein Radius von 100 m (11 Termine) und zusätzlich ein oder zwei Mal ein Radius von 50 m (16 Termine) abgesucht. Zur Markierung der Transekte wurde beim Ablaufen der Strecken jeweils mittels GPS am Anfangs- Mittel- und Endpunkt eines Transekts eine Stange eingesteckt (Abb. 4).

Pro Termin wurden alle drei WEA von einer Person abgesucht. An 53 Terminen wurden die Suchen von Person 1 und an 33 Terminen von Person 2 durchgeführt.

Zur Dokumentation der Feldbedingungen, zur Erfassung von Funden im Feld sowie zum Einhalten der Transekte wurde ein Tablet Samsung Galaxy Active zusammen mit der Open Source Software Geopaparazzi (<http://geopapa-razzi.github.io/geopaparazzi/>) genutzt. Mittels der Software konnten georeferenzierte, punktgenaue Notizen und Fotos aufgenommen werden.

Bei jeder Suche wurde pro WEA die prozentuale Zusammensetzung der Beschaffenheit des Untergrundes geschätzt (z.B. 20 % kurze Vegetation, 80 % mittelhohe Vegetation). Der Untergrund bestand aus Grünland und wurde in Absprache mit den lokalen Landwirten möglichst kurz gehalten. Die Fläche unter der WEA im Osten diente ab Mitte Juli 2015 und bei den anderen beiden WEA ab Mitte September 2015 als Weideland für Rinder. Im März 2015 lag bis Ende Monat teilweise noch Schnee. Die Beschaffenheit des Untergrundes wurde in die Kategorien „Schnee“, kurze Vegetation (0–5 cm), mittelhohe Vegetation (5–10 cm) und lange Vegetation (> 10 cm) eingeteilt.

Im Feld wurden auch die Totfunde sämtlicher Säugetierarten und deren Überreste dokumentiert (Fledermäuse, Maulwürfe, Mäuse, Spitzmäuse). Alle Funde wurden jeweils vollständig entfernt.

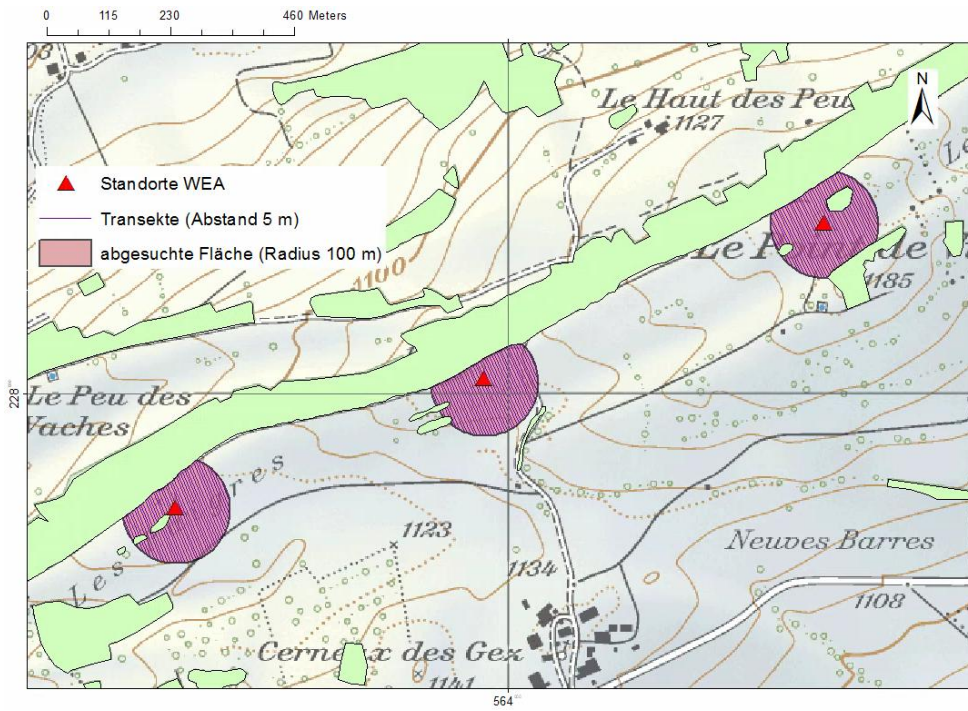


Abb. 2. Abgesuchte Fläche im Umkreis von 100 m mit Transekten.



Abb. 3. Transecte im Umkreis von 100 m um eine Windturbine im Schnee am Standort Le Peuchapatte entlang welcher die Suche nach Schlagopfern stattgefunden hat (6.3.2015, NATURA biologie appliquée, Sàrl).



Abb. 4. Suchende Person mit Tablet und Markierungsstange unter der WEA am westlichen Standort (21.8.2015, Schweizerische Vogelwarte Sempach).

2.3.2 Experiment zur Bestimmung der Sucheeffizienz

Die Sucheeffizienz ist einer der drei Korrekturfaktoren, der in die Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer einfließt. Zur Bestimmung der Sucheeffizienz wurden ohne das Wissen der suchenden Personen stellvertretend für Fledermäuse 28 Feldmäuse und 27 Fledermausattrappen (insgesamt 55 Testobjekte) ausgelegt. Das Auslegen fand ab Mai 2015 verteilt über den gesamten Untersuchungszeitraum an 9 Terminen (Anhang A1) jeweils morgens in einem Zeitfenster von zwei Stunden vor Beginn der Suchen statt. Person 1 wurde an 5 Terminen und Person 2 an 4 Terminen getestet. Die Koordinaten zum Auslegen der Kadaver wurden mittels ArcView GIS zufällig bestimmt (Abb. 5). Pro Termin wurden 5–7 Testobjekte unter den drei WEA verteilt platziert (durchschnittlich 6.1 Testobjekte pro Termin). An den ersten beiden Terminen im Mai wurden nur Feldmäuse und danach jeweils Feldmäuse und Fledermausattrappen gemischt ausgelegt.

Jedes Testobjekt wurde über eine Schnur an einem Bein mit einem Holzspieß vor Ort im Boden verankert. Dadurch wurde gewährleistet, dass Testobjekte nicht ohne Weiteres entfernt werden konnten, bevor die Suchen stattgefunden haben (Abb. 7 bis Abb. 9). Nach der Schlagopfersuche, wurden die Testkadaver wieder eingesammelt, die im Rahmen der Suche nicht gefunden worden waren.

Die statistische Analyse wurde mit der Software R 3.2.3 durchgeführt (R Development Core Team 2015). Dabei wurden die Wahrscheinlichkeiten, dass ein Kadaver gefunden wird, basierend auf gemischten Binomialmodellen (gefunden/nicht gefunden) bestimmt (Bates 2005). Für die Berechnung der statistischen Unsicherheit verwendeten wir Bayes'sche Methoden basierend auf flachen A-priori-Verteilungen. Die Werte der so berechneten Unsicherheitsintervalle ("Kredibilitätsintervalle") entsprechen weitestgehend den Werten der mittels frequentistischen Methoden erhaltenen Vertrauensintervallen. Der besseren Verständlichkeit zuliebe, verwenden wir für solche Unsicherheitsintervalle das Wort Vertrauensintervall (VI). Die "joint posterior distribution" wurde mit der funktion "sim" aus dem Paket "arm" berechnet (Gelman and Hill 2007). Diese Berechnungsmethoden liegen der Funktion „search. efficiency“ aus dem R-Paket „carcass“ zugrunde (Korner et al. 2015a). Die Funktion wurde leicht modifiziert, um den Einfluss der Art des Testobjekts (Feldmaus/Fledermausattrappe) und der Vegetationshöhe auf die Sucheeffizienz zu bestimmen.

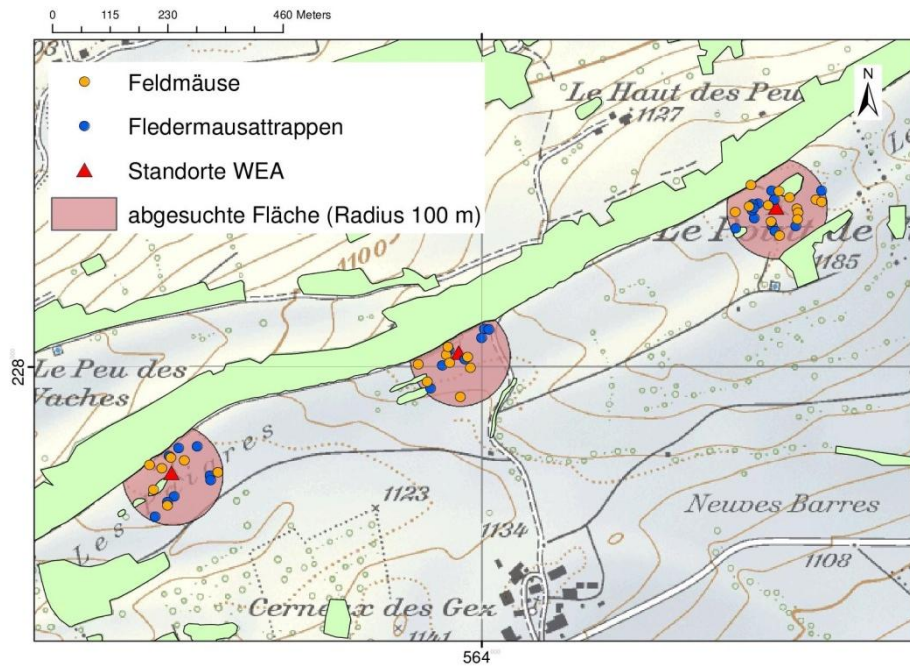


Abb. 5. Verteilung der 55 Testobjekte zur Bestimmung der Sucheffizienz nach Art des Testobjekte (blau: Fledermausattrappen, orange: Feldmäuse) unter den drei WEA (rote Dreiecke).



Abb. 6. Zwei zum Auslegen bereit gemachte Feldmäuse mit Schnur und Holzspieß.



Abb. 7. Zwei Fledermausattrappen die im Experiment zur Bestimmung der Sucheffizienz verwendet worden sind.



Abb. 8. Im Feld (Vegetationshöhe: mittel) am 21.10.2015 ausgelegte Feldmaus. Schnur und Holzspieß befinden sich unter dem Testkadaver.



Abb. 9. Im Feld (Vegetationshöhe: mittel) am 26.10.2015 ausgelegte Fledermausattrappe.

2.3.3 Experiment zur Bestimmung der Verbleiberate

Die Verbleiberate ist einer der drei Korrekturfaktoren, der in die Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer einfließt. Zur Bestimmung der Verbleiberaten wurden auf den Suchflächen unter den WEA im Verlauf der Untersuchungsperiode an 12 Terminen (Anhang A1) total 28 Testkadaver von ganzen oder halbierten Feldmäusen ausgelegt. Das Auslegen der Testkadaver erfolgte jeweils möglichst im Erfassungsbe- reich von Fotofallenkameras, die an 8 Standorten installiert worden waren (vgl. Kap. 2.3.6). Pro Termin wurden jeweils 2–4 Testkadaver ausgelegt (im Mittel 2.5 pro Termin). Die Testkadaver waren zum Füt- tern verletzter Vögel, der Pflegestation der Vogelwarte Sempach gedacht.

Im Rahmen jeder regulären Suche wurde dokumentiert, ob ein Testkadaver noch präsent war. War ein Testkadaver noch da, wurde der Zustand des Testkadavers fotografiert. Die Dokumentation erfolgte mit dem Tablet Samsung Galaxy Active (vgl. Kap. 2.3.1). Anhand der Bilder der Fotofallen wurden die Vor- gänge bei den Testkadavern qualitativ ausgewertet und versucht, den Zeitpunkt und Urheber eines allfälligen Verschwindens zu eruieren.

Die statistische Analyse) wurde mit den Programmen R 3.2.3 (R Development Core Team 2015) und BUGS (Lunn et al. 2013) durchgeführt. Dabei handelt es sich um discrete-time Überlebensanalysen. Das Überlebensmodell wurde mittels Markov Chain Monte Carlo (MCMC) Simulationen an die Daten angepasst. Mit dieser Methode können auch bei komplexen Modellen „posterior distributions“ und damit die statistische Unsicherheit der Parameter eines Modells geschätzt werden. In der Analyse wurde un- tersucht, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein Testkadaver am nächsten Tag noch präsent ist (Verbleiberate) und wie viele Tage es dauert, bis der Testkadaver verschwunden ist (Verweildauer) (Abb. 10 bis Abb. 11).



Abb. 10. Mittwoch 21.10.2015: Eine Feldmaus wurde als Testkadaver ausgelegt.

Abb. 11. Freitag 23.10.2015: Die Feldmaus, die am 21.10.2015 ausgelegt worden ist, ist noch präsent. Das Fell ist nass.

2.3.4 Anteil der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer

In der Regel kann bei Schlagopferstudien nie die gesamte Fläche, die notwendig wäre, abgesucht wer- den. Häufig ist ein Teil der Fläche von Wald bedeckt und/oder ökonomische Gründe erfordern, dass der Suchaufwand auf eine kleinere Fläche reduziert wird. Aus diesen Gründen muss die Wahrscheinlichkeit bestimmt werden, dass ein Schlagopfer überhaupt in der abgesuchten Fläche liegt. Diese Wahrschein- lichkeit ist einer der drei Korrekturfaktoren, der in die Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer einfließt.

Um diese Wahrscheinlichkeit zu berechnen muss die Grösse der notwendigen Suchfläche festgelegt (Kap. Bestimmung der notwendigen Suchfläche) und davon der Anteil der Fläche bestimmt werden, der abgesucht wurde (Kap. Bestimmung des Anteils der abgesuchten Fläche). Diese Flächenanteile werden mit der Verteilung der Schlagopfer in Abhängigkeit der Distanz zum Mastfuss der WEA verrechnet (Kap. Distanzverteilung der Schlagopfer und Kap. Bestimmung des Anteils der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer).

Bestimmung der notwendigen Suchfläche

Basierend auf diversen Informationen und Studien (vgl. Diskussion Kap. 4.1.3) im Zusammenhang mit Vögeln wurde festgelegt, dass die Fläche innerhalb eines Radius von 150 m um den Mastfuss einer WEA als Suchfläche gelten müsste. Aus methodischen Gründen wurde schliesslich als Kompromiss beschlossen, dass zur Berechnung des Korrekturfaktors eine notwendige Suchfläche mit Radius 140 m berücksichtigt wird.

Bestimmung des Anteils der abgesuchten Fläche

Von der notwendigen Suchfläche (Radius 140 m) konnte lediglich ein gewisser Teil abgesucht werden. Ein Teil der notwendigen Suchfläche war von Bäumen bewachsen und aus ökonomischen Gründen wurden die Suchen auf eine Fläche innerhalb eines Radius von 100 m (69 Termine) oder 50 m (16 Termine) beschränkt. Die von Bäumen bedeckte Fläche, sowie die Fläche ausserhalb der Suchradien bis zu einer Distanz von 140 m (Begründung siehe nachfolgende Kapitel) wurde bei der Berechnung des Korrekturfaktors als „nicht abgesucht“ gewertet.

Die notwendige Suchfläche unter jeder WEA wurde mittels ArcView GIS in 20 m breite konzentrische Distanzringe eingeteilt. Pro Distanzring wurde für jeden Suchtermin der Anteil bestimmt, der abgesucht worden ist. Lediglich einmal konnte ein Teil der Fläche unter der WEA West wegen einem Schneesturm am 01.04.2015 nicht mehr abgesucht werden. Dieser Teil der Fläche galt für diesen Suchtermin als „nicht abgesucht“.

Pro Distanzring wurde der Anteil der abgesuchten Fläche über alle Suchtermine hinweg gepoolt. Die innersten beiden Distanzringe waren durch die Suchen am besten abgedeckt, da diese am wenigsten von Bäumen bedeckt waren (Abb. 14). Die äussersten beiden Distanzringe wurden aus ökonomischen Gründen nicht abgesucht.

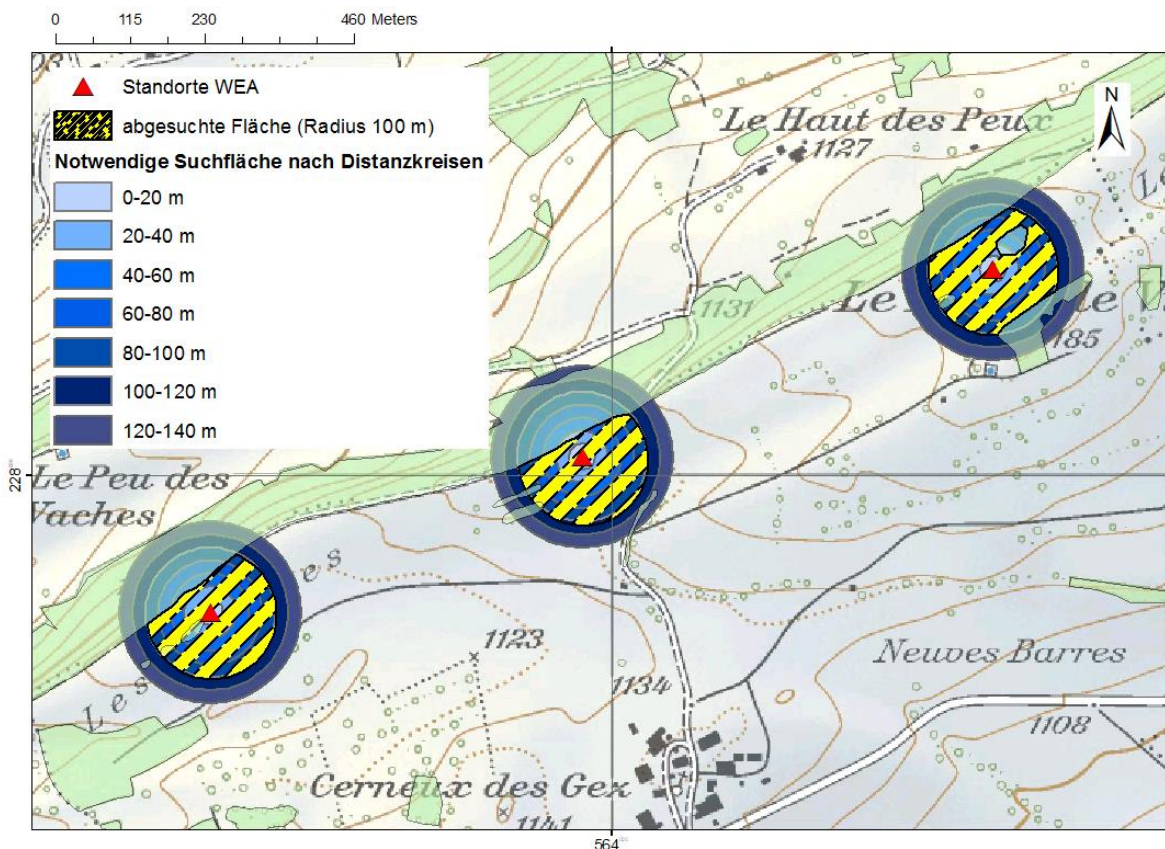


Abb. 12. Als Kompromiss festgelegte notwendige Suchfläche mit einem Radius von 140 m eingeteilt nach Distanzkreisen (Ringe in Blautönen) und abgesuchte Fläche (gelb schraffiert) unter Anwendung eines Suchradius von 100 m (69 Suchtermine) pro WEA (rote Dreiecke) sowie mit Bäumen bewachsene Flächen (grün transparent).

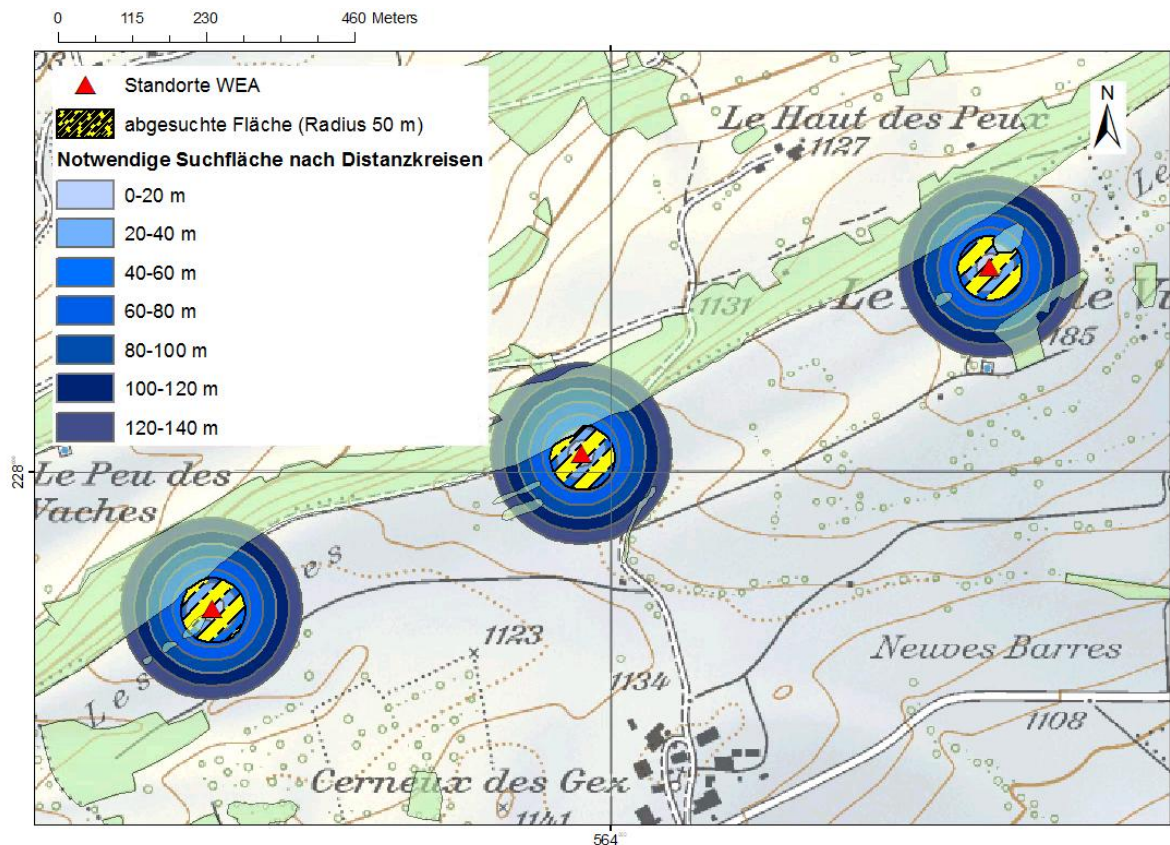


Abb. 13. Als Kompromiss für Vögel festgelegte notwendige Suchfläche mit einem Radius von 140 m eingeteilt nach Distanzkreisen (Ringe in Blautönen) und abgesuchte Fläche (gelb schraffiert) unter Anwendung eines Suchradius von 50 m (16 Suchtermine) pro WEA (rote Dreiecke) sowie mit Bäumen bewachsene Flächen (grün transparent).

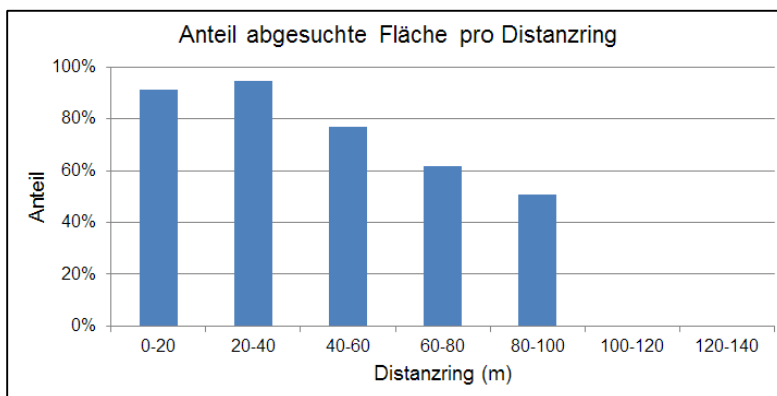


Abb. 14. Anteile der abgesuchten Fläche pro 20 m Distanzring unter den drei WEA.

Distanzverteilung der Schlagopfer

Ein Bestandteil der für die Berechnung des Korrekturfaktors benötigt wird, ist eine Distanzverteilung der gefundenen Schlagopfer. Meistens ist es aufgrund der geringen Fundzahlen von Schlagopfern in Schlagopfersuchen nicht möglich, eine fundierte Verteilung über die notwendige Suchfläche zu erstellen. Auch in der vorliegenden Studie kann keine aussagekräftige Verteilung der gefundenen Schlagopfer erstellt werden. Wir müssen daher auf bekannte Verteilungen aus anderen Projekten zurückgreifen.

Für die vorliegende Analyse wurden Werte aus zwei Studien verwendet, die für WEA ermittelt worden sind, welche eine ähnliche Höhe wie die Enercon E-82 aufweisen: Aus Niermann et al. (2011) stehen empirisch erhobene Verteilungswerte für WEA mit einer Gesamthöhe von 133 m (Rotordurchmesser: 70 m, Nabenhöhe: 98 m) zur Verfügung; aus Hull & Muir (2010) können physikalisch hergeleitete, modellierte Verteilungswerte für 150 m hohe WEA (Rotordurchmesser: 110 m, Nabenhöhe: 94 m) und für 125 m hohe WEA (Rotordurchmesser: 90 m, Nabenhöhe: 80 m) entnommen werden. Alle Werte liegen

für 10 m breite Distanzringe vor. Um die Verteilungswerte für 20 m breite Distanzringe zu erhalten, wurden jeweils die Verteilungswerte aus zwei Distanzringen summiert (Abb. 15).

Im Unterschied zu den Schlagopfern von Vögeln, befinden sich die meisten der Schlagopfer von Fledermäusen im Distanzring, der dem Mastfuss der WEA am nächsten liegt (zwischen 0-20 m).

Für die vorliegende Studie wurde schliesslich pro Distanzring (20 m) ein Mittelwert aus den bekannten Verteilungswerten der drei WEA-Typen verwendet.

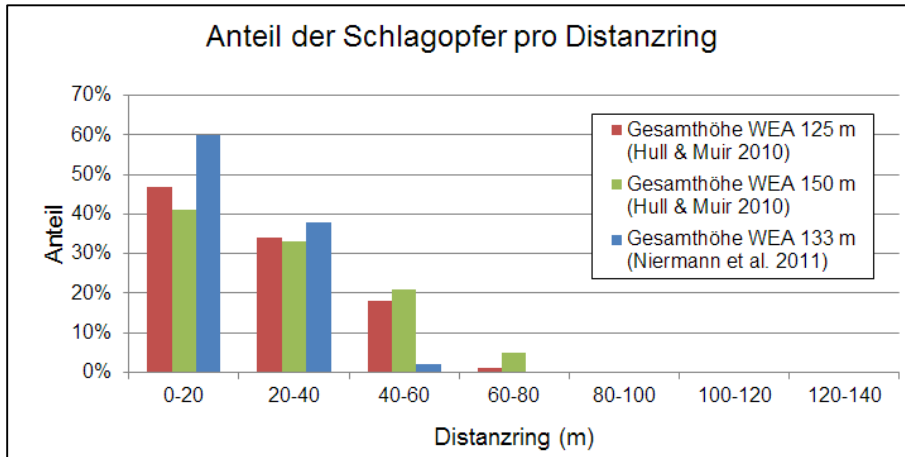


Abb. 15. Anteile der Schlagopfer pro 20 m Distanzring für unterschiedlich hohe WEA aus Hull & Muir (2010) und Niermann et al. (2011).

Bestimmung des Anteils, der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer

Nachdem die Grösse der notwendigen Suchfläche und der Anteil der abgesuchten Fläche bestimmt sowie die Distanzverteilung für Schlagopfer ausgewählt worden ist, kann der Korrekturfaktor „Anteil der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer“ berechnet werden. Dazu werden pro Distanzring die Anteile der abgesuchten Fläche mit den Anteilen der Schlagopfer multipliziert und schliesslich über die Distanzringe summiert (Korner-Nievergelt et al. 2015a, vgl. Ergebnisse 3.1.5).

2.3.5 Hochrechnung effektive Anzahl Schlagopfer und absolute Kollisionsrate

Zur Hochrechnung der effektiven Anzahl Schlagopfer wurde die Funktion „estimateN“ aus dem R-Paket „carcass“ verwendet (Korner-Nievergelt et al. 2015a, Anhang A10). Die Funktion schätzt die effektive Anzahl Schlagopfer und berücksichtigt dabei die Verbleiberate sowie die Sucheffizienz zusammen mit deren statistischen Unsicherheiten sowie die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schlagopfer auf der abgesuchten Fläche liegt. Die Analyse basiert auf Wahrscheinlichkeitsrechnungen nach dem Satz von Bayes und schätzt die statistische Unsicherheit des Endergebnisses mit Monte Carlo Simulationen.

Aus der Division der hochgerechneten Anzahl Schlagopfer durch die Anzahl der WEA im Windpark ergibt sich die absolute Kollisionsrate pro WEA pro Jahr. Da der untersuchte Zeitraum beinahe ein gesamtes Jahr abdeckt und ausserhalb dieser Zeitperiode kaum mit Schlagopfern von Fledermäusen zu rechnen ist, können die Zahlen als für ein Jahr gültig betrachtet werden.

2.3.6 Fotofallen

Um qualitativ einen Eindruck davon zu erhalten, was im Studiengebiet abläuft und was mit Kadavern passiert, wurden acht Fotofallenkameras der Marke Reconyx, Typ HC500 HyperFire Semi-Covert IR eingesetzt. Die Kameras wurden so eingestellt, dass jede Minute ein Bild gespeichert wurde. Zusätzlich wurde ein Bild gespeichert, wenn sich in Reichweite des Bewegungssensors der Kamera ein Objekt bewegt hat. Bei Dunkelheit wurden die Bilder mit Infrarotlicht erstellt. Im Gebiet der WEA im Westen und Osten waren je drei und bei der zentral liegenden WEA zwei Kameras installiert (Abb. 16).

Die Bilder der Kameras wurden manuell durchgeschaut und aufgezeichnete Ereignisse rund um die WEA wurden deskriptiv dokumentiert.

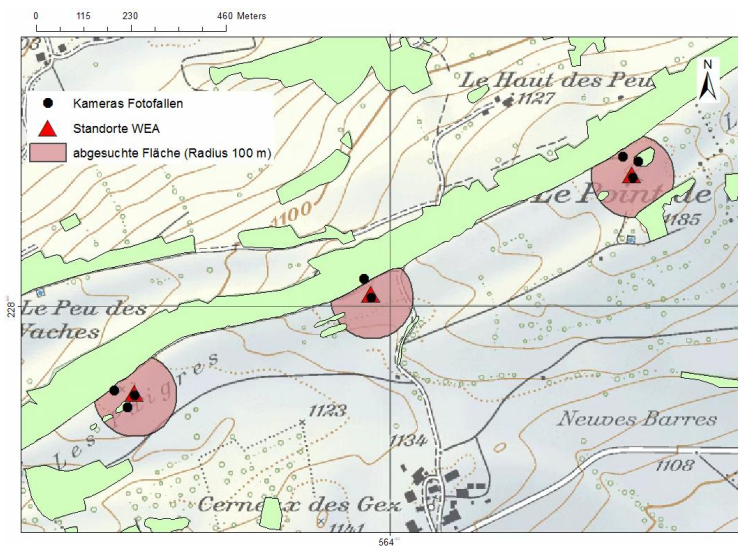


Abb. 16. Standorte der Fotofallenkameras: Drei Kameras waren an den Masten der WEA befestigt, drei an Bäumen am Waldrand und zwei an Bäumen von Feldgehölzen.

2.4 Meteorologische Bedingungen und Betriebsdaten der WEA

Um einen Überblick über die meteorologischen Bedingungen zu erhalten, wurden pro Datum die mittlere Windgeschwindigkeit, die mittlere Windrichtung, die mittlere Temperatur sowie die Niederschlagsmenge ausgewertet.

Die Werte für die Windgeschwindigkeit und Windrichtung sowie für die Temperatur stammen von den Messgeräten des Windparks Le Peuchapatte. Als Werte für die Niederschlagsmenge pro Tag wurden die Daten der Messstation Chasseral von MeteoSchweiz verwendet.

Zur Beurteilung, ob im untersuchten Zeitraum das Kollisionsrisiko für Fledermäuse durch die Drehung der Rotoren kontinuierlich erhöht vorhanden war, wurden die Betriebsdaten des Windparks Le Peuchapatte deskriptiv ausgewertet. Die Rotationsgeschwindigkeit lag für den untersuchten Zeitraum pro Datum in stündlichen Werten vor (Anzahl Umdrehungen pro min).

3 Ergebnisse

3.1 Schlagopferstudie

3.1.1 Beschaffenheit des Untergrundes

Pro WEA wurde bei jeder Suche prozentual die Beschaffenheit des Untergrundes auf der abgesuchten Fläche geschätzt. Für die Analyse wurde jeweils der grösste Anteil als prozentual vorwiegende Beschaffenheit des Untergrundes angesehen. Waren die Anteile 50 %, so wurde die jeweils höhere Vegetationsklasse gewertet.

Eine Schneedecke kam lediglich im Frühling vor (Abb. 17). Die ganze Herbstperiode blieb frei von Schnee. Die meiste Zeit über war die Vegetation kurz. Vor allem im Herbst sorgte die Beweidung dafür, dass das Gras kurz blieb.

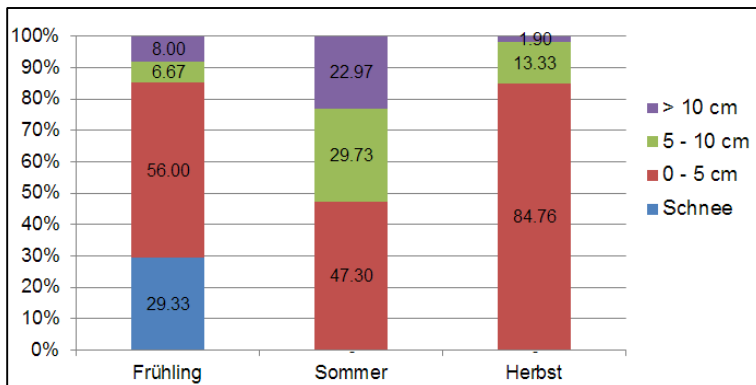


Abb. 17. Schneebedeckung und Höhe der Vegetation (Beschaffenheit des Untergrundes) nach Zeitperiode auf der abgesuchten Fläche im Grünland.

3.1.2 Funde im Feld insgesamt und als Schlagopfer gewertete Funde

Funde und Berücksichtigung für die Hochrechnung

Auf den Suchflächen unter den drei WEA wurden total 13 Funde von Fledermäusen gemacht. In einem Fall befand sich am Bauch des Weibchens noch ein Jungtier (Fund vom 13.7.2015, Abb. 18), das nicht separat als Schlagopfer gewertet worden ist. In einem anderen Fall lebte die Fledermaus zur Zeit des Fundes noch, verstarb aber kurz darauf (Fund vom 4.9.2015, Abb. 19). Sie wurde als Schlagopfer gezählt. Bei allen Funden war der Körper der Fledermäuse an einem Stück erhalten, auch wenn der Kadaver nicht mehr frisch wirkte (Abb. 20 und Abb. 21). Daneben wurden auch Überreste toter Vögel, Maulwürfe, Spitzmäuse und Mäuse gefunden. Die Vögel wurden im Rahmen eines separaten Projektes bearbeitet (Aschwanden und Liechti et al. 2016) und sind nicht Bestandteil des vorliegenden Berichtes.

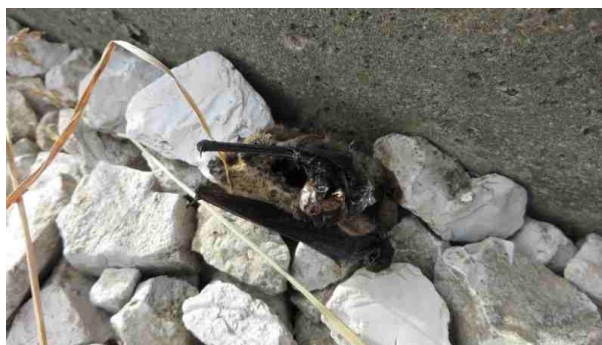


Abb. 18. Kadaver einer Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) mit einem Jungtier am Bauch, gefunden am 13.07.2015.



Abb. 19. Rauhauffledermaus (*Pipistrellus nathusius*), die zur Zeit des Fundes am 4.9.2015 noch gelebt hat, kurz darauf aber verstorben ist.



Abb. 20. Frischer Kadaver einer Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), gefunden am 31.07.2015.

Abb. 21. Alter Kadaver einer Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), gefunden am 05.10.2015.

Artenspektrum, saisonale und räumliche Verteilung der Schlagopfer

Die gefundenen Kadaver wurden wenn möglich auf Artniveau bestimmt (Tab. 2). Von den 13 Funden waren 5 (38.5 %) Zwergfledermäuse (*Pipistrellus pipistrellus*) und 6 (46.2 %) Flughautfledermäuse (*Pipistrellus nathusius*). Bei zwei Individuen ist es nicht ganz sicher, ob es sich um eine Zwergfledermaus handelt, wobei eine davon eine Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*) sein könnte.

Tab. 2. Liste der Funde nach Artenspektrum und Saison.

| Frühling (01.03. bis 31.05.2015) | | Sommer (01.06. bis 15.08.2015) | | Herbst (16.08. bis 15.11.2015) | | Total |
|----------------------------------|-------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|
| Anzahl | Arten | Anzahl | Arten | Anzahl | Arten | |
| 0 | - | 3 | Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) | 2 | Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) | |
| | | | | 2 | (?) Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) | |
| | | | | 6 | Rauhautfledermaus (<i>Pipistrellus nathusius</i>) | |
| 0 | | 3 | | 10 | | 13 |

Unter allen drei Windturbinen wurden Schlagopfer gefunden, wobei sich die Anzahl der Funde pro WEA unterschied (Abb. 22). Die meisten Funde (7 Funde) erfolgten unter der WEA im Osten und je drei Funde unter den beiden anderen WEA.

Unter der WEA im Osten und Westen wurden im Sommer und im Herbst Opfer gefunden, während unter der zentral liegenden WEA nur im Herbst Opfer auftraten. Die Aufteilung der Fundorte nach Fledermausarten zeigt keine auffälligen Muster. Drei Zwergfledermäuse wurden im Sommer und alle anderen in der Herbstperiode gefunden.

Die Verteilung der Schlagopfer bezüglich der abgesuchten Fläche der 20 m breiten Distanzringe (vgl. 2.3.4) zeigt, dass in allen Distanzringen Opfer gefunden worden sind (Abb. 23). Nahe der WEA (zwischen 0–20 m) erfolgten die meisten Funde von Zwergfledermäusen und zwischen 60–80 m die meisten Funde von Flughautfledermäusen. Die Verteilung der Funde legt nahe, dass auch jenseits des 100 m Distanzrings noch Schlagopfer zu finden gewesen wären.

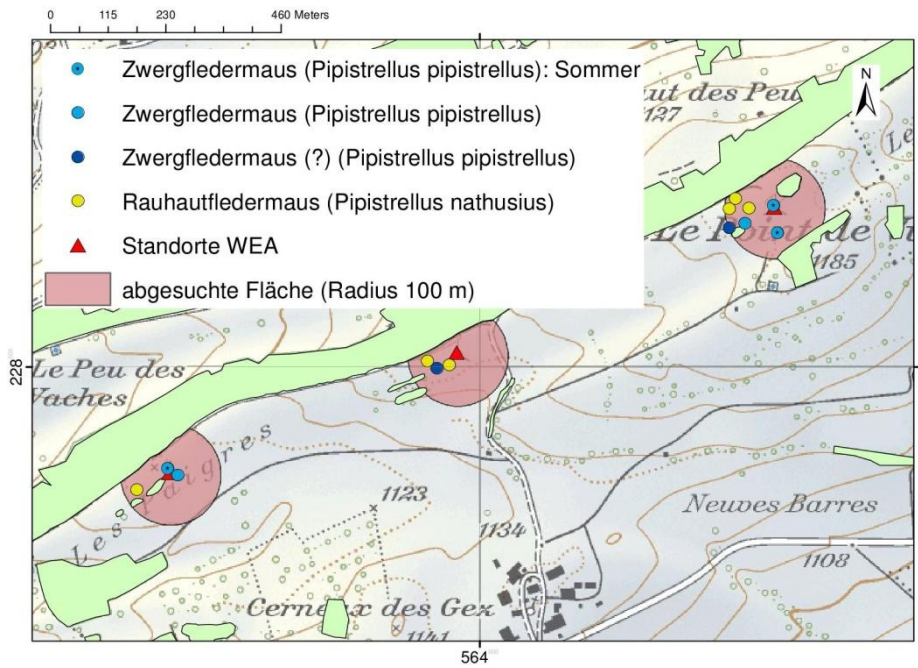


Abb. 22. Fundorte der Schlagopfer nach Arten und Saison (N=13).

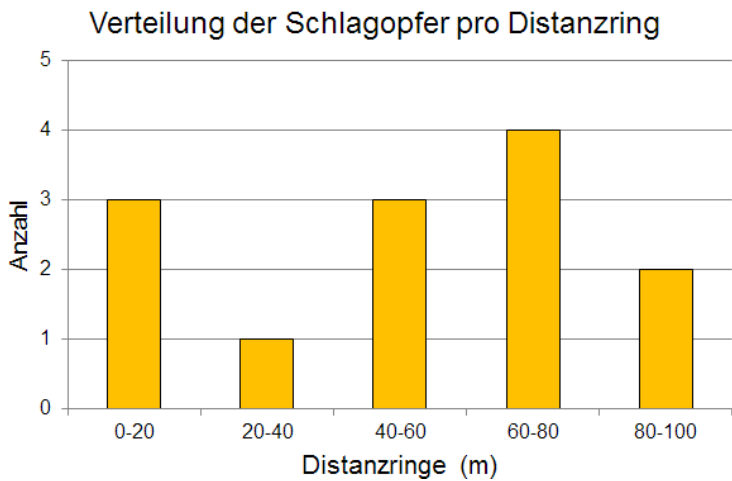


Abb. 23. Verteilung der Funde von Schlagopfern auf der abgesuchten Fläche pro Distanzring über alle fledermausarten (N=13).

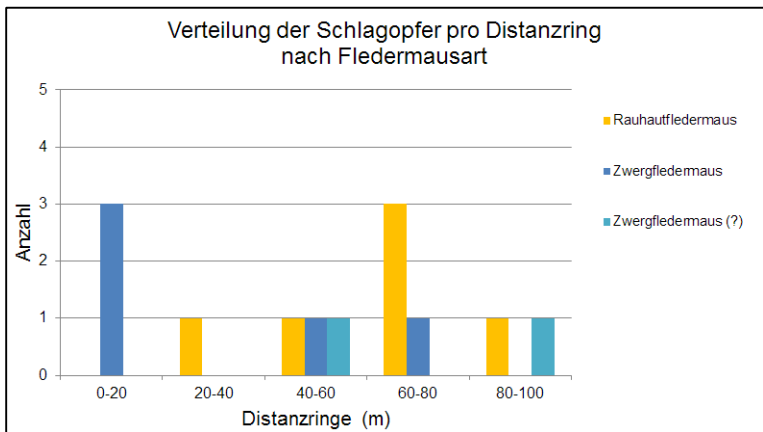


Abb. 24. Verteilung der Funde (N=13) von Schlagopfern pro Distanzring nach Fledermausart.

3.1.3 Sucheﬃzienz

Zur Bestimmung der Sucheﬃzienz wurden unter den drei WEA total 55 Testobjekte (28 Feldmäuse und 27 Fledermausattrappen) in verschiedenen Vegetationshöhenklassen (kurz, mittel, lang) ausgelegt.

Im Durchschnitt über den ganzen Untersuchungszeitraum gerechnet und unabhängig von der suchenden Person, der Art des Testobjekts (Feldmaus oder Fledermausattrappe) und der Vegetationshöhe betrug die Sucheﬃzienz 0.58 (Vertrauensintervall 95 %, untere Grenze: 0.43, obere Grenze: 0.71). Dies bedeutet, dass im Mittel von 10 ausgelegten Testobjekten jeweils 5.8 gefunden worden sind. Die Sucheﬃzienz der beiden suchenden Personen unterschied sich nicht.

Die Wahrscheinlichkeiten, dass eine Feldmaus gefunden wurde war in allen Vegetationshöhenklassen grösser als die Wahrscheinlichkeit, dass eine Fledermausattrappe gefunden worden ist (Abb. 25). In kurzer Vegetation wurden sowohl Feldmäuse wie auch Fledermausattrappen am besten gefunden, Feldmäuse mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.81 (0.49-0.95) und Fledermausattrappen mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.68 (0.43-0.87). Diese Wahrscheinlichkeiten sanken in mittelhoher Vegetation für Feldmäuse auf 0.54 (0.20-0.85) und für Fledermausattrappen auf 0.36 (0.12-0.70). In langer Vegetation blieb die Wahrscheinlichkeit sehr ähnlich hoch, nämlich 0.62 (0.30-0.83) für Feldmäuse und 0.44 (0.18-0.72) für Fledermausattrappen.

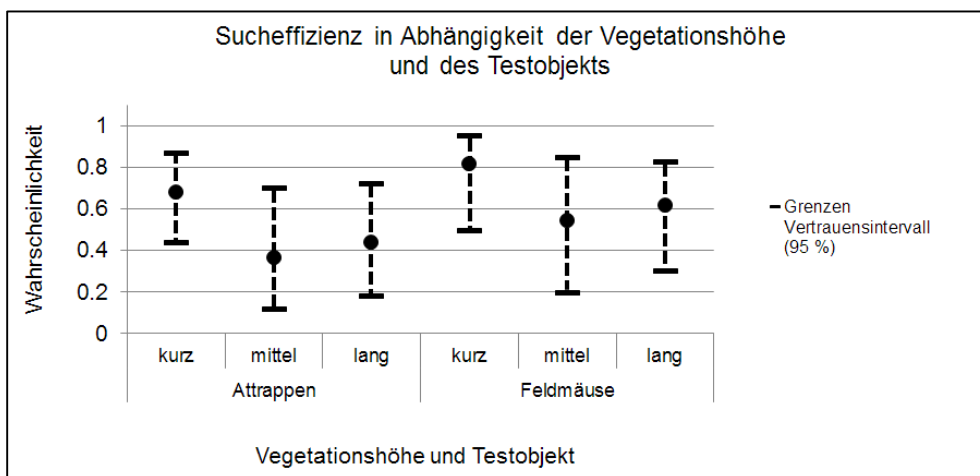


Abb. 25. Mittlere Sucheﬃzienz der beiden suchenden Personen in Abhängigkeit der Vegetationshöhe und der Art des Testobjekts.

3.1.4 Verbleiberate

Vorgänge bei Testkadavern im Feld

Alle 28 ausgelegten Testkadaver verschwanden nach einer gewissen Zeit als Ganzes und spurlos.

Bei 11 der 28 Testkadaver konnte anhand der Bilder der Fotofallenkameras Art und minutengenaue Zeitpunkt des Verschwindens bestimmt werden. Ganz ausgelegte Feldmäuse verschwanden zu gleichen Teilen am Tag wie auch in der Nacht, während halbiert ausgelegte Feldmäuse hauptsächlich im Zeitraum zwischen 05:59 Uhr und 18:00 Uhr verschwunden sind (Abb. 26).

In 10 der 11 Fälle mit bekanntem Zeitpunkt des Verschwindens wurden die Kadaver von tierischen Prädatoren entfernt und in 1 Fall durch anthropogene Aktivität (landwirtschaftliche Arbeiten). Unter den tierischen Prädatoren wurde der Fuchs am häufigsten erfasst (Abb. 27b). Weitere Prädatoren waren Hauskatze, Hund, Mäusebussard und Rotmilan. In einem Fall konnte nur erkannt werden, dass es sich beim Prädatoren um ein Säugetier handelt. Eine Identifizierung der Art war nicht möglich.

Bei den restlichen 17 Testkadavern konnte der Zeitpunkt des Verschwindens mit den Fotofallen aus diversen Gründen nicht erfasst werden (Abb. 27a). In 6 Fällen waren die Kameras ausser Betrieb. In 11 Fällen waren die Kameras zwar aktiv, aber die Testkadaver waren nicht sichtbar (z.B. Kadaver ausserhalb des Sichtfelds der Kameras, Linse der Kamera verdeckt durch Wasser, Schmutz oder Insekten,

eingeschränkte Sicht durch Nebel und schlechtes Wetter oder nicht bis zum Kadaver reichende Infrarot-Ausleuchtung während der Nacht).

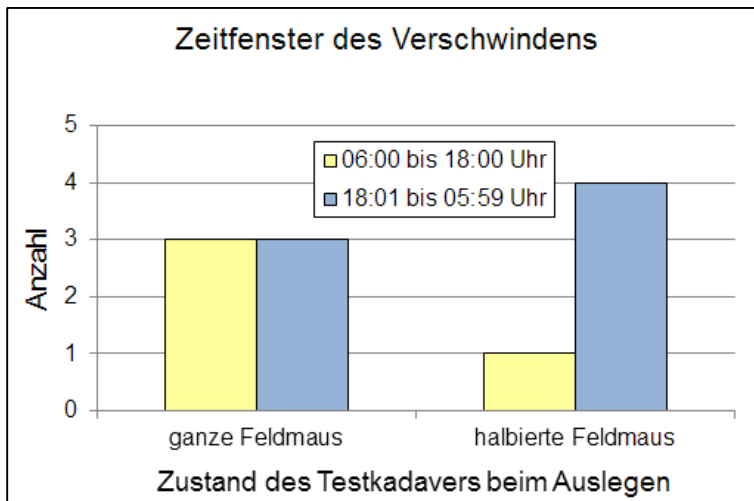


Abb. 26. Zeitfenster des Verschwindens bei Testkadaver nach Zustand des Testkadavers beim Auslegen (N=11).

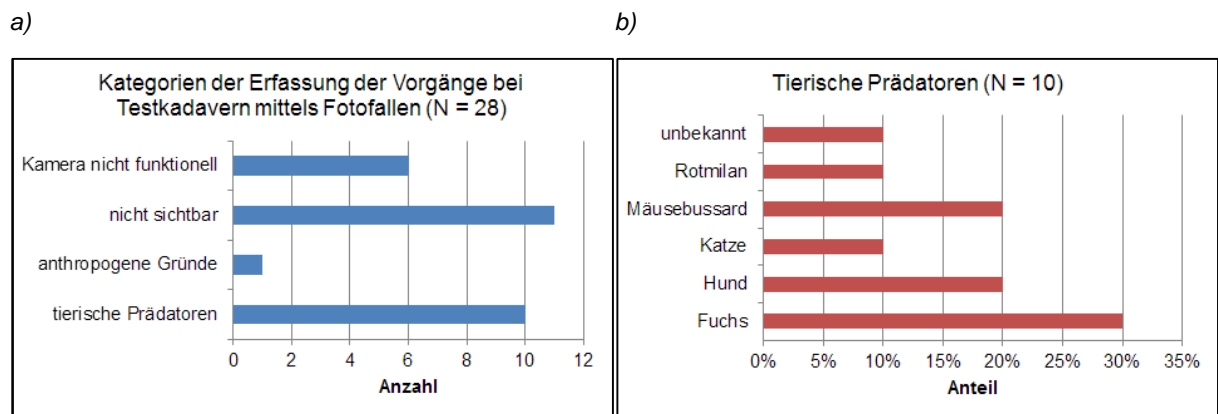


Abb. 27. Kategorien, die sich aus der Erfassung der Vorgänge bei 28 Testkadavern mittels Fotofallen ergeben haben (a) sowie die Anteile pro Prädatör innerhalb der Kategorie „tierische Prädatoren“ (b).

Verbleiberate und mittlere Verweildauer eines Testkadavers

Zur Bestimmung der Verbleiberate und der Verweildauer, wurde mit dem gesamten Datensatz eine discrete-time-Überlebensanalyse durchgeführt.

Die Verbleiberate ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kadaver am nächsten Tag noch da ist. Unabhängig davon berechnet, ob die Feldmäuse ganz oder halbiert ausgelegt worden sind, beträgt die Verbleiberate 0.62 (Vertrauensintervall 95 %, untere Grenze: 0.5, obere Grenze: 0.72). Die Verweildauer ist die mittlere Dauer für wie lange ein Testkadaver aufgefunden werden konnte. Im Mittel war ein Testkadaver für eine Dauer von 2 Tagen auffindbar.

Die Verbleiberate und Verweildauer unterscheiden sich in Abhängigkeit davon, ob die Feldmäuse ganz oder halbiert ausgelegt worden sind (Tab. 3). Die Verbleiberate für ganze Feldmäuse war 0.66 (Vertrauensintervall 95 %, untere Grenze: 0.52, obere Grenze: 0.78) mit einer Verweildauer von 2.4 Tagen. Halbierte Feldmäuse verschwanden schneller. Sie hatten eine Verbleiberate von 0.5 (Vertrauensintervall 95 %, untere Grenze: 0.28, obere Grenze: 0.71) und eine Verweildauer von 1.4 Tagen.

Tab. 3. Verbleiberate und Verweildauer der Testkadaver (N=28) aufgeteilt nach halb oder ganz ausgelegten Feldmäusen.

| Auslegezustand | N | Verbleiberate mit 95 %-Vertrauensintervall | Mittlere Verweildauer |
|----------------|----|--------------------------------------------|-----------------------|
| ganz | 17 | 0.66 (0.52–0.78) | 2.4 |
| halbiert | 11 | 0.50 (0.28–0.71) | 1.4 |

3.1.5 Anteil der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer

Zur Bestimmung des Anteils der in die abgesuchte Fläche gefallenen Schlagopfer wurden pro Distanzring die Anteile der abgesuchten Fläche mit den Anteilen der Schlagopfer multipliziert und schliesslich über die Distanzringe summiert. Als Werte für die Verteilung der Schlagopfer wurde der Mittelwert von drei unterschiedlich hohen WEA verwendet, die aus zwei Studien (Hull & Muir 2010, Niemann et al. 2011) stammen (vgl. 2.3.4, Abb. 28).

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schlagopfer in der abgesuchten Fläche (Suchradius entweder 50 m oder 100 m) liegt, betrug 91 %. Dieser Wert wurde für die Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer verwendet.

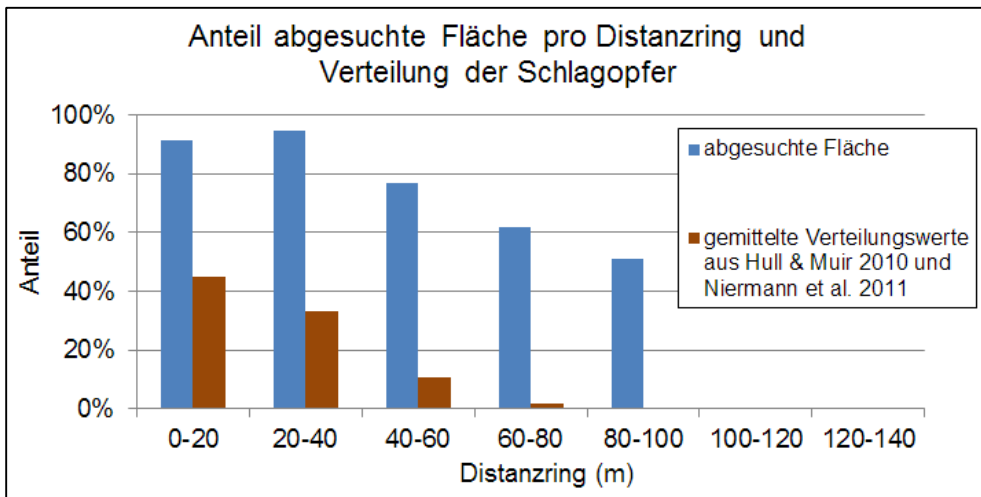


Abb. 28. Anteile der abgesuchten Fläche pro Distanzring am Standort Le Peuchapatte und Verteilung der Schlagopfer pro Distanzring aus zwei Studien (Mittelwert der Verteilung, die bei drei unterschiedlich hohen WEA ermittelt worden ist, vgl. 2.3.4). Zur Bestimmung des Anteils der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer werden pro Distanzring die Anteile der abgesuchten Fläche mit den Anteilen der darin liegenden Schlagopfer multipliziert und schliesslich über die Distanzringe summiert.

3.1.6 Hochrechnung effektive Anzahl Schlagopfer und absolute Kollisionsrate

Basierend auf der Sucheffizienz, der Verbleiberate und des Anteils, der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer wurde hochgerechnet (Tab. 4), wie gross die effektive Anzahl Schlagopfer war.

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % lag die effektive Anzahl der Schlagopfer für alle drei WEA zusammen im Minimum bei 31, im Median bei 56 und im Maximum bei 106 Opfern. Dies ergibt im Median pro WEA eine absolute Kollisionsrate von 18.7 (10.3-35.3) Schlagopfern pro Jahr. Da der untersuchte Zeitraum beinahe ein gesamtes Jahr abdeckt und ausserhalb dieser Zeitperiode kaum mit Schlagopfern von Fledermäusen zu rechnen ist, können die Zahlen als für ein Jahr gültig betrachtet werden.

Zusätzlich wurde für die hochgerechnete Anzahl Schlagopfer berechnet, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass in Realität mehr Schlagopfer zu verzeichnen waren, als die Hochrechnung ergibt (Abb. 29). Geht man vom hochgerechneten Minimum von 31 aus, so ist die Wahrscheinlichkeit 96.9 %, dass die reale Anzahl Schlagopfer höher liegt als die hochgerechnete Anzahl Schlagopfer. Umgekehrt ist die Wahrscheinlichkeit mit 2.3 % sehr gering, dass die reale Anzahl der Schlagopfer höher war als die

hochgerechneten 106 Schlagopfer. Bei einer hochgerechneten Anzahl von 56 Opfern ist man zu 50 % sicher, dass die reale Anzahl Schlagopfer nicht höher war als die hochgerechnete Anzahl (= Median).

Tab. 4. Modellparameter und Werte, welche zur Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer verwendet worden sind.

| Modellparameter | Wert | 95 %-Vertrauensintervall |
|------------------------------------------|------|--------------------------|
| Anzahl gefundene Schlagopfer | 13 | - |
| Sucheffizienz | 0.58 | 0.43 – 0.71 |
| Verbleiberate | 0.62 | 0.5 – 0.72 |
| Anteil Schlagopfer in abgesuchter Fläche | 0.91 | - |

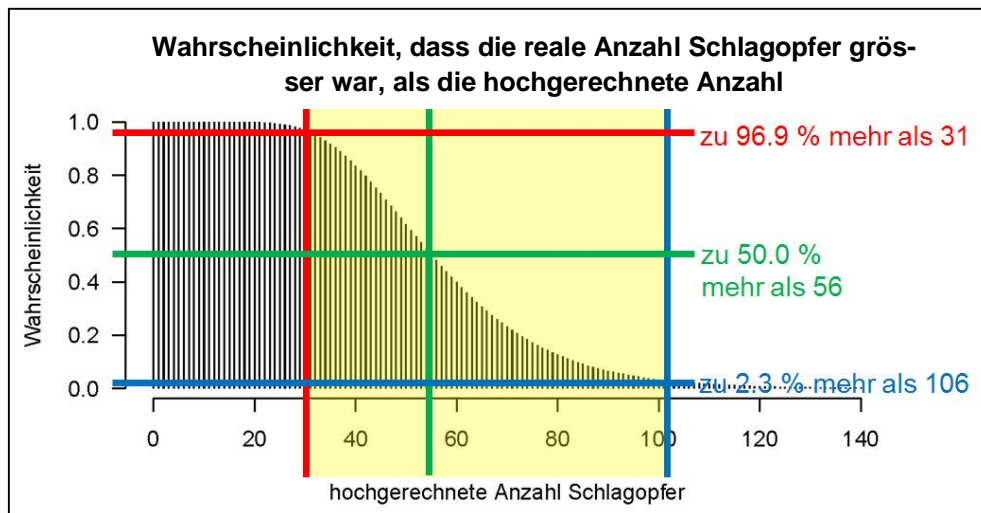


Abb. 29. Wahrscheinlichkeit, dass die reale Anzahl Schlagopfer grösser war, als die hochgerechnete innerhalb des 95 %-Vertrauensintervalls (gelber Bereich) liegende Anzahl Schlagopfer. Beim hochgerechneten Minimum von 31 Opfern war die reale Anzahl zu 97.0 %, beim hochgerechneten Median von 56 Opfern zu 50 % und beim hochgerechneten Maximum von 106 Opfern zu 2.3 % grösser.

3.2 Meteorologische Bedingungen

Der Frühling war besonders Ende März/Anfang April von einer Schlechtwetterphase mit starken Westwinden geprägt (Abb. 30). Eine weitere Schlechtwetterphase mit starkem Niederschlag und tiefen Temperaturen trat Ende April/Anfangs Mai in Erscheinung.

In der Sommerperiode fallen v.a. zwei längere Zeitfenster auf, die regnerisch und kalt waren: Das zweite Drittel des Monats Juni sowie Ende Juli/Anfangs August (Abb. 31).

Ein Kälteeinbruch Mitte Oktober liess die Temperaturen deutlich sinken. Ansonsten zeigte sich die Herbstperiode relativ trocken mit auffällig hohen Temperaturen im November (Abb. 32).

Mittlere Windgeschwindigkeiten, Windrichtungen, Temperaturen und Niederschlagsmenge pro Datum mit Suchterminen und Schlagopferfunde

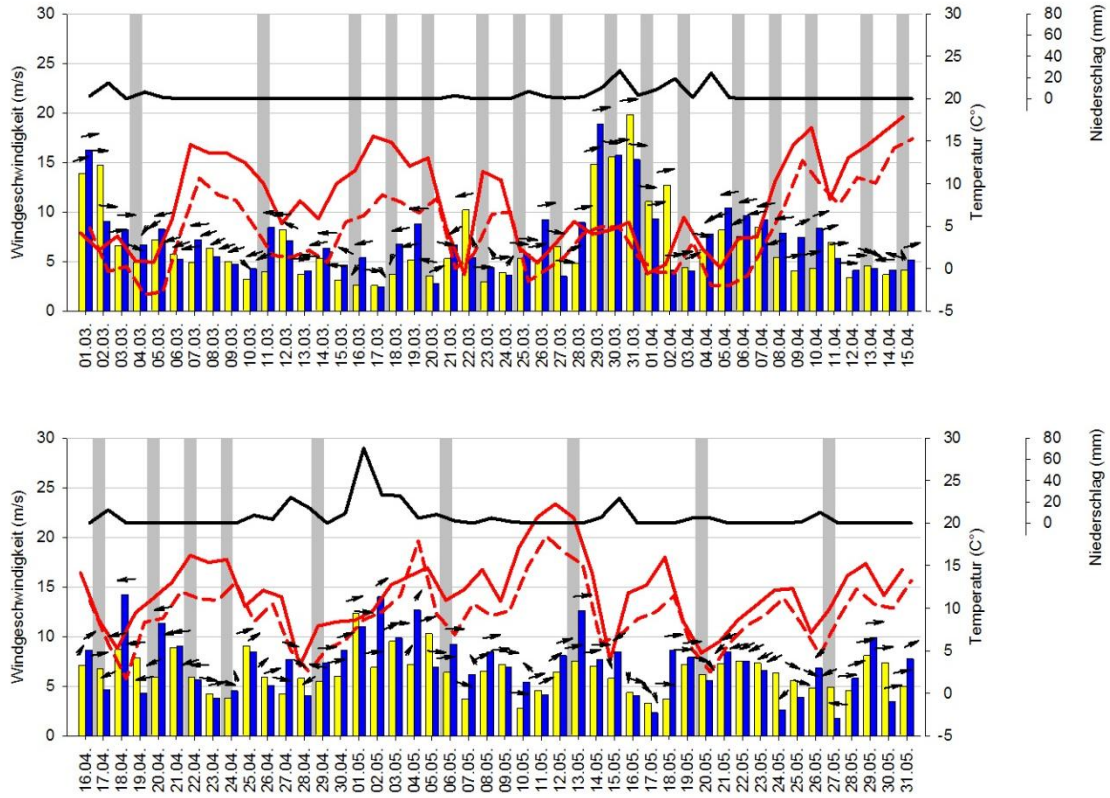


Abb. 30. Meteorologische Bedingungen während der Frühlingsperiode 2015 (oben: 01.03.–15.04.2015, unten: 16.04.–31.05.2015). In dieser Zeitperiode sind keine Kadaver von Fledermäusen gefunden worden.

Mittlere Windgeschwindigkeiten, Windrichtungen, Temperaturen und Niederschlagsmenge pro Datum mit Suchterminen und Schlagopferfunde

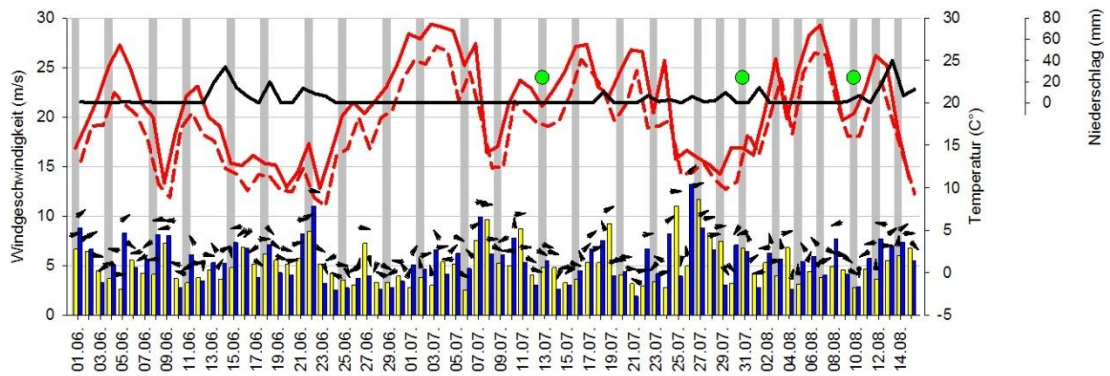
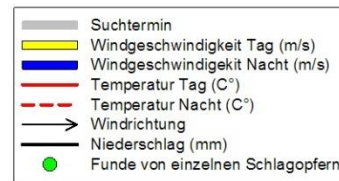


Abb. 31. Meteorologische Bedingungen während der Sommerperiode 2015 (01.06.–14.08.2015). In dieser Zeitperiode sind insgesamt 3 Kadaver von Fledermäusen gefunden worden.

Mittlere Windgeschwindigkeiten, Windrichtungen, Temperaturen und Niederschlagsmenge pro Datum mit Suchterminen und Schlagopferfunde

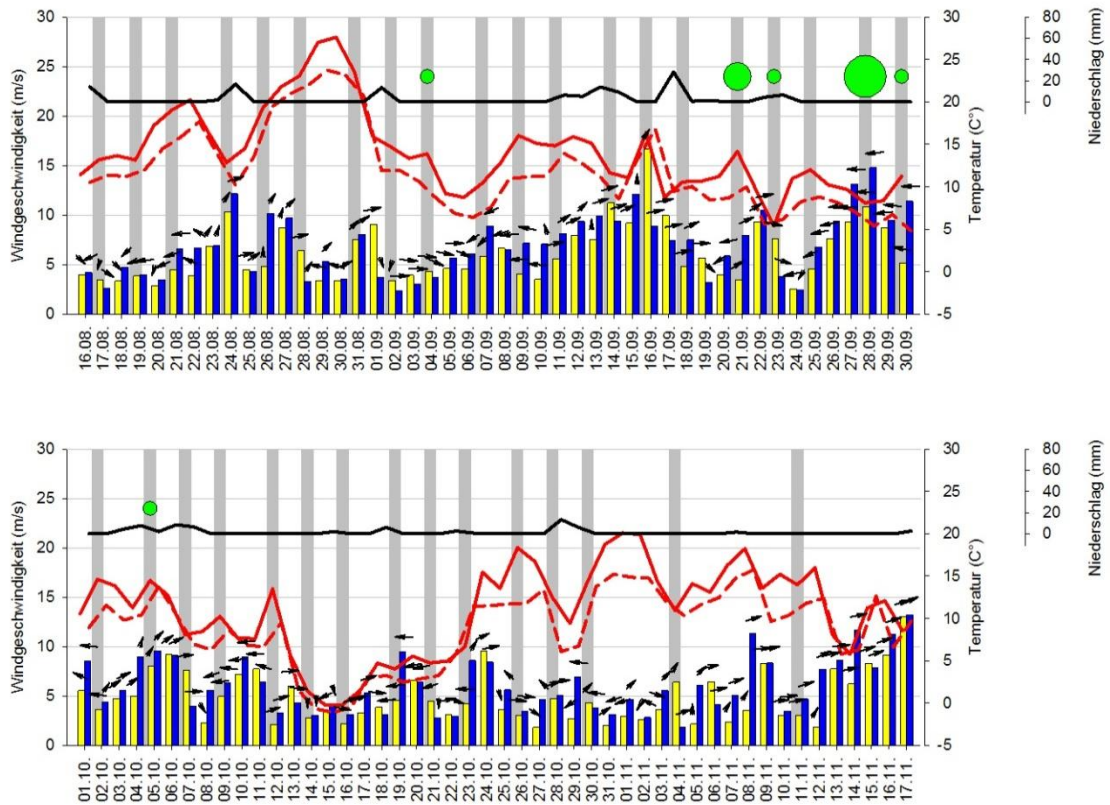


Abb. 32. Meteorologische Bedingungen während der Herbstperiode 2015 (oben: 16.08.–30.09.2015, unten: 01.10.–15.11.2015). In dieser Zeitperiode sind insgesamt 10 Kadaver von Fledermäusen gefunden worden.

3.3 Betriebsdaten Windpark

Zur Beurteilung, ob im untersuchten Zeitraum das Kollisionsrisiko für Fledermäuse durch die Drehung der Rotoren kontinuierlich erhöht vorhanden war, wurde die Häufigkeit der Anzahl Umdrehungen pro Minute ausgewertet. Während 98 % der Zeit drehten die Rotoren mehr als 1 Mal pro Minute und während 95 % der Zeit mehr als 5 Mal pro Minute. Bei einer Umdrehung pro Minute beträgt die Geschwindigkeit an der Rotorspitze der Enercon E-82 15.4 km/h und bei 5 Mal pro Minute 77.3 km/h.

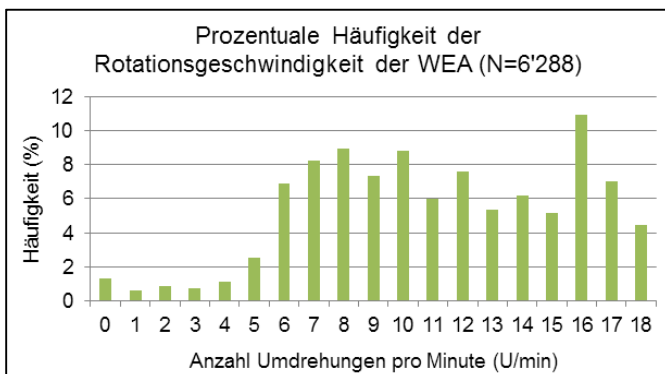


Abb. 33. Prozentuale Häufigkeit der Rotationsgeschwindigkeiten der WEA.

4 Diskussion

4.1 Unter- oder Überschätzung unterschiedlicher Werte

4.1.1 Sucheﬃzienz

Methodisch traten verschiedene Faktoren auf, die die Sucheﬃzienz beeinflusst haben dürften. Spuren im hohen Gras, die vom Auslegen der Testobjekte zurückblieben, haben ab und zu dazu geführt, dass Testobjekte einfacher gefunden wurden. Stellvertretend für Fledermäuse wurden Feldmäuse und Fledermausattrappen ausgelegt. Hier stellt sich die Frage, wie gut dadurch die Sucheﬃzienz für Fledermäuse repräsentiert wird. Die Sucheﬃzienz für Fledermausattrappen, die in Form, Färbung und Grösse einer Fledermaus ähnlicher sein dürften als Kadaver von Feldmäusen, war tiefer als für Feldmäuse. Dies bedeutet, dass die Sucheﬃzienz für echte Fledermäuse in Realität wohl eher tiefer liegen würde als die in der vorliegenden Studie berechnete Sucheﬃzienz. Dadurch dürfte die Sucheﬃzienz überschätzt worden sein. Eine Überschätzung der Sucheﬃzienz hat zur Folge, dass die hochgerechnete Anzahl Kollisionsopfer unterschätzt wird, weil die Entdeckungswahrscheinlichkeit zu hoch ausfällt.

Insgesamt wurde das Experiment mit zahlreichen Testobjekten verteilt über die ganze Untersuchungsperiode unter verschiedensten Bedingungen durchgeführt. Den statistisch berechneten Wert schätzen wir daher als verlässlich ein.

4.1.2 Verbleiberate

Stellvertretend für Fledermäuse wurden zur Bestimmung der Verbleiberate ganze und halbierte Feldmäuse ausgelegt. Wie bei der Sucheﬃzienz stellt sich hier die Frage, wie gut dadurch die Verbleiberate für Fledermauskadaver repräsentiert wird. Wenn die Kadaver von Fledermäusen in Realität länger auffindbar bleiben würden, als dies bei Feldmäusen der Fall ist, so würde der Korrekturfaktor unterschätzt. Dies führt in der Hochrechnung zu einer Überschätzung der effektiven Anzahl Kollisionsopfer. Umgekehrt hätte man eine Überschätzung des Korrekturfaktors und somit eine Unterschätzung der effektiven Anzahl Kollisionsopfer. Es kann nicht abgeschätzt werden, ob der Korrekturfaktor Verbleiberate eher unter- oder überschätzt worden ist.

Die verschiedenen methodischen Ansätze zur Bestimmung der Verbleiberate im experimentellen Design sowie bei der Auswertung anderer Studien erschweren einen Vergleich mit den Werten der vorliegenden Studie. Die hier ermittelten mittleren Verweildauern (2.4 Tage für ganz ausgelegte Feldmäuse, 1.4 Tage für halbiert ausgelegte Feldmäuse) liegen jedoch im Rahmen der Werte, die andernorts bestimmt worden sind. Die Vorgehensweise der vorliegenden Studie entspricht auch dem international angewandten Vorgehen. Die statistisch berechneten Werte der Verbleiberate dürfen als verlässlich und fundiert eingeschätzt werden.

4.1.3 Anteil der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer und Distanzverteilung

In der Regel kann bei Schlagopferstudien nie die gesamte Fläche, die notwendig wäre, abgesucht werden. Häufig ist ein Teil der Fläche von Wald bedeckt und/oder ökonomische Gründe erfordern, dass der Suchaufwand auf eine kleinere Fläche reduziert wird. Aus diesen Gründen muss die Wahrscheinlichkeit bestimmt werden, dass ein Schlagopfer überhaupt in der abgesuchten Fläche liegt. Diese Wahrscheinlichkeit ist einer der drei Korrekturfaktoren, der in die Hochrechnung der Anzahl Schlagopfer einfließt.

Grösse notwendige Suchfläche, Suchradius und Anteil abgesuchte Fläche

Für die Genauigkeit der Hochrechnung ist es wichtig, dass ein möglichst grosser Anteil der als nötig erachteten Suchfläche mit hoher Sucheffizienz abgesucht wird. Dementsprechend hat die Wahl der Grösse der als nötig erachteten Suchfläche einen grossen Einfluss. In der vorliegenden Studie, deren methodischer Aufbau auf Vögel ausgerichtet war, wurde basierend auf diversen Informationen und Studien im Zusammenhang mit Schlagopfersuchen für Vögel (Gauthreaux 1996, Johnson et al. 2002, Grünkorn et al. 2005, Krijgsveld et al. 2009, Hull & Muir 2010, Grodsky et al. 2013, Hull et al. 2013) eine Suchfläche mit Radius von 150 m als notwendig erachtet. Im Verlauf der Analyse wurde aber aufgrund der verfügbaren Daten zur Distanzverteilung von Vogelkadavern als Kompromiss eine Suchfläche mit Radius 140 m berücksichtigt (Aschwanden & Liechti 2016).

Von der notwendigen Suchfläche (Radius 140 m) konnte lediglich ein gewisser Teil abgesucht werden. Ein Teil der notwendigen Suchfläche war von Bäumen bewachsen und aus ökonomischen Gründen wurden die Suchen auf eine Fläche innerhalb eines Radius von 100 m (69 Termine) oder 50 m (16 Termine) beschränkt. Die von Bäumen bedeckte Fläche, sowie die Fläche ausserhalb der Suchradien bis zu einer Distanz von 140 m wurden bei der Berechnung des Korrekturfaktors als „nicht abgesucht“ gewertet. Diese Gegebenheiten führen dazu, dass der Anteil der tatsächlich abgesuchten Fläche mit zunehmender Distanz zur WEA kleiner wird. Allerdings konnte mit den eng liegenden Transekten (Abstand 5 m) und dem Kurzhalten der Vegetation erreicht werden, dass die abgesuchte Fläche von den suchenden Personen gut überblickt werden konnte. Kleine Vögel werden links und rechts von einem Transekt bis zu einer Distanz von 2.5 m verlässlich entdeckt (Grünkorn et al. 2016). Dies dürfte auch für Fledermäuse zutreffen.

Die Wahl der Grösse der notwendigen Suchfläche wird als fundiert und verlässlich eingeschätzt. Für Fledermäuse werden ohnehin meist kleinere Umkreise abgesucht, da sich die Distanzverteilung der Fledermäuse anders zu gestalten scheint als für Vögel (vgl. nachfolgender Abschnitt).

Distanzverteilung der Schlagopfer

Zur Bestimmung des Anteils der Schlagopfer, der in der abgesuchten Fläche liegt, muss die Häufigkeitsverteilung der Kadaver pro Distanz zum Mastfuss der WEA berücksichtigt werden. Allerdings müssen genügend Werte vorhanden sein, um eine der Wahrheit nahekommende Häufigkeitsverteilung zu erstellen. Gerade bei der Suche nach Schlagopfern unter WEA sind meistens nur sehr wenige Werte verfügbar, so dass es kaum möglich ist, eine fundierte Häufigkeitsverteilung nach Distanzen zu erstellen.

Die Distanzverteilung von Fledermauskadavern scheint sich von der Distanzverteilung von Vögeln zu unterscheiden (Hull & Muir 2010, Niermann et al. 2011). Dabei scheinen die Kadaver von Fledermäusen generell näher am Mastfuss zu liegen als die Kadaver von Vögeln. Allerdings wurden in der vorliegenden Studie Kadaver von Fledermäusen bis zu einer Distanz von 80-100 m gefunden. Dies legt die Vermutung nahe, dass in den Distanzringen zwischen 100 m bis 140 m, die nicht abgesucht worden sind, auch noch Kadaver von Fledermäusen gelandet sein könnten. Das Muster der Distanzverteilung am Standort Peuchapatte wirkt im Vergleich zu den Mustern aus den anderen Studien unterschiedlich. Allerdings beruhen die Werte der anderen Studien auf grösseren Anzahlen von Schlagopfern, so dass diese verlässlicher sein dürften als die Verteilung bei Peuchapatte.

Verknüpfung Anteil abgesuchte Fläche und Distanzverteilung: Anteil der in der abgesuchten Fläche liegenden Schlagopfer

Zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeit, dass ein Schlagopfer in der abgesuchten Fläche liegt, müssen pro Distanzring die Anteile der abgesuchten Fläche mit den Anteilen der darin liegenden Schlagopfer (Distanzverteilung) multipliziert und diese Werte über die Distanzringe summiert werden. Eine hohe Wahrscheinlichkeit tritt dann auf, wenn in einem Distanzring ein grosser Anteil abgesucht werden konnte und sich dort gleichzeitig ein grosser Anteil der Schlagopfer befindet.

In der vorliegenden Studie zeigt sich eine grosse Übereinstimmung zwischen dem Anteil der abgesuchten Fläche und den von Hull & Muir sowie Niermann et al. 2011 übernommenen Anteilen der darin liegenden Schlagopfer. Dadurch fällt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schlagopfer in der abgesuchten Fläche liegt mit 0.91 sehr hoch aus.

Wenn in Wirklichkeit der Anteil Schlagopfer in den äusseren Distanzringen grösser wäre als dies bei den Werten von Hull & Muir (2010)/Niermann et al. (2011) der Fall ist, so würde die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schlagopfer in der abgesuchten Fläche liegt, überschätzt, und schliesslich die hochgerechnete Anzahl Schlagopfer unterschätzt. Diese Unterschätzung der Anzahl Schlagopfer wird weiter dadurch bestärkt, dass unsere Hochrechnung nicht für Schlagopfer korrigiert worden ist, die potenziell ausserhalb eines Umkreises von 140 m zum Mastfuss zu liegen kommen könnten.

Die Thematik der Distanzverteilung lässt vermuten, dass schlussendlich eine Unterschätzung der hochgerechneten Anzahl Schlagopfer von Fledermäusen resultiert.

4.1.4 Hochgerechnete Anzahl Schlagopfer und absolute Kollisionsrate

Ein Vergleich der hochgerechneten Anzahl Schlagopfer pro WEA mit den Anzahlen anderer Studien erwies sich als schwierig. Sowohl die Standorte als auch die Methoden der Datenerhebungen und der statistischen Berechnungen sind sehr unterschiedlich. Selbst die Angabe des Mortalitätsbezugs variiert je nach Studie. Manche nennen die Anzahl Fledermäuse pro Megawatt, andere die Anzahl pro WEA pro Tag etc. Bei einem Vergleich solcher Zahlen ist deshalb immer Vorsicht geboten.

Die ermittelten Werte von im Median 18.7 (10.3–35.3) Schlagopfer pro WEA pro Jahr der vorliegenden Studie, die in Le Peuchapatte auf einem Hügelzug des Schweizer Jura durchgeführt worden ist, liegen im Rahmen von bisherigen Schlagopferschätzungen. Die verwendete Methodik ist wissenschaftlich fundiert.

Die methodischen Gegebenheiten (Überschätzung der Korrekturfaktoren „Sucheffizienz“ und „Anteil der Fledermäuse, die auf der abgesuchten Fläche liegen“) führen dazu, dass die absoluten Kollisionsraten eher unter- als überschätzt worden sind.

4.2 Zusammenhang Schlagopfer und Zugereignisse

Anzahl Schlagopfer und Flugaktivität

Im Rahmen des Projektes wurden in der Region zur Erfassung der Vogelzugintensität quantitative Radarmessungen durchgeführt (Aschwanden und Liechti 2016). Mit dem Radargerät wurden auch Fledermäuse erfasst. Allerdings ist es nach heutigem Stand der Technik noch nicht möglich, die Fledermäuse aus den Daten herauszufiltern. Deshalb können die Radardaten nicht dazu verwendet werden, für Fledermäuse eine Flugaktivität zu bestimmen.

Anzahl Schlagopfer und Wetterbedingungen

Die Faktoren, welche das Auftreten von Schlagereignissen begünstigen, sind unklar und bedürfen weiterer Forschung.

4.3 Artenzusammensetzung

Leider sind Schlagopferstudien häufig offenbar weder wissenschaftlich publiziert noch sonst wie verfügbar. Die Resultate von zugänglichen Berichten, Studien oder mündlichen Mitteilungen aus laufenden Projekten wurden auf die Artenzusammensetzung der gefundenen Schlagopfer hin geprüft. In der zentralen Fundkartei der staatlichen Vogelschutzbehörde Brandenburg werden Daten zu Fledermausverlusten an WEA gesammelt. Zwar nimmt die Anzahl der dokumentierten Funde aus systematischen Schlagopfersuchen zu, trotzdem bestehen die Daten der Fundkartei aber noch zu einem grossen Teil aus Zufallsfunden. Daher müssen die darin enthaltenen Zahlen vorsichtig und bestenfalls als Mindestwerte behandelt werden. Auch die Artenverteilung ist daher nicht repräsentativ. In der Fundkartei liegen bis anhin Meldungen für Totfunde von total 1'385 Zwergfledermäuse und 958 Rauhauffledermäuse vor (Dürr 2015). Die Funde stammen aus Österreich, Belgien, Kroatien, Tschechien, Deutschland, Spanien, Frankreich, Griechenland, Italien, Lettland, Niederlande, Portugal, Polen, Schweden und dem Vereinigten Königreich.

4.4 Aussagekraft und Repräsentativität der Studie

Die vorliegende Studie ist national und international die erste Studie, bei der so umfassend über einen grossen Zeitraum systematische Schlagopfersuchen stattgefunden haben. Die Datenaufnahmen erfolgten im Schweizer Jura auf 1'000 m ü.M. während knapp 9 Monaten in einem Windpark mit drei Windturbinen des Typs Enercon E-82, die eine Gesamthöhe von 150 m (inkl. Rotor) aufweisen.

Auf eine Referenzsuche in einem Gebiet auf freiem Feld ohne WEA wurde verzichtet. Eine Studie in den USA (Grodsky et al. 2013) zeigte z.B., dass auf den Kontrollflächen ausserhalb des Windparks keine toten Vögel gefunden worden sind. Aufgrund dieser Erkenntnis in Kombination mit finanziellen Aspekten wurde auf diese Untersuchung bewusst verzichtet.

Die Studie leistet einen wesentlichen Beitrag zur Diskussion der Kollisionsproblematik von Fledermäusen an WEA. Sie gibt für die Schweiz einen Eindruck zur Grössenordnung der Anzahl Fledermäuse, die an WEA verunfallen.

Da der untersuchte Zeitraum beinahe ein gesamtes Jahr abdeckt und ausserhalb dieser Zeitperiode kaum mit Schlagopfern von Fledermäusen zu rechnen ist, können die Zahlen als für ein Jahr gültig betrachtet werden.

Die Ergebnisse dürften sich auf den gesamten Schweizer Jurabogen und topografisch ähnliche Räume übertragen lassen. Die Übertragbarkeit auf alpine Standorte sowie für Standorte im Mittelland ist jedoch nicht gegeben. Es ist unklar, in wie weit sich die Ergebnisse auf höhere und grössere WEA übertragen lassen. Die Kollisionsrate könnte mit zunehmender Höhe und Grösse der WEA ansteigen, Ob die gefundenen Muster bezüglich des betroffenen Artenspektrums repräsentativ sind oder spezifisch für das Untersuchungsjahr, ist ebenfalls noch unbekannt.

4.5 Schlussfolgerungen

- a) Die Hochrechnung ergibt pro WEA im Median eine absolute Kollisionsrate von 18.7 (10.3 – 35.3) Vögel pro Jahr. Mit 50 %-er Wahrscheinlichkeit sind in Realität mehr als 18.7 Fledermäuse pro WEA pro Jahr verunfallt. Beim Minimalwert von 10.3 ist diese Wahrscheinlichkeit 96.9 %, beim Maximalwert von 35.3 Fledermäuse liegt sie bei 2.3 %. Die Anzahlen dürften von der Hochrechnung eher unterschätzt worden sein und erfordern ausserdem eine länderübergreifende, kumulative Betrachtung.
- b) Kollisionsopfer waren Zwerg- und Flughautfledermäuse. Dies scheint....

4.6 Offene Fragen

1. Welche Faktoren begünstigen das Auftreten von Schlagereignissen?
2. Haben die Grösse und Höhe der WEA einen Einfluss auf die Höhe der Kollisionsrate?
3. Mit welchen Kollisionsraten muss in anderen geografischen Regionen der Schweiz gerechnet werden?
4. Wie gross ist die Kollisionsrate relativ zur Fledermausaktivität?

5 Referenzen

- Aschwanden, J. & F. Liechti (2016): Vogelzugintensität und Anzahl Kollisionsopfer an Windenergieanlagen am Standort Le Peuchapatte (JU). Bundesamt für Energie BFE.
- Bates, D. 2005. Fitting linear mixed models in r using the lme4 package. – R News 5: 27–30.
- BioConsult SH GmbH & Co. KG & ARSU GmbH (2010): Zum Einfluss von Windenergieanlagen auf den Vogelzug auf der Insel Fehmarn. Gutachterliche Stellungnahme auf Basis der Literatur und eigener Untersuchungen im Frühjahr und Herbst 2009. <http://www.arsu.de/themenfelder/windenergie/projekte/untersuchungen-zum-einfluss-von-windenergieanlagen-auf-den-vogel> (Zugriff 06.06.2016)
- Bruderer, B., D. Peter, A. Boldt & F. Liechti (2010): Wing-beat characteristics of birds recorded with tracking radar and cine camera. *Ibis* 152, 272–291.
- Bruderer, B., T. Steuri, J. Aschwanden & F. Liechti (2012): Vom militärischen Zielfolgeradar zum Vo-gelradar. *Ornithol. Beob.* 109: 157–176.
- Dai, K., Bergot, A., Liang, C., Xiang, W-N. & Z. Huang (2015): Environmental issues associated with wind energy – A review. *Renewable Energy* 75: 911 – 921
- Dürr, T. 2015. Vogelverluste an Windenergieanlagen. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte Brandenburg (Stand 16.12.2015) <http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>
- Erickson, W.P., Johnson, G.D., Strickland, M.D., Young, D.P. Jr., Sernka, K.J. & R.E. Good (2001): Avian Collisions with Windturbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to other Sources of Avian Collision Mortality in the United States. Resource Document., 1-60 (ca.). 2001. Washington, DC, National Wind Coordinating Committee (NWCC).
- Erickson, W.P., Wolfe, M.M., Bay, K.J., Johnson, D.H. & J.L. Gehring (2014): A Comprehensive Analysis of Small-Passerine Fatalities from Collision with Turbines at Wind Energy Facilities. *Plos One* 9: e10749.
- Gauthreaux, S.A.JR. (1996): Suggested practices for monitoring bird populations, movements and mortality in wind resource areas. In: Proceedings of the National Avian-Wind Power Planning Meeting 2, Palm Springs, Calif. 20-22. Sept. 1995. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by RESOLVE, Inc., Washington, DC, and LGL, Ltd., King City, Ontario: 88 -110.
- Gelman, A. & J. Hill (2007): Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models. – Cambridge Univ. Press.
- Grodsky, S.M., Jennelle, C.S. & D. Drake (2013): Bird mortality at a wind-energy facility near a wetland of international importance. *The Condor* 115: 700-711.
- Grünkorn, T.; Diederichs, A.; Stahl, B.; Poszic, D. u. Nehls, G. (2005): Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergieanlagen. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein. 109 S. http://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/wea/voegel_wea.pdf.
- Grünkorn, T., Blew, J., Coppack, T., Krüger, O., Nehls, G., Potiek, A., Reichenbach, M., von Rönn, J., Timmermann, H. & S. Weitekamp (2016): Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Schlussbericht zum durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6. Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS, FKZ 0325300A-D.
- Hull, C.L. & S. Muir (2010): Search areas for monitoring bird and bat carcasses at wind farms using a Monte-Carlo model, *Austral. J. Environm. Managem.* 17: 77-87.
- Hull, C.L., Stark, E.M., Peruzzo, S. & C.C. Sims (2013): Avian collisions at two wind farms in Tasmania, Australia: taxonomic and ecological characteristics of colliders versus non-colliders. *New Zealand Journal of Zoology* 40, 47-62.

- Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Sheperd, M.F., Sheperd, D. A. & S.A. Sarappo (2002): Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale wind-power development on Buffalo Ridge, Minnesota. *Wildlife Society Bulletin* 30: 879-887.
- Komenda-Zehnder, S., F. Liechti & L. Jenni (2010): Do bird captures reflect migration intensity? Trapping numbers on an alpine pass compared with radar counts. *J. Avian Biol.* 41: 434–444.
- Korner-Nievergelt, F., Behr, O., Brinkmann, R., Etterson, M.A., Huso, M.M.P., Dalthorp, D., Korner-Nievergelt, P., Roth, T. & I. Niermann (2015a): Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass – a tutorial. *Wildlife Biol.* 21: 30–43.
- Korner-Nievergelt, Roth, T., von Felten, S., Guélat, J., Almasi, B. & P. Korner-Nievergelt (2015b): *Bayesian Data Analysis in Ecology Using Linear Models with R, BUGS, and Stan.* Academic Press Elsevier Inc., London.
- Kunz, T., Arnett, E.B., Cooper, B.M., Erickson, W.P, Larkin, R.P, Mabee, T., Morrison, M.L., Strickland, M.D. & J.M. Szewezak (2007): Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnally Active Birds and Bats: A Guidance Document. *J.Wildl.Manag.* 71, 2449-2486.
- Krijgsveld, K.L., Akershoek, K., Schenk, F., Dijk, F. & S. Dirksen (2009): Collision risk of birds with modern large wind turbines. *Ardea* 97: 357-366.
- Liechti, F. (2006): Birds: blowin' by the wind? *J. Ornithol.* 147: 202 – 210.
- Liechti, F., J. Guélat & S. Komenda-Zehnder (2013a): Modelling the spatial concentrations of bird mi-gration to assess conflicts with wind turbines. *Biol. Cons.* 162: 24–32.
- Liechti, F., J. Guélat, S. Bauer, M. Mateos & S. Komenda-Zehnder (2013b): Konfliktpotenzialkarte Windenergie – Vögel Schweiz: Teilbereich Vogelzug. Aktualisierung 2013. Schweizerische Vogelwarte, Sempach. <http://www.vogelwarte.ch/konfliktpotenzialkarte.html>
- Lunn, D., Jackson, C., Best, N., Thomas, A. & D. Spiegelhalter (2013): *The BUGS book – a practical introduction to Bayesian analysis.* Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- May, R., Reitan, O., Bevanger, K., Lorentsen, S.-H. & T. Nygård (2015): Mitigating wind-turbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42: 170 – 181.
- Manthey F. (2015): Fledermaus- und Vogelschlagopfer durch Windenergieanlagen im Landkreis Lüchow-Dannenberg von 2010-2015. Eine Zusammenfassung. Dezember 2015.
- Marques, A.T., Batalha, H., Rodrigues, S., Costa, H., Pereira, M.J.R., Fonseca, C., Mascarenhas, M. & J. Bernardino (2014): Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Review. Biol. Cons.* 179: 40–52.
- Müller, J.M., Warnke, M., Reichenbach, M. & J. Köppel (2015): Synopsis des internationalen Kenntnisstandes zum Einfluss der Windenergie auf Fledermäuse und Vögel und Spezifizierung für die Schweiz. Bundesamt für Energie BFE.
- Niermann, I., R. Brinkmann, F. Korner-Nievergelt, and O. Behr. 2011. Systematische Schlagopfersuche - Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. Pages 40-115 in R. Brinkmann, O. Behr, I. Niermann, and M. Reich, editors. *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermaeusen an Onshore-Windenergieanlagen.* Cuvillier Verlag, Goettingen.
- R Development Core Team (2015) *R: A language and environment for statistical computing.* Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Schmaljohann, H., F. Liechti, E. Bächler, T. Steuri & B. Bruderer (2008) Quantification of bird migration by radar – a detection probability problem. *Ibis* 150: 342-355.
- Smith, J.A. & J.F. Dwyer (2016): Avian interactions with renewable energy infrastructure: An update. *The Condor* 118: 411 – 423.

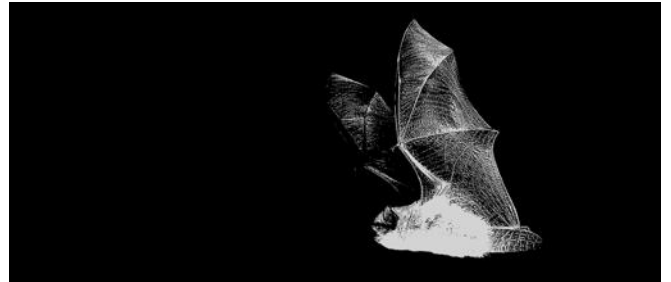
- Wang, Sh., Wang, Si. & P. Smith (2015): Ecological impacts of wind farms on birds: Questions, hypotheses, and research needs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 44: 599 – 607.
- Zaugg, S., G. Saporta, E. van Loon, H. Schmaljohann & F. Liechti (2008): Automatic identification of bird targets with radar via patterns produced by wing flapping. *J. R. Soc. Interface* 5: 1041-1052

Bericht II

**Windpark Le Peuchapatte, JU: Fledermaus Abklärungen 2015:
Analysen der Fledermausmessungen und Bewertung der Massnahmen**

Windpark Le Peuchapatte, JU: Fledermaus Abklärungen 2015

Analysen der Fledermausmessungen und Bewertung der Massnahmen



Abschlussbericht

Februar 2018

SWILD – Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation, Zürich

Auftraggeber:**Bundesamt für Energie BFE****Planair SA**

Crêt 108a

2314 La Sagne

Auftragnehmerin:**SWILD – Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation**

Wuhrstrasse 12, 8003 Zürich

Dr. Fabio Bontadina (Projektleitung, Auswertungen, Bewertung)

Adrian Dietrich, Mirco Lauper (Auswertungen)

Kathi Märki (Rufanalysen, Auswertungen)

Lucretia Deplazes (Auswertungen, Bericht)

STADTÖKOLOGIE
WILDTIERFORSCHUNG
KOMMUNIKATION

Tel. 044 450 68 05 / 12

fabio.bontadina@swild.ch / lucretia.deplazes@swild.ch

Verdankung

Wir danken den Projektverantwortlichen des BFE Katja Maus und Lionel Perret sowie den Mitgliedern der Begleitgruppe Benoit Magnin (BAFU), Markus Geissmann (BFE), Reto Rigassi (Suisse-Eole), Xavier Sinnhuber (Alpiq SA) für die konstruktiven Beiträge sowie Christophe Brossard, NATURA Sàrl, dem Büro KohleNusbaumer SA sowie Alpiq SA für die Unterlagen und die gute Zusammenarbeit.

Version 1.1 vom 15. Februar 2018

Abbildungen Titelbild: SW-Grafik Fledermaus (cc); swild.ch; Windpark Le Peuchapatte, stiftung-kev.ch

© Texte und Berechnungsgrundlagen bei SWILD.

Zitat

SWILD. 2018. **Windpark Le Peuchapatte, JU: Fledermaus Abklärungen 2015. Analysen der Fledermausmessungen und Bewertung der Massnahmen. Abschlussbericht.** SWILD, Zürich, 49 S.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Ausgangslage | 7 |
| 2 | Eckdaten Windpark Le Peuchapatte | 8 |
| 3 | Prüfung der Qualität der Messungen | 9 |
| 3.1 | Datengrundlage | 9 |
| 3.2 | Prüfung der Geräteeinstellungen | 11 |
| 3.3 | Prüfung der Mikrofon-Sensitivität (Gondel) | 11 |
| 3.4 | Kalibrierung / Nachmessung der Mikrofon-Sensitivität | 11 |
| 3.5 | Datenumfang: Aufnahmeperiode und Ausfälle | 12 |
| 3.6 | Schlussfolgerung: Qualität der Messungen | 13 |
| 4 | Analyse der Fledermausmessungen | 14 |
| 4.1 | Prüfung der Qualität der Aufnahmen durch Stichproben | 14 |
| 4.2 | Akustische Datenanalyse | 16 |
| 5 | Resultate Artenzusammensetzung | 17 |
| 5.1 | Artenzusammensetzung Bodenaufnahmen (Lisière) | 17 |
| 5.2 | Artenzusammensetzung Gondel (Nacelle) | 19 |
| 6 | Resultate Fledermausaktivität | 22 |
| 6.1 | Fledermausaktivität Bodenaufnahmen (Lisière) | 22 |
| 6.2 | Fledermausaktivität Gondelaufnahmen (Nacelle) | 24 |
| 7 | Interpretation der Fledermausaktivität | 27 |
| 7.1 | Schätzung der theoretischen Mortalität | 27 |
| 7.2 | Prognose der Mortalität unter Berücksichtigung der cut-in Windgeschwindigkeit | 29 |
| 7.3 | Prognose Mortalität und Schadensminderung | 29 |
| 7.4 | Prognose Mortalität mit ProBat | 30 |
| 7.5 | Schadensminderung mit ProBat | 30 |
| 8 | Überprüfung Wirksamkeit der vorgeschlagenen Betriebsmassnahmen | 31 |
| 8.1 | Datengrundlage | 31 |
| 8.2 | Fixer Abschaltplan | 32 |
| 8.3 | Angestrebte Schadensminderung | 32 |
| 8.4 | Bewertung vorgeschlagenen Betriebsmassnahmen | 32 |
| III. | Vergleich: Prognose Mortalität aufgrund Schlagopfersuche vs. Fledermausaktivität | 36 |
| | Studie zur Schlagopfersuche | 36 |
| | Bewertung der Totfunde in Bezug auf Meteobedingungen und Fledermausaktivität | 37 |
| | Diskussion Anzahl Schlagopfer Windpark Le Peuchapatte | 38 |
| | Technischer Anhang | 40 |
| | Feldprotokolle Batcorder 2.0 (KohleNusbaumer SA) | 40 |
| | Mikrofonsensitivität: TSL-Protokolle (KohleNusbaumer SA) | 44 |
| | Protokoll Mikrofonkalibrierung (ecoObs) | 45 |
| 9 | Glossar | 47 |
| 10 | Literaturgrundlagen | 48 |

Zusammenfassung

Windpark Le Peuchapatte, JU: Fledermaus- Abklärungen 2015: Analyse Fledermaus- messungen und Bewertung der Massnahmen

Im Auftrag des Betreibers des Windparks Le Peuchapatte wurde ein akustisches Fledermausmonitoring bei zwei Windenergieanlagen (WEA) durch KohleNusbaumer SA durchgeführt (jeweils am Boden und in der Nabe der WEA). In der vorliegenden Studie von SWILD im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE wurden die Aufnahmen zur Fledermausaktivität aus dem Monitoring auf ihre Qualität geprüft und bezüglich der Artenvielfalt und Aktivität analysiert. Anschliessend wurden die Ergebnisse aus den beiden Projekten bezüglich Fledermausaktivität und Schlagopfer bewertet, sowie die angestrebten Betriebsmassnahmen des Windparks evaluiert.

Prüfung Qualität Fledermausmessungen

Die Aufnahmequalität war grundsätzlich gut und auswertbar. Probleme verursachten die vielen Störgeräusche (97.6% der Daten) der WEA sowie Ausfallzeiten durch übersättigte SD-Karten. Der späte Start der Aufnahmen am Ende des Frühlings (28. Mai) erschwert eine Aussage zur Artenvielfalt und der Aktivität während der gesamten Frühlingsperiode.

Analyse der Fledermausmessungen (Artenspektrum / Fledermausaktivität)

Bei den Bodenaufnahmen (Standorte LIS1 + LIS3) wurden insgesamt mind. 10 Arten, davon gemäss Rote Liste mindestens zwei "stark gefährdete" Arten nachgewiesen (Mopsfledermaus *Barbastella barbastellus*: 3 Seq.; Kleine Hufeisennase *Rhinolophus hipposideros*: 8 Seq.). In der Gondel (Standorte PEU1 + PEU3) wurden insgesamt mind. 5 Fledermausarten nachgewiesen, darunter zwei "verletzliche" Arten (Nordfledermaus *Eptesicus nilsonii*: 17 Seq.; Zweifarbenfledermaus *Vespertilio murinus*: 15 Seq.). Die gemessene Aktivität (standardisierte Aufnahmeperiode; Mittelwert \pm SF) betrug am Boden LIS1: 19.7 ± 7.4 und LIS3: 21.8 ± 6.4 und in der Gondel PEU1: 3.6 ± 1.7 und PEU3:

3.0 ± 0.9 . Im Vergleich mit Aktivitätsmessungen in der Höhe (Gondel, Windmessmasten) anderer Standorte in der Schweiz entspricht dies einer geringen Aktivität.

Überprüfung der Wirksamkeit der vorgeschlagenen Betriebsmassnahmen

Der vorgeschlagene Abschaltplan zum Schutz der Fledermäuse: (Abstellung während 15. März bis 31. Oktober, wenn Windgeschwindigkeit $\leq 5.2\text{m/s}$ und Temperatur $\geq 6^\circ\text{C}$) erreicht oder übertrifft gemäss unseren Berechnungen das Ziel der Schadensminderung. Aufgrund der Schlagopferberechnung der Totfundsuche kann ein fixer Abschaltplan mit Abstellung bei Windgeschwindigkeiten $\leq 4.7\text{m/s}$ mit einer Schadensminderung von 87.5%, aufgrund der Aktivitätsmessungen aus der Gondel ein fixer Abschaltplan bei PEU1: $\leq 3.2\text{m/s}$ und bei PEU3: $\leq 5\text{m/s}$ mit einer Schadensminderung von 77% vorgeschlagen werden, um die Energieverluste zu optimieren. Bei einer Anpassung des Abschaltplans müsste ein Monitoring die Wirksamkeit aufzeigen.

Vergleich: Prognose Mortalität aufgrund Schlagopfersuche vs. Fledermausaktivität

Der Bericht I zeigt, dass bei der Totfundsuche (März-November, bei 3 WEA) insgesamt bei 85 Begehungen (alle 2-7 Tage) 13 Schlagopfer gefunden wurden (7 *P. pipistrellus*, 6 *P. nathusii*, NATURA 2018).

Die Schlagopfer konnten nicht signifikant mit speziellen Windbedingungen oder der Fledermausaktivität in Verbindung gebracht werden, auch weil ihr Auftreten zeitlich unscharf meist mehreren Nächten zugeordnet ist.

Eine Schätzung der Anzahl Schlagopfer pro Jahr und WEA mit unterschiedlichen Methoden ergab die folgenden Werte: aufgrund der Schlagopfersuche: 18.7 (10.3-35.3; Mittelwert; min-max), aufgrund der gemessenen Fledermausaktivität in der Gondel: 9.9 (8.8-11.4) und aufgrund der Berechnungen gemäss ProBat (Tool aus ReneBat I-III Forschungsprojekt, D): 6.6 (6.0-7.1). Die aus den Totfunden errechnete Schlagopferzahl lag damit deutlich über der aus den Aktivitätsmessungen erwarteten Mortalität.

1 Ausgangslage

Im Rahmen einer zweiteiligen Studie wurde beim Windpark Le Peuchapatte, JU an drei Windenergieanlagen (WEA) im Jahre 2015 ein Fledermausmonitoring durchgeführt.

Ein erster Teil der Studie umfasste eine Schlagopfersuche an den drei WEA, durchgeführt von NATURA Sàrl im Auftrag des BAFU (NATURA 2018).

In einem zweiten Teil der Studie im Auftrag des BFE wurde parallel die Fledermausaktivität während 6 Monaten an zwei der drei WEA gemessen, durchgeführt von KohleNusbaumer SA. Es wurden jeweils bioakustische Messungen mit Batcorder in der Gondel (Nacelle) und am Mastfuss am Boden bei einer Hecke (Lisière) gemacht. Diese Aufnahmen sollen nun bezüglich Artenvielfalt und Fledermausaktivität ausgewertet werden. Die Ergebnisse aus den beiden Projekten sollen dann zusammengeführt werden, um die Gefährdung der Fledermäuse durch die drei WEA beim Windpark Le Peuchapatte zu bewerten.

Für den zweiten Teil der Studie wurde SWILD beauftragt die Qualität der Fledermausmessungen zu überprüfen, die bioakustischen Analysen der Fledermausaufnahmen durchzuführen und diese anschliessend, einerseits bezüglich Fledermausaktivität und Artspektrum, andererseits bezüglich der gefundenen Schlagopfer, zu bewerten. Aufgrund dieser Bewertungen sollen fledermausfreundliche Betriebsmassnahmen für den Windpark Le Peuchapatte geprüft und Empfehlungen für den zukünftigen Betrieb erstellt werden.

Die Ziele der vorliegenden Untersuchung wurden folgendermassen festgelegt:

- Prüfung Qualität der Fledermausmessungen in der Gondel und am Boden
- Analyse der Fledermausmessungen (Fledermausaktivität / Artspektrum)
- Interpretation der Fledermausaktivität, auch bezüglich der Schlagopfer
- Überprüfung der Wirksamkeit der vorgeschlagenen Betriebsmassnahmen

2 Eckdaten Windpark Le Peuchapatte

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Gemeinde: | Muriaux, Kanton Jura |
| Projekt: | Windpark Le Peuchapatte (Alpiq SA) |
| Anlagen: | 3 WEA (Standorte in <i>Abb. 1</i>) |
| Anlagentyp: | <i>Enercon E82-E2</i> |
| | Nabenhöhe 108m |
| | Rotordurchmesser 82m |
| | Unterkante Rotor 67m |
| Betreiberin | Alpiq Gruppe |
| Inbetriebnahme: | 2011 |
| Mittlere Jahresproduktion: | 13.5 GWh / 3 WEA |
| Status: | in Betrieb |

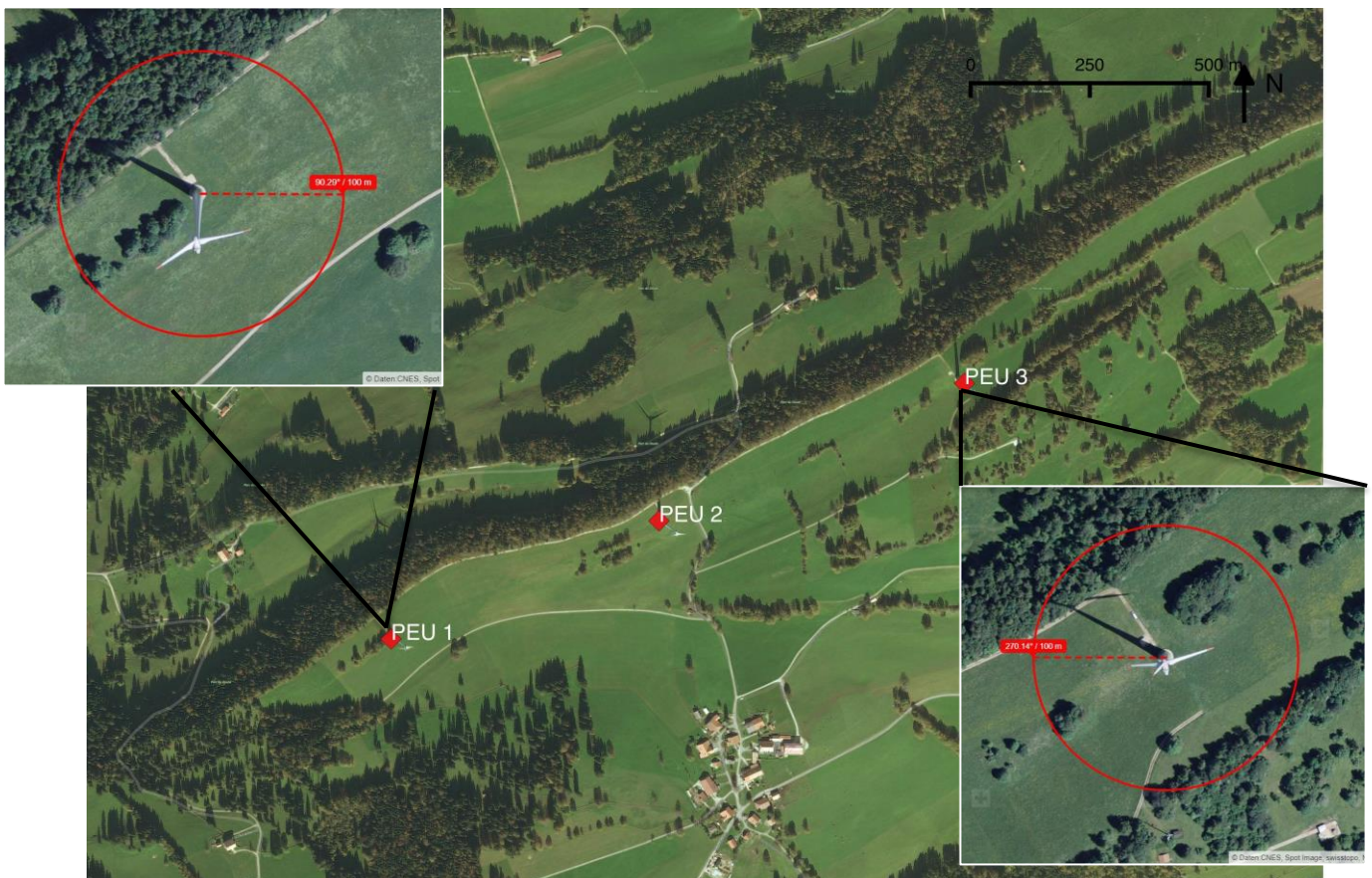


Abb. 1. Windpark Le Peuchapatte (JU) mit 3 Windenergieanlagen (PEU1, PEU2, PEU3). Überlagerte Bilder zeigen die Detailsansicht der Umgebung von PEU1 und PEU3.

3 Prüfung der Qualität der Messungen

3.1 Datengrundlage

Das Büro KohleNusbaumer SA erfasste im Auftrag des Betreibers Alpiq Gruppe die Fledermausaktivität in der Sommer- und Herbstsaison 2015 in zwei Gondeln (Nacelle) und am Boden (Lisière) entlang einer Hecke am Mastfuss unterhalb der entsprechenden WEA des Windparks Le Peuchapatte (Abb. 2).

Messstandorte:

Gondel (Nacelle)

| | |
|--------------|-------------------------------------------------------|
| PEU1 | (P036-PEU1 bei KohleNusbaumer SA) |
| Koordinaten: | WGS84: 6.95535 / 47.2000 (CH1903: 563'381 / 227'786) |
| Messhöhe: | 107 m |
| Messdauer: | 28.05. - 02.12.2015 |
| PEU3 | (P034-PEU3 bei KohleNusbaumer SA) |
| Koordinaten: | WGS84: 6.97124 / 47.20481 (CH1903: 564'588 / 228'314) |
| Messhöhe: | 107 m |
| Messdauer: | 28.05. - 02.12.2015 |

Boden (Lisière)

| | |
|--------------|-------------------------------------------------------|
| LIS1 | (P037-LIS1 bei KohleNusbaumer SA) |
| Koordinaten: | WGS84: 6.95519 / 47.19982 (CH1903: 563'369 / 227'766) |
| Messhöhe: | 2m |
| Messdauer: | 28.05. - 02.12.2015 |
| LIS3 | (P035-LIS1 bei KohleNusbaumer SA) |
| Koordinaten: | WGS84: 6.97153 / 47.20507 (CH1903: 564'610 / 228'343) |
| Messhöhe: | 2m |
| Messdauer: | 28.05. - 02.12.2015 |



Abb. 2. Messstandorte in den Gondeln (Nacelle) der Anlagen PEU1 und PEU3 und unmittelbar unter den beiden Anlagen am Boden entlang einer Hecke (Lisière) LIS1 und LIS3.

Messgeräte & Einstellungen (siehe Anhang 1):

Batcorder 2.0 (EcoObs) mit Scheibenmikrofon und Funkerweiterung zur Überwachung der Aufnahmen via SMS.

| | | |
|----------------|---------------------|--------------|
| Einstellungen: | Posttrigger: | 400ms |
| | Threshold: | -36 dB |
| | Quality: | 20 |
| | Critical Frequency: | 16 kHz |
| | Timing: | 19h-7h UTC+2 |

a.)



b.)



Abb. 3 Messgeräte Batcorder 2.0 (EcoObs) a.) in der Gondel und b.) am Boden entlang einer Hecke (Bilder: KohleNusbaumer SA)

3.2 Prüfung der Geräteeinstellungen

Es wurden akustische Permanent-Aufzeichnungen mit Breitband-Ultraschalldetektoren vom Büro KohleNusbaumer SA durchgeführt. Die Funktionsfähigkeit wurde überprüft, indem per Mobilfunk über ein GSM-Modul täglich Status SMS versendet wurden, die bei Ausfall eine schnelle Intervention ermöglichen. Zur Überprüfung der Geräteeinstellungen liegen uns die Feldprotokolle von KohleNusbaumer vor (E-Mail vom 19. Dezember 2016, *Anhang 1 und 2*).

Die verwendeten Aufnahmegeräte entsprechen der aktuellsten Technik und das Vorgehen ist eine erprobte Methodik zum Monitoring der Fledermausaktivität an WEA. Gemäss Feldprotokollen erfolgte mindestens alle vier Wochen oder nach Funkalarm eine Kontrolle vor Ort zur Sicherung der Daten. Die Einstellungen der Geräte erfolgten nach Standard und die Sensitivität der Mikrofone wurde mit -36dB entsprechend den Empfehlungen auf Stufe höchster Empfindlichkeit eingestellt.

3.3 Prüfung der Mikrofon-Sensitivität (Gondel)

Zur Überprüfung der Mikrofon-Sensitivität wird der Empfang eines Testsignals gemessen und das Resultat via Funkmodul mit der täglichen Statusmeldung übermittelt. KohleNusbaumer SA haben diese TSL-Statusmeldungen zur Mikrofon-Qualität protokolliert (*Anhang 2*). Die TSL-Messung wird beim Batcorder 2.0 beim Erreichen der Stopp-Zeit (morgens) durchgeführt. Dieser Wert kann auf Grund von äusseren Einflüssen (Witterung) von der Referenz abweichen. Dabei wird der Wert des Mikrofon-Signal-Pegels (in Prozent des Maximums) angegeben. Ein TSL von 50% wird als Halbierung der Empfindlichkeit des Mikrofons interpretiert.

Die TSL-Werte der beiden eingesetzten Mikrofone in den Gondeln (PEU1, PEU3) liegen während der Aufnahmezeit, mit nur ganz wenigen Ausnahmen, bei 100% Empfindlichkeit (*Anhang 2*). Einzelne Abweichungen unter 100% treten nur selten auf und können durch wetterbedingte Einflüsse (z.B. durch Feuchtigkeit) bei der Messung des Testsignals erklärt werden.

3.4 Kalibrierung / Nachmessung der Mikrofon-Sensitivität

Meistens nehmen die Empfindlichkeiten der eingesetzten Scheiben-Mikrofone, das heisst die Reichweite, mit der Zeit (also im Verlaufe einer Aufnahmesaison) leicht ab. Es wird deshalb empfohlen, dass die Empfindlichkeit der Mikrofone regelmässig im Feld überprüft wird – oder bei TSL-Werte, die länger unter 80% bleiben, das Mikrofon ersetzt wird. Nach dem Einsatz der Mikrofone in der Gondel, wurden diese durch SWILD an den Hersteller (EcoObs) eingeschickt um die Sensitivität zu prüfen. Bei Bedarf wurden sie dabei neu kalibriert.

Bei der Messung vom Hersteller (EcoObs) wurde eine Abnahme der Empfindlichkeit des Mikrofons am Standort PEU1 festgestellt (*Anhang 3*). Dieses Mikrofon musste nachkalibriert und mit einem neuen Kalibrierungswert MCF versehen werden. Am Standort PEU3 wurde keine Abnahme der Empfindlichkeit gemessen. Von SWILD wurde vor der Kalibrierung eine Testreihe mit parallelen Aufnahmen der Mikrofone durchgeführt. Dabei konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede bei der Anzahl Aufnahmen zwischen den beiden Mikrofonen aufgezeigt werden. Wir gehen deshalb davon aus, dass während der Aufnahmeperiode keine systematischen Unterschiede zwischen der Mikrofon-Sensitivität bestanden haben.

3.5 Datenumfang: Aufnahmeperiode und Ausfälle

Standardisierte Aufzeichnungen für ein Fledermausmonitoring in der Gondel umfassen im Allgemeinen eine Aufnahmeperiode (Fledermaussaison) vom 15. März bis Ende Oktober (entsprechend den Empfehlungen in BAFU 2016). Für die Auswertung der Aktivität wird diese Aufnahmezeit in drei Perioden unterteilt: eine erste Migrationsperiode im Frühling vom 15. März bis 31. Mai, die Reproduktionszeit im Sommer vom 1. Juni bis 15. August und eine zweite Migrationsperiode im Herbst vom 16. August bis 31. Oktober. Wir haben alle Aufnahmen für die Auswertungen der Fledermausaktivität und des Artspektrums berücksichtigt. Die Berechnungen der Mortalität und die Bewertung der geplanten Massnahmen wurden allerdings nur aufgrund der Aufnahmen in der standardisierten Aufnahmeperiode durchgeführt, um die Vergleichbarkeit mit anderen Windenergieprojekten zu gewährleisten.

Die Turbinen verursachten massive Störgeräusche im Ultraschallbereich, weshalb teilweise die Speicherkapazität der SD-Karten innert Kürze erreicht wurde, was zu Ausfällen der Aufnahmegeräte in den darauffolgenden Nächten bis zur nächsten Kontrolle führte. Im November wurde keine Begehung vor Ort mehr durchgeführt, deshalb fehlen an den meisten Standorten Daten der letzten Wochen im November.

Die Aufnahmeperiode im Windpark Le Peuchapatte startete erst am 28. Mai und endete am 2. Dezember. Gegenüber der standardisierten Aufnahmeperiode fehlen rund 2.5 Monate im Frühling (15. März bis 28. Mai). Umgekehrt wurde versucht, während rund eines Monats (vom 1. November bis 2. Dezember) zusätzliche Aufnahmen zu machen.

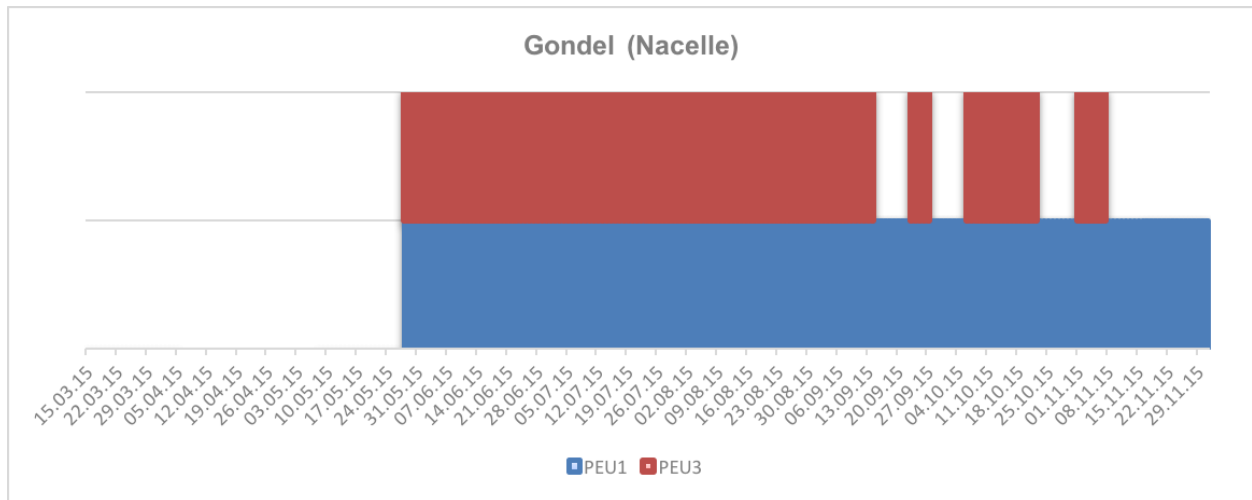
Bezogen auf die standardisierte Aufnahmeperiode fehlen die Aufnahmen im Frühling fast vollständig, ansonsten waren die Ausfälle gering (Tab. 1). Nur am Aufnahmestandort PEU3 kam es durch gesättigte Speicherkarten zu einigen Ausfällen im September, zudem fehlten ab dem 23.10 bis zum 31.10 die Daten für die Auswertung (Abb. 4). Gemäss Logfile des Batcorders müsste das Gerät allerdings zu dieser Zeit einwandfrei funktioniert haben. Es wird ein Software-Crash im Batcorder am 24. Oktober vermutet, da in dieser Nacht ein sehr hoher Datenfluss auf Grund von technischen Störgeräuschen auftrat (E-Mail KohleNusbaumer 30.05.2017). Es wurde offenbar gemessen, aber beim Speichern trat ein Fehler auf.

Insgesamt wurde an allen Standorten in der **Zeitperiode der Aufnahmeperiode (28.5 - 2.12.2015) in 90% der Nächte**, in der **standardisierten Zeitperiode für die Fledermaussaison (15.3 - 31.10.2015) in 65% der Nächte** erfolgreich Daten erhoben. Die Anzahl Aufnahmenächte sind somit ausreichend für eine zuverlässige Bewertung des Fledermausmonitorings in der Sommer- und der Herbstperiode. Für die Bewertung der Frühlingsperiode fehlt jedoch die Datengrundlage.

Tabelle 1. Umfang der Datenaufnahme in der Aufnahmeperiode sowie in der standardisierten Zeitperiode für die Fledermaussaison.

| Standort | Gondel (Nacelle) | | Boden (Lisière) | |
|--------------------------------------------|------------------|------------|-----------------|------------|
| | PEU1 | PEU3 | LIS1 | LIS3 |
| Zeitperiode: 28.5.-2.12.2015 | | | | |
| geplante Aufnahmenächte | 188 | 188 | 188 | 188 |
| Anzahl erfolgreiche Nächte | 188 | 139 | 177 | 176 |
| Anteil erfolgreiche Aufnahmenächte | 100% | 74% | 94% | 94% |
| stand. Zeitperiode: 15.3-31.10.2015 | | | | |
| geplante Aufnahmenächte | 230 | 230 | 230 | 230 |
| Anzahl erfolgreiche Nächte | 157 | 132 | 157 | 157 |
| Anteil erfolgreiche Aufnahmenächte | 68% | 57% | 67% | 68% |

a.)



b.)

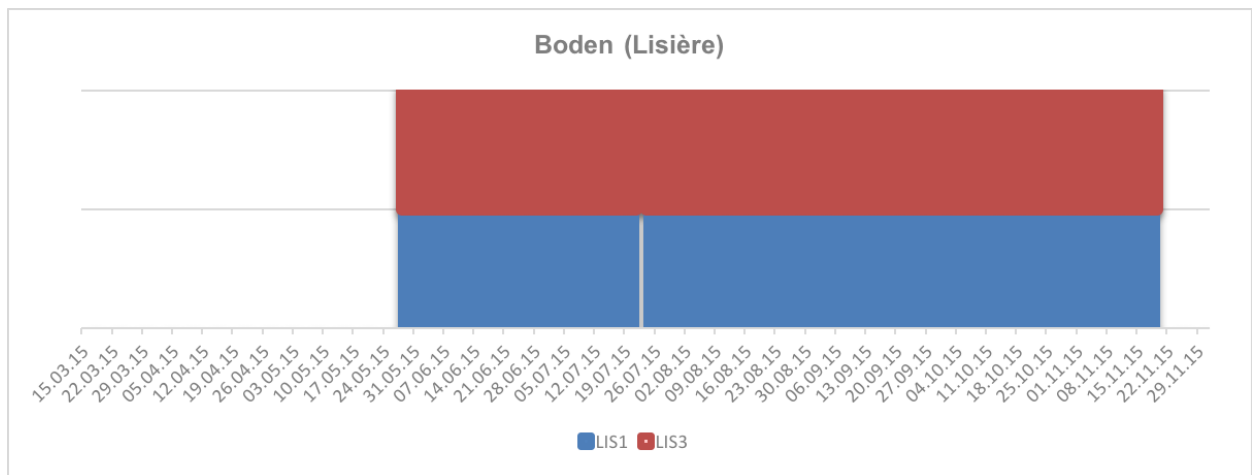


Abb. 4. Darstellung des Umfangs der Datenaufnahme in der standardisierten Zeitperiode 2015.

blau und rot: erfolgreiche Datenaufnahmen; weisse Lücken: Ausfälle.

a.) blau = Gondel PEU1; rot = Gondel PEU3. b.) blau = Gondel LIS1; rot = LIS3.

3.6 Schlussfolgerung: Qualität der Messungen

- + Aufnahmequalität gut
- + nachvollziehbare, detaillierte Protokollierung der Aufnahmen
- + standardisierte Einstellung der Geräte (Batcorder 2.0)
- + Mikrofonsensitivität gesamte Aufnahmezeit genügend

- Störgeräusche der Anlagen
- Keine Informationen zu Zeitformat der Aufnahmen festgehalten
- Fehlende Daten vom 23.10-31.10 bei PEU3
- Keine Aufnahmen aus der Frühlingsperiode
- Ansonsten empfohlener Umfang von >80% je Saison eingehalten (BAFU 2016)
- Mehraufwand Qualitätskontrolle → Aufnahmen durch spezialisierte Büros

4 Analyse der Fledermausmessungen

4.1 Prüfung der Qualität der Aufnahmen durch Stichproben

Die Aufnahmen aus den Gondeln enthielten ausserordentlich viele Störgeräusche durch die Turbinen, die Bodenaufnahmen viele Lautäusserungen von Heuschrecken. Dateien mit aufgezeichneten Fledermäusen waren aber ebenfalls vorhanden und die Aufnahmen qualitativ in Ordnung. Durch die vielen Störgeräusche (Interferenzen und Störgeräusche im Ultraschallbereich durch die Turbinen, *Abb.5*) oder bei den Bodenaufnahmen durch Heuschrecken (*Abb.6*) war die zugesandte Datenmenge sehr umfangreich (200 GB) und umfasste 311'111 Aufnahmesequenzen (*Tab. 2*).

Tabelle 2. Umfang der Datenmenge an den vier Aufnahmestandorten.

| Standort | PEU1 | PEU3 | LIS1 | LIS3 | Total |
|----------------|--------|---------|--------|-------|---------|
| Anz. Sequenzen | 65'968 | 201'904 | 35'817 | 7'422 | 311'111 |

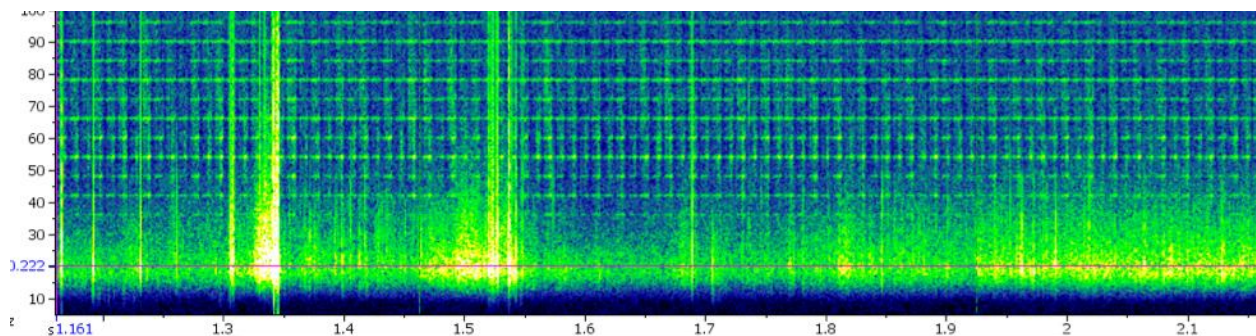


Abb. 5. Sonogramm: Störgeräusche aufgenommen in Gondelhöhe.

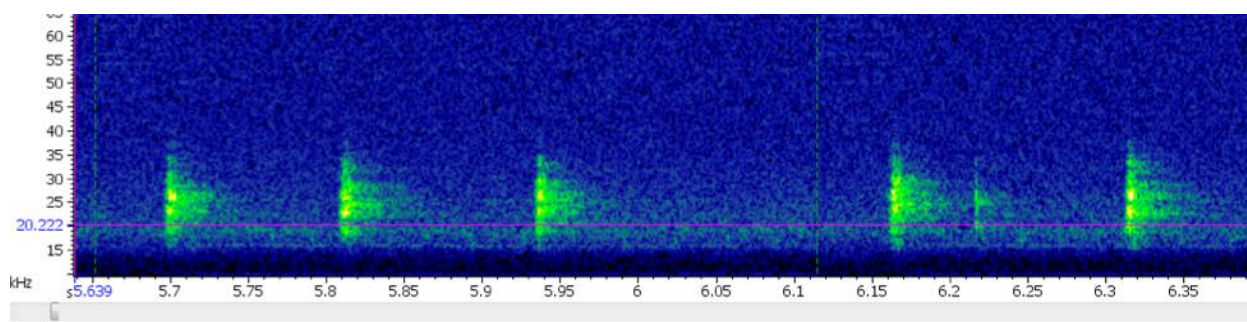
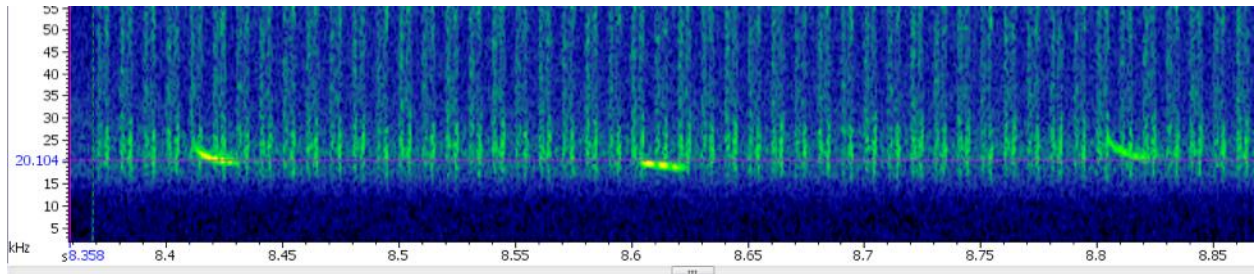


Abb. 6. Sonogramm: Aufnahme von Heuschrecken an der Hecke.

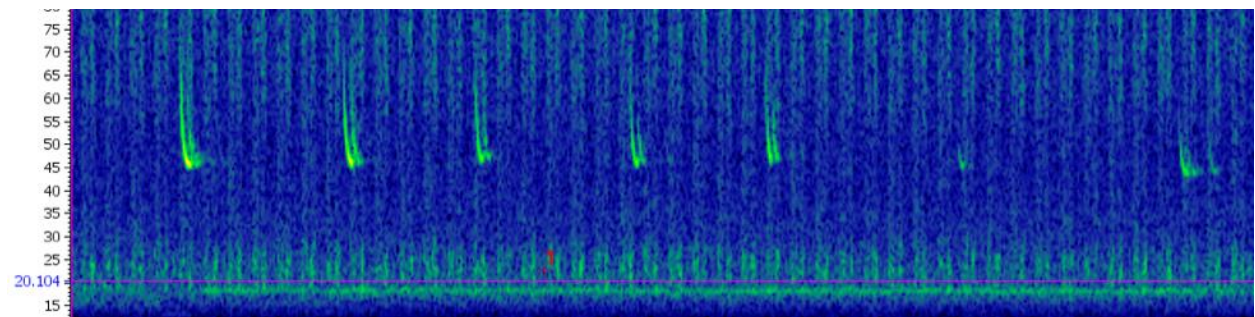
* Die Fledermausdaten wurden am 10. Mai 2017 von KohleNusbaumer SA an SWILD per Post auf einer externen Harddisk (WD Elements, 2TB) geschickt. Diese Daten wurden ausgelesen und doppelt auf weitere externe HDs gespeichert. Die Aufnahmen wurden von KohleNusbaumer SA rund einmal monatlich ausgelesen und in Datenpaketen abgespeichert. Zur Überprüfung der Qualität der Aufnahmen wurden vor der Datenanalyse pro Standort und Datenpaket jeweils eine Stichprobe von bis zu 1000 Dateien im Schnellvorlauf mit dem Lautanalyseprogramm RAVEN pro 1.4 gesichtet.

Falls Störgeräusche parallel mit Fledermausrufen auftreten, können sie diese überdecken, sodass die Analysesoftware die Rufe nicht mehr automatisch erkennt (*Abb.7*). Durch eine manuelle Überprüfung konnten wir sicherstellen, dass auch verdeckte Rufe entdeckt und analysiert werden konnten.

a.)



b.)



c.)

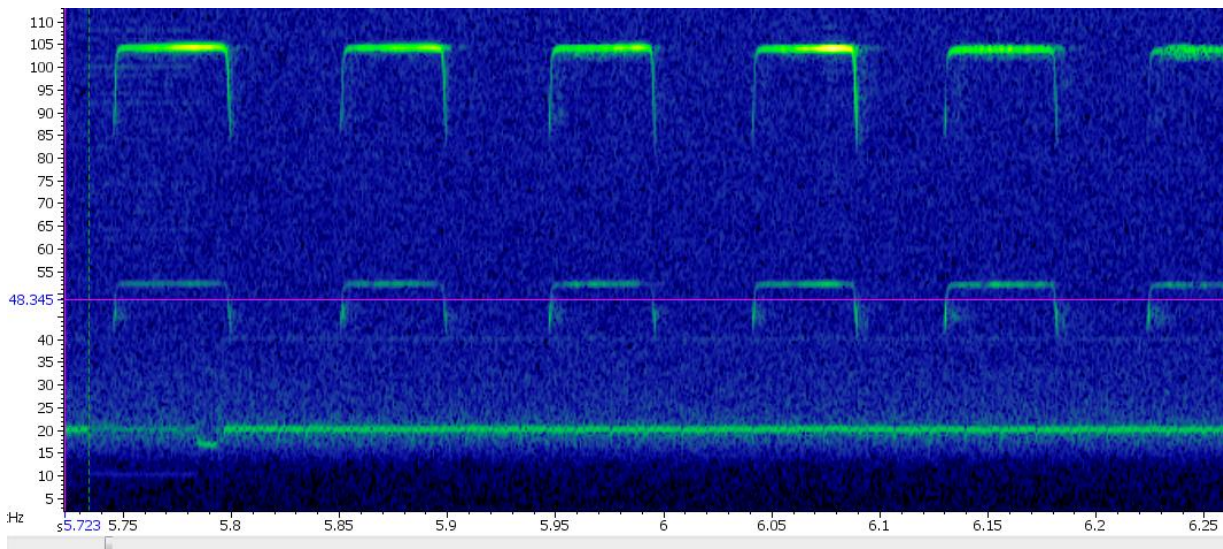


Abb. 7. Sonogramme: Störgeräusche zusammen mit Fledermausrufen **a.)** Grosser Abendsegler, PEU3 **b.)** Zwergfledermaus, PEU1 **c.)** Kleine Hufeisennase, LIS3. Diese Aufnahmen wurden durch ein Störgeräusch verdeckt und erst bei der manuellen Überprüfung der Daten entdeckt

4.2 Akustische Datenanalyse

Die Daten wurden gemäss den Standards der Swiss Bat Bioacoustics Group (SBBG) ausgewertet (Bader et al. 2017). Die Analyse besteht aus einem mehrstufigen Vorgehen, um systematische, wissenschaftlich verlässliche und dokumentierte Nachweise zu garantieren.

Die Auswertung erfolgt in folgenden Schritten:

1. Automatische Artidentifikation mit bcAdmin und batIdent Analyseprogrammen (bcAdmin 3.0, batIdent 1.03)
2. Optische Überprüfung der als "no call" klassierten Dateien im Schnellvorlauf im Lautanalyseprogramm RAVEN pro 1.4
3. Artnachweise gemäss Kriterien von Hammer & Zahn („Bayrische Richtlinien“, 2009)
4. Stichproben aus den Gruppen werden von Hand kontrolliert mit Hilfe des Lautanalyseprogramms RAVEN pro 1.4. Bei Problemarten erfolgt immer eine Einzelüberprüfung der Rufe
5. Datenvalidierung durch zusätzlichen Experten der SBBG
6. Daten werden in Absprache mit dem Auftragsgeber in die Nationale Datenbank CSCF aufgenommen.

In den Auswertungen wurde ein Filter für redundante Rufe, d.h. Sequenzen mit Rufen derselben Art in derselben Sekunde, verwendet. Dabei wurden insgesamt 281 Sequenzen gelöscht.

Die durchschnittlichen Aktivitäten wurden als Mittelwerte über die vollständige Zeitperiode (ohne Ausscheidung von Nächten mit Schlechtwetter) berechnet. Dadurch unterliegen die Mittelwerte Wetterschwankungen von Jahr zu Jahr, insbesondere falls das Wetter des Untersuchungsjahrs stark vom Durchschnitt abweicht. Die Werte haben aber den Vorteil, dass sie einfacher mit anderen Standorten vergleichbar sind und auf ganze Saisons hochgerechnet werden können. Es werden Mittelwerte pro Nacht und als Mass für die Streuung des Mittelwertes der Standardfehler (SE) angegeben.

5 Resultate Artenzusammensetzung

Durch bioakustische Aufnahmen können Fledermäuse nicht immer auf Artniveau bestimmt werden, weil die verschiedenen Arten Rufe in teilweise überlappenden Frequenzbereichen und mit ähnlichen Rufmustern ausstossen. Diese Rufsequenzen werden bioakustischen Artkomplexen zugeordnet.

5.1 Artenzusammensetzung Bodenaufnahmen (Lisière)

Während der Saison 2015 wurden am **Standort LIS1 3219 Sequenzen** und am **Standort LIS3 3458**, total **6677 Sequenzen von Fledermäusen** aufgezeichnet. Insgesamt sind Sequenzen von **mindestens 10 Fledermausarten** enthalten (Tab. 4).

Der grösste Anteil der Nachweise stammt von **Zwergfledermäusen** (*Pipistrellus pipistrellus*, **53%**). Viele Aufnahmen an den Bodenstandorten (Lisière) wurden als **Mausohrarten** (*Myotis spec.*, **15%**) identifiziert oder der **Gruppe Mkm** (**14%**) zugeordnet, welche die Brandt-, Kleine Bart-, Bechstein- und Wasserfledermaus enthalten. Ebenfalls wurden viele Rufe der **Gruppe Nyctaloid** (**12%**) aufgezeichnet, welche den grossen und den Kleinen Abendsegler, die Breitflügel-, Zweifarben- und Nordfledermaus enthalten. Nur wenige Sequenzen konnten keiner genauen Artgruppe zugeordnet werden.

Der Anteil an Sequenzen gefährdeter Rote Liste Arten (Bohnenstengel et al. 2014) **beträgt mindestens 0.61%** (*VU – CR*, Tab. 4), dabei stammen insgesamt 3 Sequenzen von der **Kleinen Hufeisennase** (*Rhinolophus hipposideros*) und **8 Sequenzen von der Mopsfledermaus** (*Barbastella barbastellus*) beides „stark gefährdete“ Arten.

44.7 % der Aufnahmen werden Arten oder Artkomplexen zugeordnet, die als „potenziell gefährdet“ bis „vom Aussterben bedroht“ (*NT – CR*) eingestuft werden (Tab. 3). Entsprechend stammen **55.3 %** der Sequenzen von Arten, welche als „nicht gefährdet“ (*LC*) eingestuft werden.

Tabelle 3. Anteil gefährdeter Rote Liste Arten an den beiden Boden-Standorten.

Status Rote Liste (Bohnenstengel et al. 2014): vom Aussterben bedroht (*CR*), stark gefährdet (*EN*) oder verletzlich (*VU*); potenziell gefährdet (*NT*); nicht gefährdet (*LC*). (Aufnahmenächte: LIS1: N=174; LIS3: N=176).

| | Boden (Lisière) | | | |
|--------------|-----------------|----------|------|----------|
| | LIS1 | | LIS3 | |
| Rote Liste | Seq. | % Anteil | Seq. | % Anteil |
| <i>VU-CR</i> | 10 | 0.31% | 31 | 0.9% |
| <i>LC-CR</i> | 2075 | 64.5% | 907 | 26.3% |
| <i>LC</i> | 1144 | 35.5% | 2551 | 73.7% |

Der Anteil **migrierender Fledermausaufnahmen** ist in diesem Falle schwierig abzuschätzen, weil mehrere Artkomplexe sowohl lokale, wie auch migrierende Arten enthalten (Tab. 4). Insgesamt entspricht der Anteil **migrierender Arten am Boden (Lisière) minimal 1% bis maximal 17%**.

Tabelle 4. Anzahl Sequenzen von 16 Fledermausarten/-komplexe am Boden. Diese umfassen mind. 10 verschiedene Arten (mit x markiert).

| # Arten | Fledermausart Artkomplex | Le Peuchapatte Lisière | | | | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| | | Status Rote Liste | Ruftypen* | Schutzstatus | Migration** | LIS1 | LIS3 |
| | | | | | Anzahl Sequenzen | | % |
| x | Kleine Hufeisennase (<i>Rhinolophus hipposideros</i>) | EN | SRE | | | 1 2 | 3 0.04% |
| x | Grosses Mausohr (<i>Myotis myotis</i>) | VU | SRE | | | 1 9 | 10 0.15% |
| x | Gruppe Mkm: Brandfledermaus, Kleine Bartfledermaus, Bechsteinfledermaus, Wasserfledermaus (<i>Myotis mystacinus</i> , <i>Myotis brandtii</i> , <i>Myotis bechsteinii</i> , <i>Myotis daubentonii</i>) | LC - VU | SRE | | | 826 115 | 941 14.09% |
| | Gruppe Myotis: alle Mausohr-Arten | LC - EN | SRE | | | 900 104 | 1004 15.04% |
| x | Grosser Abendsegler (<i>Nyctalus noctula</i>) | NT | LRE | | | 2 | 2 0.03% |
| x | Nordfledermaus (<i>Eptesicus nilssonii</i>) | VU | LRE | | | 3 6 | 9 0.13% |
| | Gruppe NycVes: Kleiner Abendsegler, Grosser Abendsegler, Zweifarbenfledermaus (<i>Nyctalus leisleri</i> , <i>Nyctalus noctula</i> , <i>Vespertilio murinus</i>) | NT - VU | LRE | | | 22 47 | 69 1.03% |
| x | Gruppe Nycmi: Kleiner Abendsegler, Breitflügelfledermaus, Zweifarbenfledermaus (<i>Nyctalus leisleri</i> , <i>Eptesicus serotinus</i> , <i>Vespertilio murinus</i>) | NT - VU | LRE | | | 7 | 7 0.10% |
| | Gruppe Nyctaloid: Grosser & Kleiner Abendsegler, Breitflügel-, Zweifarben- und Nordfledermaus (<i>Nyctalus noctula</i> , <i>Nyctalus leisleri</i> , <i>Eptesicus serotinus</i> , <i>Vespertilio murinus</i> , <i>Eptesicus nilssonii</i>) | NT - VU | LRE | | | 279 546 | 825 12.36% |
| x | Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) | LC | MRE | | | 1099 2458 | 3557 53.27% |
| | Gruppe Mücken-, Zwerg-, Langflügelfledermaus (<i>Pipistrellus pygmaeus</i> , <i>Pipistrellus pipistrellus</i> & <i>Miniopterus schreibersii</i>) | LC - EN | MRE | | | 3 2 | 5 0.07% |
| | Gruppe Zwerg-, Rauhautfledermaus & Weissrandfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i> , <i>Pipistrellus nathusii</i> , <i>Pipistrellus kuhlii</i>) | LC | MRE | | | 1 30 | 31 0.46% |
| x | Gruppe Rauhaut- & Weissrandfledermaus (<i>Pipistrellus nathusii</i> & <i>Pipistrellus kuhlii</i>) | LC | MRE | | | 44 63 | 107 1.60% |
| | Gruppe Pipistrelloid: Pipistrellus-Arten & Alpenfledermaus (<i>Pipistrellus species</i> & <i>Hypsugo savii</i>) | LC - NT | MRE | | | 1 10 | 11 0.16% |
| x | Gruppe Plecotus: alle Langohrfledermaus-Arten (<i>Plecotus species</i> : <i>P. auritus</i> , <i>P. austriacus</i> , <i>P. macrobullaris</i>) | VU - CR | SRE | | | 4 7 | 11 0.16% |
| x | Mopsfledermaus (<i>Barbastella barbastellus</i>) | EN | SRE | | | 1 7 | 8 0.12% |
| | Species: Fledermaus; Art unbekannt | LC - CR | | | | 34 43 | 77 1.15% |
| 10 | Total | | | | | 3219 3458 | 6677 100% |

*Ruftypen: SRE=short-range echolocators, MRE=mid-range echolocators, LRE=long-range echolocators.

**Arten / Artkomplexe mit migrierenden Arten sind grau markiert, welche migrierende enthalten grau schraffiert.

5.2 Artzusammensetzung Gondel (Nacelle)

Während der Saison 2015 wurden am **Standort PEU1 564 Sequenzen** und am **Standort PEU3 395**, total **959 Sequenzen von Fledermäusen** aufgezeichnet. Insgesamt sind Sequenzen von **mindestens 5 Fledermausarten** enthalten (Tab. 6)

Der grösste Anteil der Nachweise stammt von **Zwergfledermäusen** (*Pipistrellus pipistrellus*, **34%**). Viele Aufnahmen stammen von der **Gruppe Nyctaloid (27%)**, welche den Grossen und den Kleinen Abendsegler, die Breitflügel-, Zweifarben- und Nordfledermaus enthalten. Zudem macht die Gruppe **NycVes (16%)**, welche den Kleinen Abendsegler, Grossen Abendsegler und die Zweifarbenfledermaus enthält, einen grossen Anteil der Nachweise aus. Alle Arten der Gruppe Nyctaloid umfassen 55.5%.

Nur wenige Sequenzen konnten keiner genauen Artgruppe zugeordnet werden.

Der Anteil an Sequenzen gefährdeter Rote Liste Arten (Bohnenstengel et al. 2014) **beträgt mindestens 3.34%** (VU – CR, Tab. 6), dabei stammen insgesamt 17 Sequenzen von der **Nordfledermaus** (*Eptesicus nilssonii*) und 15 Sequenzen von der **Zweifarfledermaus** (*Vespertilio murinus*), **beides „verletzliche“ Arten** (VU). Von der Zweifarbenfledermaus sind einige Kolonien in unmittelbarer Umgebung bekannt, in diesen kann man diese Art schon im Juni antreffen. Stark gefährdete oder vom Aussterben bedrohte Arten wurden in der Gondel keine aufgezeichnet.

55.7 % der Aufnahmen werden Arten oder Artenkomplexen zugeordnet, die als **„potenziell gefährdet“ bis „vom Aussterben bedroht“** (NT – CR) eingestuft werden (Tab. 5). Entsprechend stammen **44.3 %** der Sequenzen von Arten, welche als **„nicht gefährdet“** eingestuft werden.

Tabelle 5. Anteil gefährdeter Rote Liste Arten an den beiden Aufnahmestandorten. Status Rote Liste (Bohnenstengel et al. 2014): vom Aussterben bedroht (CR), stark gefährdet (EN) oder verletzlich (VU); potenziell gefährdet (NT); nicht gefährdet (LC). (Aufnahmenächte: P036-PEU1: N=188; P034-PEU3: N=139).

| | Gondel (Nacelle) | | | |
|------------|------------------|----------|------|----------|
| | PEU1 | | PEU3 | |
| Rote Liste | Seq. | % Anteil | Seq. | % Anteil |
| VU-CR | 16 | 2.8% | 16 | 4.1% |
| LC-CR | 287 | 50.9% | 247 | 62.5% |
| LC | 277 | 49.1% | 148 | 37.5% |

Der Anteil **migrierender Fledermausaufnahmen** ist an diesem Standort schwierig abzuschätzen, weil mehrere Artkomplexe sowohl lokale, wie auch migrierende Arten enthalten (Tab. 6). Insgesamt entspricht der Anteil **migrierender Arten in der Gondel (Nacelle) minimal 24% bis maximal 62.5%**.

Tabelle 6. Anzahl Sequenzen von 10 Fledermausarten/-komplexen in der Gondel. Diese umfassen mind. 5 verschiedene Arten (mit x markiert).

| # Arten | Fledermausart Artkomplex | Le Peuchapatte Nacelle | | | | | | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|--------------|------------------|------------|------------|------------|----------------|
| | | Status Rote Liste | Ruftypen* | Schutzstatus | Migration** | PEU1 | PEU3 | Total | |
| | | | | | Anzahl Sequenzen | | % | | |
| x | Grosser Abendsegler (<i>Nyctalus noctula</i>) | NT | LRE | | | 31 | 35 | 66 | 6.88% |
| x | Nordfledermaus (<i>Eptesicus nilssonii</i>) | VU | LRE | | | 10 | 7 | 17 | 1.77% |
| x | Zweifarbennfledermaus (<i>Vespertilio murinus</i>) | VU | LRE | | | 6 | 9 | 15 | 1.56% |
| | Gruppe NycVes: Kleiner Abendsegler, Grosser Abendsegler, Zweifarbennfledermaus (<i>Nyctalus leisleri</i> , <i>Nyctalus noctula</i> , <i>Vespertilio murinus</i>) | NT - VU | LRE | | | 70 | 82 | 152 | 15.85% |
| | Gruppe Nycmi: Kleiner Abendsegler, Breitflügel- fledermaus, Zweifarbennfledermaus (<i>Nyctalus leisleri</i> , <i>Eptesicus serotinus</i> , <i>Vespertilio murinus</i>) | NT - VU | LRE | | | 12 | 13 | 25 | 2.61% |
| | Gruppe Nyctaloid: Grosser & Kleiner Abendsegler, Breitflügel-, Zweifarben- und Nordfledermaus (<i>Nyctalus noctula</i> , <i>Nyctalus leisleri</i> , <i>Eptesicus serotinus</i> , <i>Vespertilio murinus</i> , <i>Eptesicus nilssonii</i>) | NT - VU | LRE | | | 156 | 101 | 257 | 26.80% |
| x | Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) | LC | MRE | | | 238 | 89 | 327 | 34.10% |
| | Gruppe Zwerg-, Rauhautfledermaus & Weissrand- fledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i> , <i>Pipistrellus nathusii</i> , <i>Pipistrellus kuhlii</i>) | LC | MRE | | | 3 | 9 | 12 | 1.25% |
| | Gruppe Zwerg- & Rauhautfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i> & <i>Pipistrellus nathusii</i>) | LC | MRE | | | | 4 | 4 | 0.42% |
| x | Gruppe Rauhaut- & Weissrandfledermaus (<i>Pipistrellus nathusii</i> & <i>Pipistrellus kuhlii</i>) | LC | MRE | | | 36 | 46 | 82 | 8.55% |
| | Species: Fledermaus; Art unbekannt | LC - CR | | | | 2 | | 2 | 0.21% |
| 5 | Total | | | | | 564 | 395 | 959 | 100.00% |

*Ruftypen: SRE=short-range echolocators, MRE=mid-range echolocators, LRE=long-range echolocators.

**Arten / Artkomplexe mit migrierenden Arten sind grau markiert, welche migrierende enthalten grau schraffiert.



Abb. 8. Rauhhautfledermaus *Pipistrellus nathusii*, eine der betroffenen Arten, im Flug.
(Foto © Mirko König / swild.ch)

6 Resultate Fledermausaktivität

6.1 Fledermausaktivität Bodenaufnahmen (Lisière)

In den Heatmaps wird die Fledermausaktivität über die gesamte Aufnahmeperiode hinweg sichtbar gemacht. Es fällt auf, dass in der Dämmerungszeit (Morgen & Abend), in welcher üblicherweise eine hohe Fledermausaktivität gemessen wird, am Standort Le Peuchapatte nur wenige Durchflüge von Fledermäusen erfasst wurden. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Quartiere der Tiere weiter entfernt sind und die Umgebung eher als Jagd und Durchflugsgebiete genutzt werden (*Abb.9*).

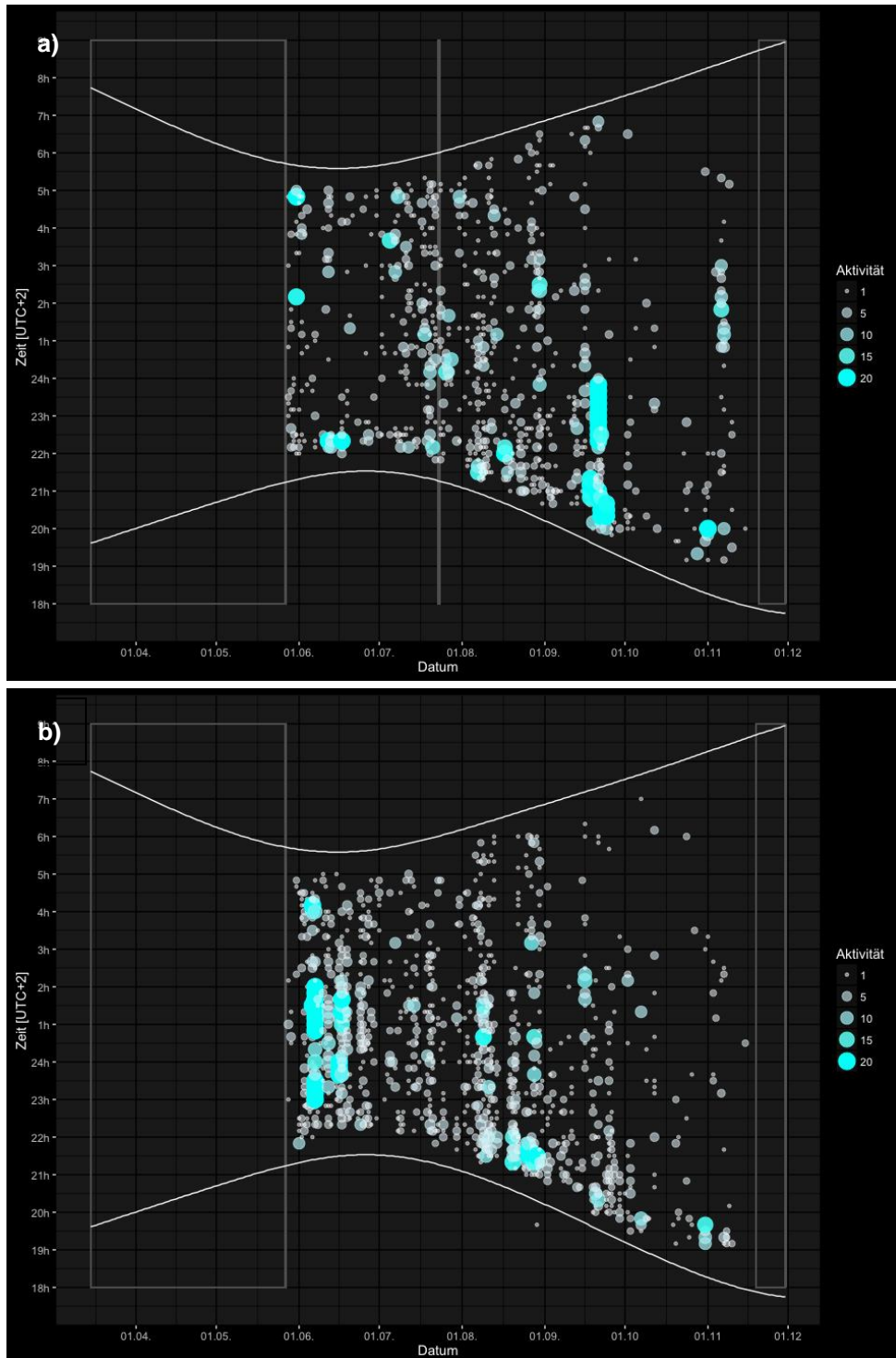


Abb. 9. Heatmaps: Fledermausaktivität während der Aufnahmesaison a) LIS1, b) LIS3. Datenlücken sind mit Rechteck markiert.

Die Anzahl Sequenzen pro Nacht, welche ein Mass für die Aktivität der Fledermäuse darstellt, beträgt über die **gesamte Aufnahmeperiode** (28.5 bis 2.12.2015) **am Standort LIS1** durchschnittlich **18.5 ±6.7 Seq./Nacht**, am Standort **LIS3** **19.6 ±5.8 Seq./Nacht**.

Die Aktivität kann auf die Saison bezogen werden. Die Aufnahmeperiode im Frühling umfasst allerdings nur vier Nächte (*Tab. 7*). **Im Frühling** wurde am Standort **LIS1** eine Aktivität von **21 ±10.3 Seq./Nacht** registriert und am Standort **LIS3** eine Aktivität von **4.3 ±0.3 Seq./Nacht**.

Im **Sommer** nahm die Aktivität am Standort **LIS1** ab (**LIS1: 12.8 ±1.8 Seq./Nacht**). Am Standort **LIS3** (**LIS3: 31.4 ±12 Seq./Nacht**) erreichte die Fledermausaktivität im Sommer ihr Maximum (*Abb.9b*).

Im **Herbst** nimmt die Aktivität am Standort **LIS1** wieder zu **26.2 ±15.3 Seq./Nacht** (*Abb. 9a*). Am Standort **LIS3** sinkt die Aktivität um etwas mehr als die Hälfte der Sommeraktivität mit **13.2 ±2.9 Seq./Nacht** ab.

Die Winterphase umfasst nur 19 Aufnahmenächte im Monat November. Im Winter bricht die Aktivität erwartungsgemäss wieder ein. Am Standort **LIS1** wurden dennoch durchschnittlich **8.8 ±5.7 Seq./Nacht** aufgenommen, am Standort **LIS3** noch **1.8 ±0.8 Seq./Nacht**.

Tabelle 7. Fledermausaktivität bei den Bodenaufnahmen während den saisonalen Aufnahmephasen.

a.) LIS1

| Phase | Anz.Seq. | Anz. Aufnahmenächte | Anz. Seq./Nacht | SE |
|-------------------------------|-------------|---------------------|-----------------|-------------|
| Frühling | 84 | 4 | 21.0 | ±10.3 |
| Sommer | 950 | 74 | 12.8 | ±1.8 |
| Herbst | 2018 | 77 | 26.2 | ±15.3 |
| Winter | 167 | 19 | 8.8 | ±5.7 |
| Total | 3219 | 174 | 18.5 | ±6.7 |
| Total Stand. FM-Saison | 3052 | 155 | 19.7 | ±7.4 |

b.) LIS3

| Phase | Anz.Seq. | Anz. Aufnahmenächte | Anz. Seq./Nacht | SE |
|-------------------------------|-------------|---------------------|-----------------|-------------|
| Frühling | 17 | 4 | 4.3 | ±0.3 |
| Sommer | 2388 | 76 | 31.4 | ±12 |
| Herbst | 1018 | 77 | 13.2 | ±2.9 |
| Winter | 35 | 19 | 1.8 | ±0.8 |
| Total | 3458 | 176 | 19.6 | ±5.8 |
| Total stand. FM Saison | 3423 | 157 | 21.8 | ±6.4 |

6.2 Fledermausaktivität Gondelaufnahmen (Nacelle)

Ähnlich der Fledermausaktivität am Boden zeigt sich das in der Dämmerungszeit (Morgen & Abend) verglichen mit anderen Standorte relativ wenige Durchflüge von Fledermäusen aufgezeichnet wurden. Es wurden keine klaren Aktivitätspeaks festgestellt. Allerdings wurde in einzelnen Nächten grosse Aktivitäten gemessen (Abb. 10).

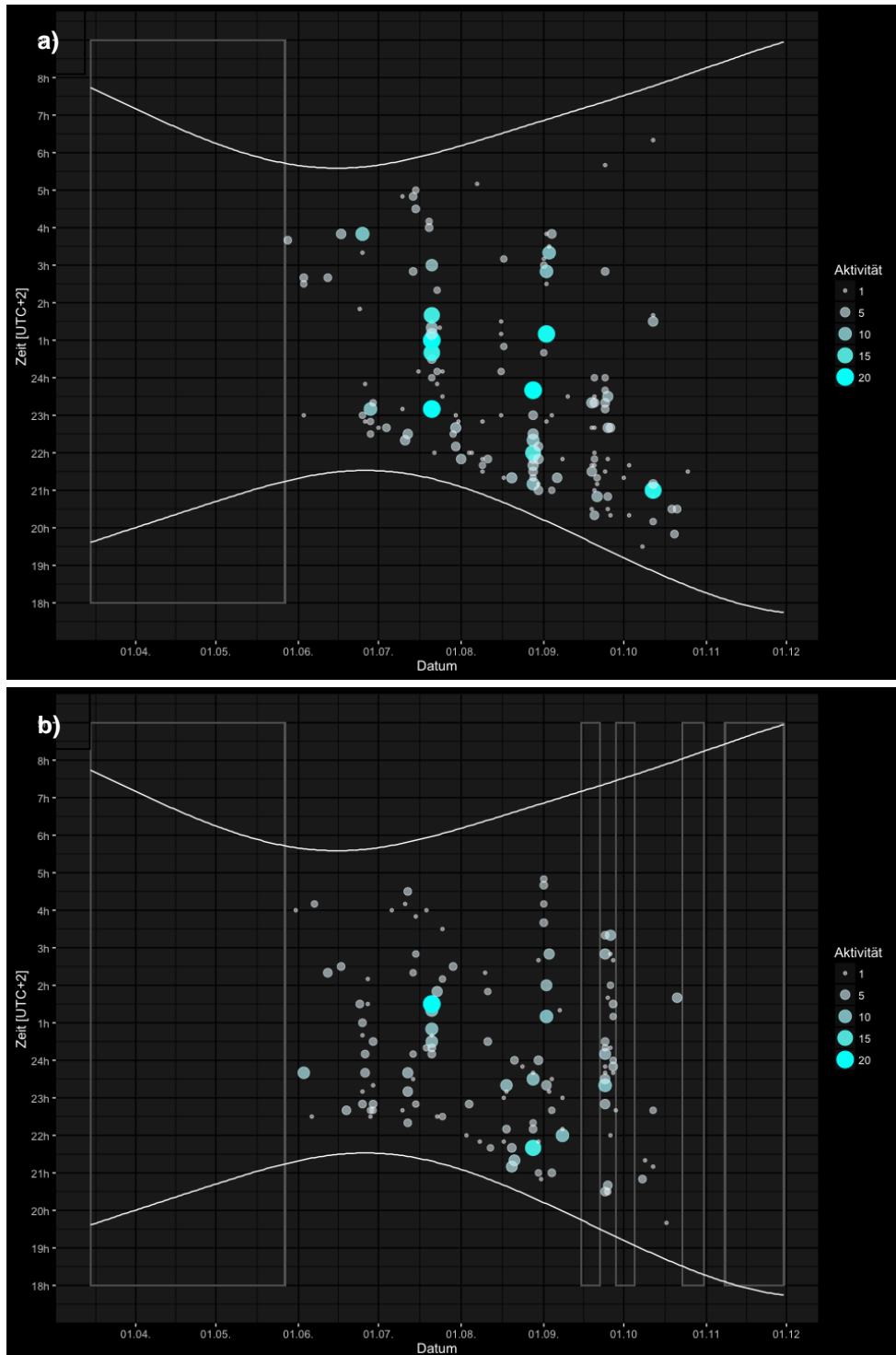


Abb. 10 Heatmaps a.) PEU1; b.) PEU3. Fledermausaktivität während der ganzen Aufnahmeperiode vom 28.05-2.12.2015. Die standardisierte Fledermaussaison startet am 15. März. Datenlücken in den Aufnahmen sind markiert.

Gemäss den bisherigen Erfahrungen von SWILD im Rahmen von rund 20 Fledermausprojekten betreffend Windenergieanlagen in der Schweiz teilen wir die Fledermausaktivität in sechs Kategorien ein: von „keine Aktivität“ bis „sehr hohe Aktivität“ (Abb. 11).

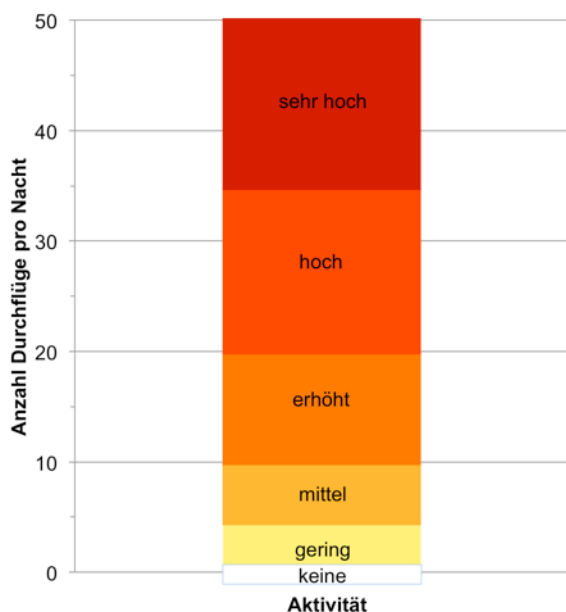


Abb. 11. Aktivitätslevel an Windenergiestandorten (Messungen in Rotorhöhe). Aufgrund von Erfahrungswerten wurden sechs Klassen gebildet: „keine“ (weiss) bis „sehr hoch“ (rot).

Für die die **gesamte Aufnahmeperiode** (28.5 bis 2.12.2015) beträgt die **durchschnittliche Fledermausaktivität am Standort PEU1 3.0 ±1.6 Sequenzen / Nacht** und am Standort **PEU3 2.8 ±0.9 Sequenzen / Nacht**. Das entspricht an beiden Standorten einer "geringen" Fledermausaktivität.

Tabelle 8. Fledermausaktivität in den verschiedenen Aufnahmephasen.

a.) PEU1

| Phase | Anz.Seq. | Anz. Aufnahmenächte | Anz. Seq./Nacht | SE |
|-------------------------------|------------|---------------------|-----------------|-------------|
| Frühling | 3 | 4 | 0.8 | ±0 |
| Sommer | 265 | 76 | 3.5 | ±3 |
| Herbst | 296 | 77 | 3.8 | ±1.9 |
| Winter | 0 | 31 | 0.0 | ±0 |
| Total | 564 | 188 | 3.0 | ±1.6 |
| Total stand. FM Saison | 564 | 157 | 3.6 | ±1.7 |

b.) PEU3

| Phase | Anz.Seq. | Anz. Aufnahmenächte | Anz. Seq./Nacht | SE |
|-------------------------------|------------|---------------------|-----------------|-------------|
| Frühling | 1 | 4 | 0.3 | ±0 |
| Sommer | 168 | 76 | 2.2 | ±1.1 |
| Herbst | 226 | 52 | 4.4 | ±1.5 |
| Winter | 0 | 7 | 0.0 | ±0 |
| Total | 395 | 139 | 2.8 | ±0.9 |
| Total stand. FM Saison | 395 | 132 | 3.0 | ±0.9 |

Im **Frühling** wurde am Standort *PEU1* eine Aktivität von 0.8 ± 0 Sequenzen/ Nacht registriert und am Standort *PEU3* eine Aktivität von 0.3 ± 0 Sequenzen/Nacht. Die Aufnahmeperiode im Frühling umfasst allerdings nur vier Nächte. Dies entspricht einer sehr "**geringen**" Fledermausaktivität (*Tab. 8*).

Im **Sommer** stieg die Aktivität an beiden Standorten etwas an (*PEU1*: 3.5 ± 3 Seq/Nacht; *PEU3*: 2.2 ± 1.1 Seq/Nacht). Dies entspricht nach wie vor einer "**geringen**" Fledermausaktivität

Mit einer weiteren Aktivitätszunahme im **Herbst** erreicht die Fledermausaktivität am Standort *PEU1* 3.8 ± 15.3 Sequenzen/Nacht und Standort *PEU3* 4.4 ± 1.5 Sequenzen / Nacht. Somit erreicht die Fledermausaktivität an beiden Standorten ihr Maximum (*Abb. 11*) bleibt aber insgesamt auf einem "**geringen**" Aktivitätsniveau verglichen mit anderen WEA Standorten

Im **Winter** wurden an beiden Standorten keine Fledermausdurchflüge mehr registriert. Die Winterphase umfasst 31 Aufnahmenächte im Monat November am Standort *PEU1* und 7 Aufnahmenächte am Standort *PEU3* (*Tab. 8*).

7 Interpretation der Fledermausaktivität

Die Messung der Fledermausaktivität kann dazu verwendet werden, eine Prognose der Mortalität der Fledermäuse zu erstellen. Dabei wird die Annahme getroffen, dass die Fledermausaktivität bei der Gondel direkt mit der Mortalität zusammenhängt. In einem ersten Schritt wird die theoretische Mortalität bestimmt. Diese geht davon aus, dass eine Turbine bei allen Windgeschwindigkeiten in Betrieb ist und zu Fledermaus-Mortalität führt. In einem zweiten Schritt wird die Prognose der Fledermaus-Mortalität korrigiert, indem berücksichtigt wird, dass diejenige Fledermausaktivität unterhalb der Anlaufgeschwindigkeit der betroffenen Turbine (cut-in Windgeschwindigkeit) nicht zur Mortalität führt, da die Rotoren dann nicht (oder nur sehr langsam) im Wind drehen.

7.1 Schätzung der theoretischen Mortalität

Anhand der ermittelten durchschnittlichen Aktivität pro Nacht (*PEU1*: 3.6 ±1.7 Seq./Nacht, N=157, *PEU3*: 3.0 ±0.9 Seq./Nacht, N=132) in der standardisierten Fledermausperiode (15.März - 31.Oktober) wird eine Hochrechnung der erwarteten Anzahl Fledermausdurchflüge, durch die vom Rotor überstrichene Fläche und die Saison (230 Nächte mit Aktivität) berechnet. †

Aus dieser Aktivität wird anschliessend die theoretische Mortalität für die WEA berechnet (Tab. 9).

Tabelle 9. Schätzung der jährlichen theoretischen Mortalität für eine WEA für die beiden Fledermausgruppen MRE (mid-range echolocating bats) und LRE (long-range echolocating bats)

a.) PEU1

| | | | |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------|-------------|
| MRE Arten | Aufnahmenächte MRE | [d] | 157 |
| | # MRE pro Nacht (gemessene Aktivität) | | 2 |
| | # MRE pro Nacht (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 7 |
| | # MRE pro Saison (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 1711 |
| | Mortalität MRE | Ind. | 8.6 |
| LRE Arten | Aufnahmenächte Migrierende | [d] | 157 |
| | # LRE pro Nacht (gemessene Aktivität) | | 2 |
| | # LRE pro Nacht (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 1 |
| | # LRE pro Saison (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 282 |
| | Mortalität Migrierenden | Ind. | 2.8 |
| # Fledermäuse pro Saison (Durchflüge im Rotorbereich) | | Ind. | 1994 |
| Mortalität Total | | | 11.4 |

† Die Berechnung der Anzahl Durchflüge von Tieren pro Nacht basiert auf der Detektionsschwelle für Rufe der jeweiligen Artengruppe. Als Detektionsschwelle für Aufnahmen von kleineren Arten mit einer Echolokation im Nahbereich (**mid-range echolocating bats MRE**), wird ein Detektionsradius von 20m, für die grösseren Arten mit einer weitreichenden Echolokation (**long-range echolocating bats LRE**) wird ein Detektionsradius von 50m verwendet. Die Berechnung der Mortalität erfolgte aufgrund umfangreicher Literaturgrundlagen im Vergleich zu Forschungsprojekten mit Erhebungen zur Mortalität, einer Unterscheidung nach lokalen, häufig MRE, und migrierender, häufig LRE, Fledermausarten, sowie einer Anpassung an die lokalen Gegebenheiten (SWILD 2015).

Für den geplanten Rotordurchmesser von 82m wurde eine Rotorfläche von 5281m² berechnet.

In der mittleren Anlage *PEU-2* wurde keine Messungen der Fledermäuse durchgeführt. Als Basis für die Fledermausaktivität zur Abschätzung der Mortalität dieser Turbine haben wir die Mittelwerte (*mean*) der anderen beiden Turbinen verwendet.

b.) PEU2 (mean)

| | | | |
|------------------|-------------------------------------------------------|------|-------------|
| MRE Arten | Aufnahmenächte MRE | [d] | 145 |
| | # MRE pro Nacht (gemessene Aktivität) | | 1 |
| | # MRE pro Nacht (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 6 |
| | # MRE pro Saison (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 1425 |
| | Mortalität MRE | Ind. | 7.1 |
| LRE Arten | Aufnahmenächte Migrierende | [d] | 145 |
| | # LRE pro Nacht (gemessene Aktivität) | | 2 |
| | # LRE pro Nacht (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 1 |
| | # LRE pro Saison (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 285 |
| | Mortalität Migrierenden | Ind. | 2.9 |
| | # Fledermäuse pro Saison (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 1710 |
| | Mortalität Total | | 10.0 |

b.) PEU3

| | | | |
|------------------|-------------------------------------------------------|------|-------------|
| MRE Arten | Aufnahmenächte MRE | [d] | 132 |
| | # MRE pro Nacht (gemessene Aktivität) | | 1 |
| | # MRE pro Nacht (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 5 |
| | # MRE pro Saison (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 1084 |
| | Mortalität MRE | Ind. | 5.4 |
| LRE Arten | Aufnahmenächte Migrierende | [d] | 132 |
| | # LRE pro Nacht (gemessene Aktivität) | | 2 |
| | # LRE pro Nacht (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 1 |
| | # LRE pro Saison (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 289 |
| | Mortalität Migrierenden | Ind. | 2.9 |
| | # Fledermäuse pro Saison (Durchflüge im Rotorbereich) | Ind. | 1373 |
| | Mortalität Total | | 8.3 |

Die **geschätzte theoretische Mortalität** für den gesamten Windpark Le Peuchapatte mit 3 WEA entspricht rund **30 Fledermäusen** pro Jahr (Tab. 10).

Tabelle 10. Schätzung der jährlichen theoretischen Mortalität von Fledermäusen aufgrund der gemessenen Flugaktivität in der Nabe für den Windpark Le Peuchapatte. Für die beiden Fledermausgruppen MRE und LRE werden unterschiedliche Korrekturfaktoren eingesetzt.

| Mortalität / überstrichene Rotorfläche / Fledermaussaison | | | |
|------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|--------------|
| Standort | MRE Arten | LRE Arten | Total |
| PEU1 | Ind. 8.6 | 2.8 | 11.4 |
| PEU2 (mean) | Ind. 7.1 | 2.9 | 10.0 |
| PEU3 | Ind. 5.4 | 2.9 | 8.3 |
| Windpark Le Peuchapatte | Ind 21.1 | 8.6 | 29.7 |

7.2 Prognose der Mortalität unter Berücksichtigung der cut-in Windgeschwindigkeit

Die Windenergieanlagen des Windpark Le Peuchapatte starten aktuell ihren Betrieb ab einer Windgeschwindigkeit von **3m/s (cut-in speed)**, bei darunterliegenden Windgeschwindigkeiten stehen die Rotorblätter still oder bewegen sich nur langsam.

Wenn angenommen wird, dass unterhalb der cut-in speed keine Fledermaus-Mortalität auftritt, dann kann dieser Anteil von der theoretischen Mortalität abgezogen werden. Nach Abzug der Fledermausaktivität unter 3m/s, hochgerechnet mit der Detektionsschwelle der Rufe der jeweiligen Artgruppen und auf die ganze überstrichene Rotorfläche, beträgt die **geschätzte Mortalität** für den Windpark Le Peuchapatte **17 Fledermäuse** (Tab. 11).

Tabelle 11. Schätzung der jährlichen Mortalität für den Windpark Le Peuchapatte bei Berücksichtigung der cut-in Geschwindigkeit (3m/s) für die beiden Fledermausgruppen MRE und LRE.

| Mortalität / überstrichene Rotorfläche / Fledermaussaison bei Wind \geq 3m/s | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|-------------|
| Standort | MRE Arten | LRE Arten | Total |
| PEU1 | Ind. 4.4 | 1.4 | 5.8 |
| PEU2 (mean) | Ind. 4.1 | 1.6 | 5.7 |
| PEU3 | Ind. 3.5 | 1.9 | 5.4 |
| Windpark Le Peuchapatte | Ind. 12 | 4.9 | 17.0 |

7.3 Prognose Mortalität und Schadensminderung

Ohne Massnahmen wird aufgrund der obigen Berechnungen für den Windpark Le Peuchapatte eine jährliche theoretische Mortalität von rund 30 Fledermäusen und nach Berücksichtigung der angewendeten cut-in Windgeschwindigkeit mit einer Mortalität von insgesamt 17 Fledermäusen gerechnet.

Zur Erreichung des Fledermausschutzes soll die Mortalität im Allgemeinen um mindestens 80% reduziert werden (BAFU 2016). Aufgrund populationsbiologischer Überlegungen ist die maximal tolerierbare Mortalität pro Windpark erreicht, wenn die Mortalität migrierender Fledermäuse (meist LRE Arten) \leq 10 oder die Mortalität lokaler Fledermäuse (meist MRE-Arten) \leq 5 ist (SWILD 2015).

Entsprechend muss beim Windpark Le Peuchapatte **eine Schadensminderung von 77%** (bezogen auf die theoretische Mortalität) erreicht werden (Tab. 12).

Tabelle 12. Berechnung der Restmortalität nach einer Schadensminderung von 77% der theoretischen Mortalität.

| Restmortalität nach Schadensminderung 77% | | | |
|-------------------------------------------|-----------------|------------|------------|
| Standort | MRE Arten | LRE Arten | Total |
| PEU1 | Ind. 2.0 | 0.6 | 2.6 |
| PEU2 (mean) | Ind. 1.6 | 0.7 | 2.3 |
| PEU3 | Ind. 1.2 | 0.7 | 1.9 |
| Windpark Le Peuchapatte | Ind. 4.9 | 2.0 | 6.8 |

7.4 Prognose Mortalität mit ProBat

Aufgrund von mehreren umfangreichen Forschungsprojekten zur Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in Deutschland (RENEBAT I-III, zusammengefasst in Brinkmann et al. 2011) wurde das Software Tool ProBat zur Berechnung des Fledermausschlags und für die Berechnung von WEA spezifischen Abschaltplänen erarbeitet. Das Tool basiert auf den in Deutschland erfassten Zusammenhängen zwischen Fledermausaktivität und –mortalität und kann aufgrund der naturräumlichen Unterschiede und Artenzusammensetzungen für die Schweizer Verhältnisse abweichende Prognosen erstellen.

Zum Vergleich mit den Mortalitäts-Berechnungen von SWILD, sowie mit den berechneten Prognose der Schlagopfer auf Basis der Totfundsuche NATURA (Aschwanden et al. 2016), wurde mit Hilfe von ProBat Version 5.4 eine Prognose der Mortalität und der Schadensminderung am Standort Le Peuchapatte durchgeführt. Die Prognose basiert auf den Fledermausaktivitätsmessungen, welche in den Gondeln (PEU1, PEU3) durchgeführt wurden.

Datengrundlage:

1. Exponierte Fledermäuse: Aktivität wird im Tool auf die Rotorfläche hochgerechnet
2. Fledermaussaison 15. März bis 31. Oktober: Aufgrund der fehlenden Aufnahmen im Frühling versucht das Tool die Daten anhand der erfolgreichen Aufnahmenächte hochzurechnen. Eine solche Hochrechnung ist jedoch nur eingeschränkt möglich, sodass die folgenden Zeiträume für die beiden WEA berücksichtigt werden konnten:

PEU1: 15. April - 31. Oktober; PEU3: 28. Mai - 31. Oktober

3. Die cut-in Windgeschwindigkeit (3m/s) wird bei den Berechnungen anhand des fehlenden (oder geringen) Kollisionsrisikos bei niedrigen Windgeschwindigkeiten, in Abhängigkeit mit der Schlagrate der Windgeschwindigkeit, im Modell berücksichtigt.

Ohne Massnahmen zur Schadensminderung berechnete das Tool ProBat für den Standort PEU1 eine Mortalität von 7.1 Fledermäusen, für den Standort PEU3 eine Mortalität von 6.0 Fledermäusen (Tab. 13).

Tabelle 13. Schätzung der jährlichen Mortalität mit dem Tool ProBat für die beiden WEA PEU1, PEU3

| Mortalität ProBat | | |
|-------------------|------|-------|
| Standort | | Total |
| PEU1 | Ind. | 7.1 |
| PEU3 | Ind. | 6.0 |

7.5 Schadensminderung mit ProBat

ProBat berechnet für jedes 10min Intervall mit Meteodaten und Fledermausdaten eine cut-in Geschwindigkeit, um die vorgegebene Schadensminderung an den Anlagen zu erreichen. Daraus wird eine pauschale cut-in Geschwindigkeit für einen fixen Abschaltplan berechnet. Für den Windpark Le Peuchapatte berechnete das Tool eine **pauschale cut-in Geschwindigkeit von 4.1m/s (PEU1) und 3.9 m/s (PEU3).**[‡]

[‡] Für die Berechnung des Abschaltplans, beziehungsweise der angepassten pauschalen Cut-in-Windgeschwindigkeit, anhand des Tools ProBat wurden die gleichen Zielwerte für die maximal tolerierte Mortalität gewählt, wie sie für die Berechnungen der Schadensminderung gemäss SWILD eingesetzt werden.

8 Überprüfung Wirksamkeit der vorgeschlagenen Betriebsmassnahmen

Zur Zeit der Fledermausaufnahmen im Jahr 2015 wurden beim Windpark Le Peuchapatte keine Massnahmen zum Schutz der Fledermause eingesetzt. Eine Massnahmenkontrolle eines Abschaltplans konnte somit nicht durchgeführt werden.

Im Sommer 2017 wurden jedoch vom Betreiber (Alpiq Gruppe) als Massnahme zum Schutz der Fledermause ein fixer Abschaltplan umgesetzt, der sich an den Vorgaben für die WEA Charrat, VS orientiert (Wellig, MS in review).

Wir haben aufgrund der vorliegenden Aktivitätsdaten Fledermause aus dem Jahr 2015 die Wirksamkeit dieses Abschaltplans für den Windpark Le Peuchapatte berechnet.

8.1 Datengrundlage

Meteodaten[§]

- Temperatur (°C)
- Windgeschwindigkeit (m/s)
- Windrichtung (°)
- Power (kW)

Durch verschiedene technische Probleme kam es offenbar zu Ausfällen bei den Meteo-Messgeräte (Tab. 18). Zudem gab es deutliche Ausreisser in der Verteilung der Daten, diese entstehen durch eine überdurchschnittliche Repetition gewisser Werte in nachfolgenden 10min Intervallen und deuten auf Messfehler hin z.B. durch Vereisungen.

Der erhaltene Datensatz wurde bezüglich dieser Probleme bereinigt. Anschliessend wurden die Meteodaten mit der Fledermausaktivität verschnitten und die 10min Intervalle mit grosser Fledermausaktivität identifiziert.

Tabelle 18. Detektierte Ausfälle der Wind- und Temperaturmessgeräte im Jahr 2015

| Deklarierte Ausfälle Meteodaten 2015 | | | |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| Standort | Variable | Bezeichnung Ausfall | Anzahl 10min Intervalle |
| PEU1 | Temperatur | Set to Bad | 5 |
| | Windgeschwindigkeit | Calc Failed | 176 |
| | Windrichtung | Calc Failed | 19 |
| | Power | Calc Failed | 194 |
| PEU3 | Temperatur | Set to Bad | 5 |
| | Windgeschwindigkeit | Calc Failed | 172 |
| | Windrichtung | Calc Failed | 19 |
| | Power | Calc Failed | 191 |

[§] Die Meteodaten erhalten als Rohdaten per E-Mail (13.07.2017, Xavier Sinnhuber) als CSV-file, mit den angegebenen Meteodaten pro Standort (PEU1, PEU3) als Mittelwerte für 10 min Intervalle. Niederschlag wurde nicht erhoben, da das SCADA System der WEA über keine Niederschlagsmessung verfügt.

Technische Anlagedetails Windpark Le Peuchapatte

| | |
|------------------|--------------|
| WEA Typ: | Enercon E-82 |
| Rotordurchmesser | 82m |
| Nabenhöhe | 108m |
| Cut-in Windspeed | 3m/s |

8.2 Fixer Abschaltplan

Als Massnahme für den Schutz der Fledermäuse wurde der folgende fixe Abschaltplan implementiert:

- während Fledermaussaison: 15. März bis 31. Oktober
- während der Nacht zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang
- Abschaltung bei Windgeschwindigkeiten < 5.2 m/s und bei Temperatur $> 6^{\circ}\text{C}$

8.3 Angestrebte Schadensminderung

Unsere Berechnungen zeigen, dass eine Schadensminderung von 77% der Gesamtmortalität notwendig ist (Tab. 12). Dadurch sind für die Anlage PEU1 noch **130 Durchflüge** und für die Anlage PEU3 noch rund **91 Durchflüge im Detektionsbereich bei Betrieb der Anlagen toleriert**. Der übrige Anteil der Durchflüge (PEU1: 434 und PEU3: 304) dürfen nicht gefährdet werden, die WEA muss dann abgestellt werden (ein Teil wird dabei durch die cut-in Windgeschwindigkeit von 3 m/s geschützt).

8.4 Bewertung vorgeschlagenen Betriebsmassnahmen

Ausgehend von den Aktivitätsmessungen und den daraus resultierenden Mortalitäten gemäss SWILD Berechnungen müsste die WEA **PEU1** bei einer **Windgeschwindigkeit ≤ 3.2 m/s** ihren Betrieb einstellen. Dabei wird das Ziel erreicht, dass 77% der Aktivität, oder 434 Fledermausdurchflüge geschützt sind. Die Anlage **PEU3** müsste für dieses Ziel bei einer **Windgeschwindigkeit ≤ 5 m/s** ihren Betrieb einstellen.

Ausgehend von der Schlagopfersuche gemäss NATURA, welche eine höhere Mortalität voraussagt, müssten eine **Schadensminderung von 87.5%** erreicht werden. Dabei müssten die Anlagen bei einer **Windgeschwindigkeit ≤ 4.7 m/s** ihren Betrieb einstellen. Bei dieser Berechnung werden alle 3 WEA gleich behandelt, pro Anlage wird von einer mittleren Mortalität von 18.7 Fledermäusen ausgegangen (Abb. 13).^{**}

Der vorgeschlagene und im Sommer 2017 implementierte fixe Abschaltplan mit Grenze bei Windgeschwindigkeit ≤ 5.2 m/s führt zum folgenden Anteil geschützter Fledermausdurchflüge:

WEA PEU1: 508 Fledermausdurchflüge und somit **90% der Gesamtaktivität** geschützt

WEA PEU3: 311 Fledermausdurchflüge und somit **79% der Gesamtaktivität** geschützt (Tab. 19).

Es findet jeweils ein beträchtlicher Anteil der Fledermausaktivität bereits unterhalb der cut-in Windgeschwindigkeit von 3 m/s statt (Abb. 12).

Die Wirksamkeit des eingesetzten Abschaltplans ist gegeben: das Ziel der Schadensminderung wird für alle Berechnungen der Mortalität erreicht, bzw. deutlich übertroffen.

^{**} Als Annahme für die Anteile MRE und LRE der berechneten Schlagopfer wurde das Verhältnis aus den Aktivitätsaufnahmen aus der Gondel hochgerechnet auf Durchflüge in der Rotorfläche verwendet, da obwohl keine LRE bei der Schlagopfersuche gefunden wurden, nicht ausgeschlossen werden kann, dass solche auftreten. Anschliessend wurde aus dem Mittelwert der Gesamtaktivität PEU1 und PEU3 die Anzahl tolerierter Durchflüge berechnet und die zugehörige cut-in Geschwindigkeit. Für PEU1 wird die cut-in Geschwindigkeit somit eher unterschätzt (2.5m/s) und für die Anlage PEU3 eher überschätzt (6.9m/s). Für einen fixen Abschaltplan für alle drei Anlagen ergibt sich dadurch ein Mittelwert von 4.7m/s

Tabelle 19. Vergleich fixer Abschaltplan nach berechneten Massnahmen aufgrund der Fledermausaktivitätsmessungen 2015, der Totfundsuche (NATURA) und der vorgeschlagenen Massnahmen.

| PEU1 | Windgeschwindigkeit | Geschützte FM-Durchflüge | Schadensminderung |
|-----------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Massnahmen | | | |
| SWILD | ≤3.2m/s | 434 | 77% |
| vorgeschlagen | ≤5.2 m/s | 508 | 90% |
| PEU3 | | | |
| Massnahmen | | | |
| SWILD | ≤5 m/s | 304 | 77% |
| vorgeschlagen | ≤5.2 m/s | 311 | 79% |
| Windpark Peuchapatte (3 Anlagen) | | | |
| NATURA | ≤4.7 m/s | 355 | 87.5% |

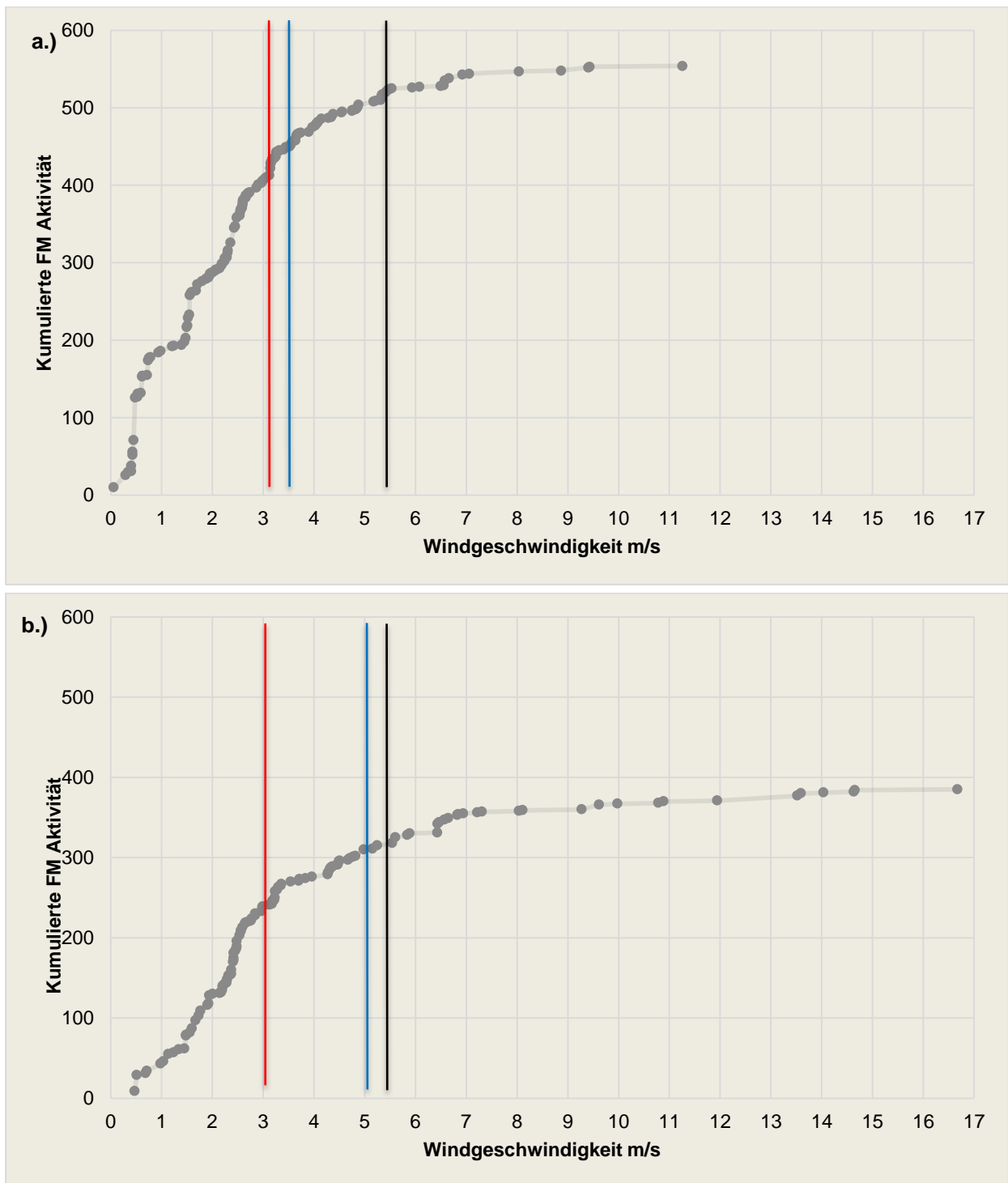


Abb.12. Kumulierte Fledermausaktivität bei ansteigender Windgeschwindigkeit a.) PEU1; b.) PEU3. rot=cut-in Windgeschwindigkeit (3m/s); blau=berechnete Windgeschwindigkeit, Abschaltplan nach Aktivitätsmessungen in den Gondeln (SWILD) a.) $\leq 3.2m/s$, b.) $\leq 5.m/s$; schwarz= vorgeschlagene Windgeschwindigkeit fixer Abschaltplan Alpiq ($\leq 5.2m/s$).

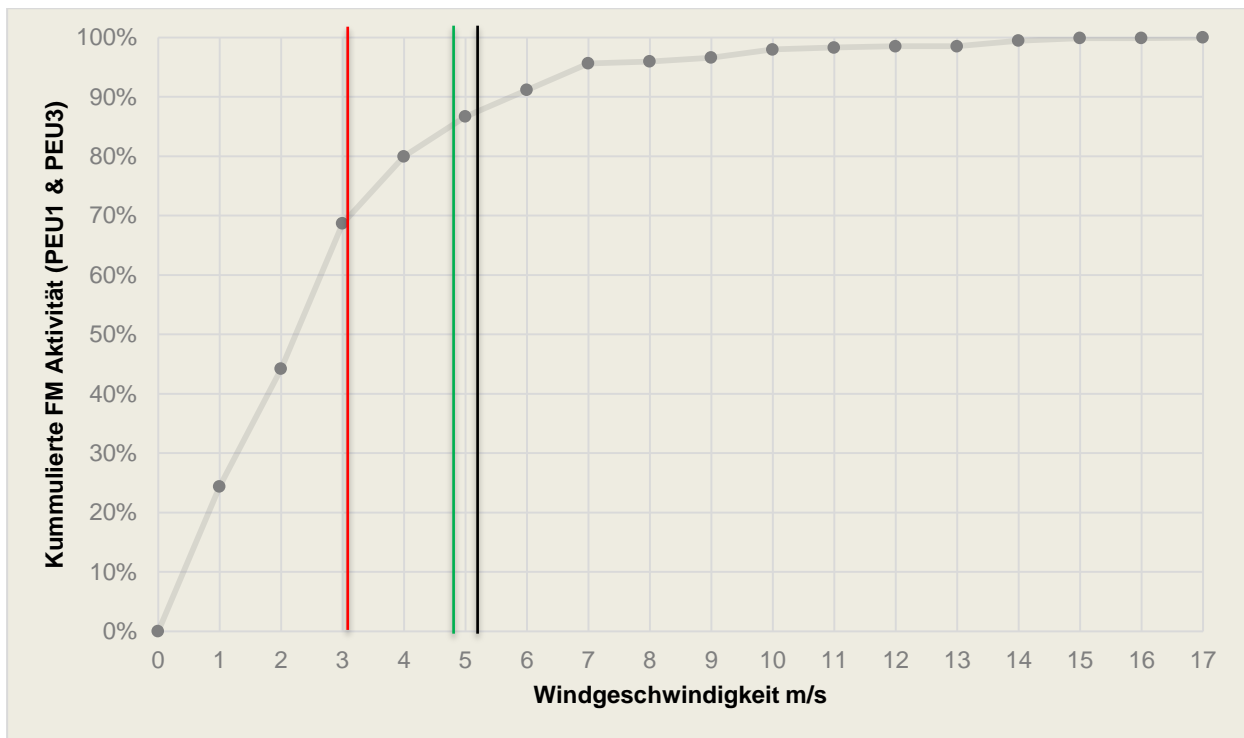


Abb.13. Kumulierte Fledermausaktivität [%] bei ansteigender Windgeschwindigkeit für PEU1 & PEU3). rot=cut-in Windgeschwindigkeit (3m/s); grün = berechneter Abschaltplan mit Windgeschwindigkeit (≤ 4.7), basierend auf der Schätzung Totfunde (NATURA 2018), Schadensminderung 87.5%; schwarz = fixer Abschaltplan Alpiq (≤ 5.2 m/s).

III. Vergleich: Prognose Mortalität aufgrund Schlagopfersuche vs. Fledermausaktivität

Parallel zu den akustischen Messungen der Fledermausaktivität (KohleNusbaumer) hat das Bureau NATURA ebenfalls im Jahr 2015 eine systematische Totfundsuche unter den drei WEA des Windparks Le Peuchapatte durchgeführt (NATURA 2018).

Studie zur Schlagopfersuche

Umfang der Studie

| | |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Quelle: | Studie NATURA, Bericht I (NATURA 2018) |
| Zeitdauer: | März-November 2015 |
| Anzahl WEA | 3 WEA Windpark Le Peuchapatte |
| Suchumfang: | 50m Radius (Begehungen 16x) 100m Transekt (Begehungen 69x) |
| Anzahl Begehungen: | 85 x (Ø alle 2.8 Tage, Suchintervall 2-7 Tage) Frühling: 25 x; Sommer: 25 x; Herbst: 35 x |
| Anzahl Totfunde / 3 WEA | 13 Fledermäuse (7 Zwergfledermäuse und 6 Rauhautfledermäuse) |
| Anzahl Totfunde / WEA | 4.33 |

Zusammenfassung der Methode

Anhand von einem Experiment mit Fledermausattrappen und Feldmäusen wurde die Sucheffizienz und die Verbleiberate von Kadavern im Feld mit Hilfe von Feldmäusen ermittelt.

In Form von Wahrscheinlichkeiten mit einem Vertrauensintervall (VI) von 95% betragen die Sucheffizienz 0.58 (VI: 0.43 - 0.71) und die Verbleiberate pro Nacht 0.62 (VI: 0.5 - 0.72). Da davon ausgegangen wird, dass die Schlagopfer teilweise ausserhalb der abgesuchten Fläche zu liegen kommen, wurde weiter die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schlagopfer in der abgesuchten Fläche liegt berechnet (es wurde jedoch nicht die Hauptwindrichtung berücksichtigt). Diese Wahrscheinlichkeit liegt durchschnittlich bei 91%. Die notwendige Suchfläche (Fläche, in der Schlagopfer potenziell liegt) wurde als die Fläche mit einem Radius von 140m um die WEA bestimmt. Für die Distanzverteilung der Schlagopfer wurde ebenfalls ein Korrekturfaktor angenommen. Da die gefundenen Schlagopfer eine zu geringe Stichprobe für eine aussagekräftige Einschätzung der Verteilung sind, wurde für diese Verteilung auf andere Projekte zurückgegriffen (Niermann et al. 2011, Hull & Muir 2010). Die Hochrechnung der effektiven Anzahl Schlagopfer wurde mit der Funktion "estimateN" aus dem Paket "carcass" (Korner-Nievergelt et al. 2015) der Software R durchgeführt.

Zusammenfassung der Resultate

Die Hochrechnung der Schlagopfersuche (Aschwanden 2016, NATURA 2018) ergab im Durchschnitt 56 (95%-CI: 31-106) Schlagopfer pro Jahr für 3 WEA. Das sind durchschnittlich **18.7 (10.3 - 35.5) Schlagopfer pro WEA und Jahr.**

Bewertung der Totfunde in Bezug auf Meteobedingungen und Fledermausaktivität

Mit univariaten Modellen wurde geprüft, ob es einen signifikanten Zusammenhang zwischen Meteobedingungen, Fledermausaktivität von Artengruppen (oder Total Aktivität) und den Totfunden gibt.

Erklärende Variablen

Die Aktivitätsdaten wurden mit den Meteodaten in einer Auflösung von 10min Intervallen verschnitten. Danach wurden für die Zeitperioden (2-7 Nächte) vor einer Schlagopfersuche (N = 59) die Mittelwerte der entsprechenden Variabel berechnet. Es wurden die Daten aus den Aufnahmen in der Gondel (Nacelle) der beiden Anlagen PEU1 und PEU3 sowie die Bodenaufnahmen (Lisière) von LIS1 und LIS3 verwendet. Für die mittlere WEA (PEU2) wurden die Mittelwerte der beiden anderen WEA verwendet.

Bei den Analysen wurden folgende Meteo- und Fledermausaktivitätsdaten im Modell berücksichtigt:

- Meteodaten: Temperatur [°C], Windrichtung [°], Windstärke [m/s]
- Fledermausdaten, Aktivität der Gruppen: MRE, LRE, Pmid, Ppip, Total
- Zusätzlich wurden die Faktoren Sucheffort (50m oder 100m Radius), sowie die Saison der Schlagopfersuche berücksichtigt.

Zielvariabel:

- Die abhängige Variable wurde binär folgendermassen besetzt: Totfund ja = 1, nein = 0

Resultate

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Meteobedingungen und Totfunden festgestellt werden.

In der Übersicht scheint die Fledermausaktivität in der Gondel (Gruppe Ppip) die Totfunde besser zu erklären als Messungen am Boden (Lisière). Die geringe zeitliche Auflösung der Totfunde (innerhalb von 2 bis 7 Nächten) erlaubt jedoch keine genauere Analyse der Ursache.

Zusammenhänge zwischen Meteobedingungen, Fledermausaktivität und Totfunden

Weder bestimmte Meteobedingungen, noch eine hohe Fledermausaktivität zeigten einen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Schlagopfern.

Aufgrund des Datenumfangs und des Untersuchungsdesigns sind allerdings einige Probleme zu berücksichtigen. Trotz dem grossen Suchaufwand ist die Stichprobengrösse der Anzahl Totfunde für eine statistische Auswertung klein. Zudem ist der genaue Zeitpunkt des Totschlags vor einer Suche nicht bekannt, er liegt innerhalb einer Periode von 2-7 Nächten. Wir haben die Mittelwerte der Meteodaten dieser Zeiträume verwendet: diese sind jedoch vermutlich zu ungenau, um die Bedingungen des Zeitpunktes des Totschlags korrekt beschreiben zu können. Zudem kann an Suchtagen ohne Totfunde nicht ausgeschlossen werden, dass trotzdem Schlagopfer aufgetreten sind, die schon verschwunden sind oder nicht entdeckt wurden. Diese gehen als falsch-negative Werte in die Auswertungen ein und führen zu einer weiteren Unschärfe in den Daten.

Diskussion Anzahl Schlagopfer Windpark Le Peuchapatte

Schlagopferanzahl

Im Vergleich mit anderen Untersuchungen in der Schweiz war die Anzahl Totfunde, sowie die daraus geschätzte Mortalität (Schlagopferzahl) hoch (Tab. 14). Die Studien basieren jedoch auf unterschiedlichen Datengrundlagen. Insbesondere die Annahmen bezüglich der Unsicherheiten bei den Hochrechnungen sind unterschiedlich. Variationen in diesen Annahmen können zu unterschiedlichen Resultaten bei den Modellen führen. Folgende Faktoren beeinflussen die Schätzung: Sucheffizienz, Verbleiberate, Anteil der abgesuchten Fläche und die erwartete Distanzverteilung der Schlagopfer. Diese Unsicherheiten werden in den Erläuterungen zur Schlagopfersuche (Aschwanden 2016) ausführlich diskutiert.

Aufgrund von dieser Untersuchung ist davon auszugehen, dass die hochgerechnete Kollisionsrate der exponierten Fledermäuse in der Rotorfläche aufgrund der Erfahrungen im Ausland und der wenigen Studien in der Schweiz für gewisse Standorte unterschätzt wurde.

Tabelle 14. Vergleich verschiedener Schlagopferstudien in der Schweiz.

| Vergleich Schlagopferstudien | | |
|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| Quelle | Standort: Kantone | berechnete Schlagopfer pro WEA und Jahr |
| Leuzinger et al. 2008 | LU (Entlebuch), BE (Jura) | 8.2 (4.9-11.4) |
| nur Mont Crosin: Aschwanden 2016 | BE (Mont Crosin) | 13.2 |
| Aschwanden 2016 | JU (Le Peuchapatte) | 18.7 (10.3-35.3) |

Schlagopfer Artenzusammensetzung

Insgesamt wurden 13 Schlagopfer gefunden, davon 7 Zwergfledermäuse und 6 Rauhauffledermäuse. Erstaunlicherweise wurden keine Fledermäuse der Gruppe Nyctaloid bei der Schlagopfersuche gefunden. Aufgrund der Aufnahmen in den Gondeln wäre zu erwarten, dass einige Kollisionsopfer dieser Gruppe Nyctaloid (Anteil ca. 56%) auftreten. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die Detektionsdistanz für Nyctaloide (der Gruppe LRE) sehr viel grösser ist als bei der Gruppe Pipistrelloid.

Entsprechend verschiebt sich das Verhältnis zwischen diesen beiden Gruppen, wenn die Anzahl Durchflüge aufgrund der Detektionsdistanz und der Rotorfläche korrigiert werden (Tab. 15). Der korrigierte Anteil der Pipistrelloiden (MRE) macht dann rund 83%, der Anteil Nyctaloiden noch 17% aus.

Tabelle 15. Exponierte Fledermäuse; Anzahl Durchflüge hochgerechnet für den Rotorbereich basierend auf dem Rotordurchmesser (82m) und der Detektionsschwelle für MRE (20m) und LRE (50m).

| Exponierte Fledermäuse im Rotorbereich | | | | |
|----------------------------------------|-------------|------------|------------|------------|
| Standort | MRE | % | LRE | % |
| PEU1 | 1168 | 86% | 193 | 14% |
| PEU3 | 622 | 79% | 166 | 21% |
| Total | 1790 | 83% | 359 | 17% |

Ebenso zeigen verschiedene Studien, dass Fledermäuse der Gruppe Nyctaloid durchaus häufig Schlagopfer werden. Bei einer Studie in Deutschland (RENEBAT II, Niermann et al. 2015) mit Schlagopfersuche an 16 Windenergieanlagen wurden insgesamt 39 tote Fledermäuse gefunden, von denen 16 Fledermäuse (41%) der Gruppe Nyctaloid zugeordnet wurden (Tab. 16). In der Funddatenbank von Dürr,

wo alle Totfund-Nachweise aus Europa gesammelt werden, wird aktuell ein Anteil von 28.7% der Gruppe Nyctaloid zugeordnet (Dürr 2017).

Tabelle 16. Artenzusammensetzung Schlagopfersuche in D an 16 WEA. Total 39 Fledermäuse gefunden, davon 41% der Gruppe Nyctaloid. (Quelle: Niemann et al. 2015, RENEBAT II, S. 165-204)

| Art | Anzahl | Anteile v.H. (gerundet) |
|------------------------------------------------------|--------|-------------------------|
| Abendsegler (<i>Nyctalus noctula</i>) | 16 | 41 % |
| Rauhhaufledermaus (<i>Pipistrellus nathusii</i>) | 12 | 31 % |
| Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) | 4 | 10 % |
| Mückenfledermaus (<i>Pipistrellus pygmaeus</i>) | 3 | 8 % |
| Kleinabendsegler (<i>Nyctalus leisleri</i>) | 2 | 5 % |
| Zweifarbledermaus (<i>Vespertilio murinus</i>) | 1 | 3 % |
| Breitflügelfledermaus (<i>Eptesicus serotinus</i>) | 1 | 3 % |

Eine Erklärung für ein erhöhtes Risiko der Rauhaut- und Zwergfledermäuse wäre, wenn diese näher bei der WEA jagen. Wir haben deshalb die Anzahl an Sequenzen zur Insektendetektion, sogenannte "feeding buzzes", sowie von Annäherungen an Objekte (Verkürzung der Rufabstände ohne abschließender feeding buzz) untersucht. Feeding buzzes wurden bei beiden Artengruppen Pipistrelloid und Nyctaloid nur selten aufgezeichnet. Es fällt aber auf, dass bei den Zwergfledermäusen rund 10x häufiger Annäherungen als bei der Gruppe Nyctaloid vorkommen (Tab.17). Eine unterschiedliche Flugweise, zum Beispiel näher an der Windturbine, könnte teilweise ein unterschiedliches Schlagopfer-Risiko bei den beiden Artengruppen erklären. Es könnte also sein, dass das Schlagopferisiko der LRE-Arten bis anhin eher überschätzt und dasjenige der MRE-Arten unterschätzt wurde.

Tabelle 17. Annäherungen von Fledermausgruppen an die Windturbinen

| Feeding buzzes und Annäherungen, Gondel | | |
|-----------------------------------------|--------------|------------|
| Artengruppen | Feeding buzz | Annäherung |
| Nyctaloid (LRE) | 2 | 2 |
| Ppip/Pmid (MRE) | 2 | 21 |

Eine weitere Hypothese für das Nicht-Auffinden der LRE Arten während der Schlagopfersuche ist, dass die Verschwinderate der LRE Arten grösser ist, bzw. diese schneller verschwinden. Es ist denkbar, dass diese Arten durch Geruch oder Grösse eine attraktivere Beute darstellen als die MRE Arten.

Technischer Anhang

Feldprotokolle Batcorder 2.0 (KohleNusbaumer SA)

BATCORDER – PROTOCOLE D'INSTALLATION ET DE SUIVI

KohleNusbaumer

| | | |
|--------------------------------|-------------------|---------|
| STATION | P036 – PEU1_BAT05 | |
| Installation / Désinstallation | 28.05.2015 | - |
| Coordonnées CH1903 (E/N) | 563'381 | 227'786 |
| Coordonnées WGS84 (long/lat) | 6.95535 | 47.2000 |
| Altitude | alt. 1'125 m | |
| Hauteur de mesure | alt. 107 m | |

| | | |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|----------|
| APPAREIL | | |
| Type et n° d'appareil | Batcorder 2.0 / Appareil n°BAT_05 / Carte SD 32 Go (Scan Ultra SDHC 1) | |
| Version logiciel | H200 S:219 | |
| Microphone | MCF 146 BCF-4 = 142 (wind turbine extender) | |
| GSM | 079 761 72 06 (PIN 1495) / crédit de 50 CHF à l'installation | |
| Paramètres de mesure | Postrigger | 400 ms |
| | Threshold | "-36 dB" |
| | Quality | 20 |
| | Critical Frequ. | 16 |
| | Timing | 19h – 7h |

DESCRIPTIF DU SITE / CARTE / PHOTO



CAMPAGNE DE MESURE - INTERVENTIONS

| DATE | OBJET – REMARQUES |
|------------|------------------------------------------------------------------------|
| 28.05.2015 | Installation de l'appareil dans la nacelle de l'éolienne E1 |
| 28.05.2015 | Test TSL 100% |
| 08.06.2015 | Remplacement carte SD / Relevé des données |
| 03.07.2015 | Remplacement carte SD / Relevé des données |
| 23.07.2015 | Remplacement carte SD / Relevé des données (intervention sans Enercon) |
| 20.08.2015 | Remplacement carte SD / Relevé des données (intervention sans Enercon) |
| 22.09.2015 | Remplacement carte SD / Relevé des données |
| 06.10.2015 | Pas intervenu sur cet appareil |
| 02.12.2015 | Désinstallation |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| | | |
|--------------------------------|-------------------|----------|
| STATION | P034 – PEU3_BAT03 | |
| Installation / Désinstallation | 28.05.2015 | - |
| Coordonnées CH1903 (E/N) | 564'588 | 228'314 |
| Coordonnées WGS84 (long/lat) | 6.97124 | 47.20481 |
| Altitude | alt. 1'177 m | |
| Hauteur de mesure | alt. 107 m | |

| | | |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|----------|
| APPAREIL | | |
| Type et n° d'appareil | Batcorder 2.0 / Appareil n°BAT_03 / Carte SD 32 Go (Scan Ultra SDHC 1) | |
| Version logiciel | H200 S:219 | |
| Microphone | MCF 204 BCF+6 = 210 (wind turbine extender) | |
| GSM | 079 623 78 01 (PIN 5900) / crédit de 50 CHF à l'installation | |
| Paramètres de mesure | Postrigger | 400 ms |
| | Threshold | "-36 dB" |
| | Quality | 20 |
| | Critical Frequ. | 16 |
| | Timing | 19h – 7h |

DESCRIPTIF DU SITE / CARTE / PHOTO



CAMPAGNE DE MESURE - INTERVENTIONS

| DATE | OBJET – REMARQUES |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 28.05.2015 | Installation de l'appareil dans la nacelle de l'éolienne E3 du Peuchapatte |
| 28.05.2015 | Test TSL 100% |
| 08.06.2015 | Remplacement carte SD / Relevé des données |
| 03.07.2015 | Remplacement carte SD / Relevé des données |
| 23.07.2015 | Remplacement carte SD / Relevé des données |
| 20.08.2015 | Remplacement carte SD / Relevé des données |
| 15.09.2015 | Saturation carte SD -> interruption jusqu'au 23.09.2015 |
| 23.09.2015 | Remplacement carte SD / Relevé des données |
| 28.09.2015 | Saturation carte SD -> interruption jusqu'au 06.10.2015 |
| 06.10.2015 | Remplacement carte SD / Relevé des données |
| 02.12.2015 | Désinstallation |
| | |
| | |
| | |
| | |

| | | |
|--------------------------------|-------------------|----------|
| STATION | P037 – LIS1_BAT04 | |
| Installation / Désinstallation | 28.05.2015 | - |
| Coordonnées CH1903 (E/N) | 563'369 | 227'766 |
| Coordonnées WGS84 (long/lat) | 6.95519 | 47.19982 |
| Altitude | alt. 1'125 m | |
| Hauteur de mesure | alt. 2 m | |

| | | |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|----------|
| APPAREIL | | |
| Type et n° d'appareil | Batcorder 2.0 / Appareil n°BAT_04 / Carte SD 32 Go (Scan Ultra SDHC 1) | |
| Version logiciel | H200 S:219 | |
| Microphone | MCF 180 BCF+12 = 192 | |
| GSM | - | |
| Paramètres de mesure | Postrigger | 400 ms |
| | Threshold | "-36 dB" |
| | Quality | 20 |
| | Critical Frequ. | 16 |
| | Timing | 19h – 7h |

DESCRIPTIF DU SITE / CARTE / PHOTO



CAMPAGNE DE MESURE - INTERVENTIONS

| DATE | OBJET – REMARQUES |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 28.05.2015 | Installation de l'appareil en lisière près de l'éolienne E1 |
| 08.06.2015 | Changement batteries / relevé des données |
| 03.07.2015 | Changement batteries / relevé des données |
| 23.07.2015 | Changement batteries / relevé des données / Appareil en panne depuis le même jour (23.07.2015), câble d'alimentation sectionné (orage ?) |
| 24.07.2015 | Remise en route de l'appareil de mesure (remplacement du câble d'alimentation) |
| 20.08.2015 | Changement batteries / relevé des données |
| 22.09.2015 | Changement batteries / relevé des données |
| 06.10.2015 | Changement batteries / relevé des données |
| 02.12.2015 | Désinstallation |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| | | |
|--------------------------------|-------------------|----------|
| STATION | P035 – LIS3_BAT06 | |
| Installation / Désinstallation | 28.05.2015 | - |
| Coordonnées CH1903 (E/N) | 564'610 | 228'343 |
| Coordonnées WGS84 (long/lat) | 6.97153 | 47.20507 |
| Altitude | alt. 1'179 m | |
| Hauteur de mesure | alt. 2 m | |

| | | |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|----------|
| APPAREIL | | |
| Type et n° d'appareil | Batcorder 2.0 / Appareil n°BAT_06 / Carte SD 32 Go (Scan Ultra SDHC 1) | |
| Version logiciel | H200 S:219 | |
| Microphone | MCF 152 BCF-6 = 146 | |
| GSM | - | |
| Paramètres de mesure | Postrigger | 400 ms |
| | Threshold | "-36 dB" |
| | Quality | 20 |
| | Critical Frequ. | 16 |
| | Timing | 19h – 7h |

DESCRIPTIF DU SITE / CARTE / PHOTO



CAMPAGNE DE MESURE - INTERVENTIONS

| DATE | OBJET – REMARQUES |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 28.05.2015 | Installation de l'appareil en lisière près de l'éolienne E3 |
| 08.06.2015 | Changement batteries / relevé des données |
| 03.07.2015 | Changement batteries / relevé des données |
| 23.07.2015 | Changement batteries / relevé des données |
| 15.08.2015 | Débranchement batterie par les vaches -> Mesure OUT du 15.08.2015 au 18.08.2015 |
| 19.08.2015 | Remise en route de la mesure par Natura (Valéry Uldry) |
| 20.08.2015 | Changement batteries / relevé des données |
| 22.09.2015 | Changement batteries / relevé des données |
| 06.10.2015 | Changement batteries / relevé des données |
| 02.12.2015 | Désinstallation |
| | |
| | |
| | |
| | |

Mikrofonsensitivität: TSL-Protokolle (KohleNusbaumer SA)

| Periode | Datum | Aufnahmestandort | | Periode | Datum | Aufnahmestandort | |
|----------|----------|------------------|----------|----------|----------|------------------|----------|
| | | P36-PEU3 | P34-PEU1 | | | P36-PEU3 | P34-PEU1 |
| Frühling | 28.05.15 | 100% | 100% | Herbst | 01.09.15 | 100% | 100% |
| | 29.05.15 | 100% | 100% | | 02.09.15 | 100% | 100% |
| | 30.05.15 | 100% | 100% | | 03.09.15 | 100% | 100% |
| | 31.05.15 | 100% | 100% | | 04.09.15 | 100% | 100% |
| Sommer | 01.06.15 | 100% | 100% | | 05.09.15 | 100% | 100% |
| | 02.06.15 | 100% | 100% | | 06.09.15 | 100% | 100% |
| | 03.06.15 | 100% | 100% | | 07.09.15 | 100% | 100% |
| | 04.06.15 | 100% | 100% | | 08.09.15 | 100% | 100% |
| | 05.06.15 | 100% | 100% | | 09.09.15 | 100% | 100% |
| | 06.06.15 | 100% | 100% | | 10.09.15 | 100% | 100% |
| | 07.06.15 | 100% | 100% | | 11.09.15 | 100% | 100% |
| | 08.06.15 | 100% | 100% | | 12.09.15 | 100% | 100% |
| | 09.06.15 | 100% | 100% | | 13.09.15 | 100% | 100% |
| | 10.06.15 | 100% | 100% | | 14.09.15 | 100% | 100% |
| | 11.06.15 | 100% | 100% | | 15.09.15 | 100% | 90% |
| | 12.06.15 | 100% | 100% | | 16.09.15 | 100% | |
| | 13.06.15 | 100% | 100% | | 17.09.15 | 100% | |
| | 14.06.15 | 100% | 100% | | 18.09.15 | 100% | |
| | 15.06.15 | 100% | 100% | | 19.09.15 | 100% | |
| | 16.06.15 | 100% | 100% | | 20.09.15 | 100% | |
| | 17.06.15 | 100% | 100% | | 21.09.15 | 100% | |
| | 18.06.15 | 100% | 100% | | 22.09.15 | 100% | |
| | 19.06.15 | 100% | 100% | | 23.09.15 | 100% | 100% |
| | 20.06.15 | 100% | 100% | | 24.09.15 | 100% | 100% |
| | 21.06.15 | 100% | 100% | | 25.09.15 | 100% | 100% |
| | 22.06.15 | 100% | 100% | | 26.09.15 | 100% | 100% |
| | 23.06.15 | 100% | 100% | | 27.09.15 | 100% | 100% |
| | 24.06.15 | 100% | 100% | | 28.09.15 | 100% | 90% |
| | 25.06.15 | 100% | 100% | | 29.09.15 | 100% | |
| | 26.06.15 | 100% | 100% | | 30.09.15 | 100% | |
| | 27.06.15 | 100% | 100% | | 01.10.15 | 100% | |
| | 28.06.15 | 100% | 100% | 02.10.15 | 100% | | |
| | 29.06.15 | 100% | 100% | 03.10.15 | 100% | | |
| | 30.06.15 | 100% | 100% | 04.10.15 | 100% | | |
| | 01.07.15 | 100% | 100% | 05.10.15 | 100% | | |
| | 02.07.15 | 90% | 100% | 06.10.15 | 100% | 100% | |
| | 03.07.15 | 100% | 100% | 07.10.15 | 100% | 100% | |
| | 04.07.15 | 100% | 100% | 08.10.15 | 100% | 100% | |
| | 05.07.15 | 100% | 100% | 09.10.15 | 100% | 100% | |
| | 06.07.15 | 100% | 100% | 10.10.15 | 100% | 100% | |
| | 07.07.15 | 100% | 100% | 11.10.15 | 100% | 100% | |
| | 08.07.15 | 100% | 100% | 12.10.15 | 100% | 100% | |
| | 09.07.15 | 100% | 100% | 13.10.15 | 100% | 100% | |
| | 10.07.15 | 100% | 100% | 14.10.15 | 100% | 100% | |
| | 11.07.15 | 100% | 100% | 15.10.15 | 100% | 100% | |
| | 12.07.15 | 100% | 100% | 16.10.15 | 100% | 100% | |
| | 13.07.15 | 100% | 100% | 17.10.15 | 100% | 100% | |
| | 14.07.15 | 100% | 100% | 18.10.15 | 100% | 100% | |
| | 15.07.15 | 100% | 100% | 19.10.15 | 100% | 100% | |
| | 16.07.15 | 100% | 100% | 20.10.15 | 100% | 100% | |
| | 17.07.15 | 100% | 100% | 21.10.15 | 100% | 100% | |
| | 18.07.15 | 100% | 100% | 22.10.15 | 100% | 100% | |
| | 19.07.15 | 100% | 100% | 23.10.15 | 100% | 100% | |
| | 20.07.15 | 100% | 100% | 24.10.15 | 100% | 100% | |
| | 21.07.15 | 100% | 100% | 25.10.15 | 100% | 100% | |
| | 22.07.15 | 100% | 100% | 26.10.15 | 100% | 100% | |
| | 23.07.15 | 100% | 100% | 27.10.15 | 100% | 100% | |
| | 24.07.15 | 100% | 100% | 28.10.15 | 100% | 100% | |
| 25.07.15 | 100% | 100% | 29.10.15 | 100% | 100% | | |
| 26.07.15 | 100% | 100% | 30.10.15 | 100% | 100% | | |
| 27.07.15 | 100% | 100% | 31.10.15 | 100% | 100% | | |
| 28.07.15 | 100% | 100% | Winter | 01.11.15 | 100% | 100% | |
| 29.07.15 | 100% | 100% | | 02.11.15 | 100% | 100% | |
| 30.07.15 | 100% | 100% | | 03.11.15 | 100% | 100% | |
| 31.07.15 | 100% | 100% | | 04.11.15 | 100% | 100% | |
| 01.08.15 | 100% | 100% | | 05.11.15 | 100% | 100% | |
| 02.08.15 | 100% | 100% | | 06.11.15 | 100% | 100% | |
| 03.08.15 | 100% | 100% | | 07.11.15 | 100% | 100% | |
| 04.08.15 | 100% | 100% | | 08.11.15 | 100% | 90% | |
| 05.08.15 | 100% | 100% | | 09.11.15 | 100% | | |
| 06.08.15 | 100% | 100% | | 10.11.15 | 100% | | |
| 07.08.15 | 90% | 100% | | 11.11.15 | 100% | | |
| 08.08.15 | 100% | 100% | | 12.11.15 | 100% | | |
| 09.08.15 | 100% | 80% | | 13.11.15 | 100% | | |
| 10.08.15 | 100% | 100% | | 14.11.15 | 100% | | |
| 11.08.15 | 100% | 100% | | 15.11.15 | 100% | | |
| 12.08.15 | 90% | 100% | | 16.11.15 | 100% | | |
| 13.08.15 | 100% | 100% | | 17.11.15 | 100% | | |
| 14.08.15 | 100% | 100% | | 18.11.15 | 100% | | |
| 15.08.15 | 100% | 100% | 19.11.15 | 100% | | | |
| Herbst | 16.08.15 | 100% | 70% | 20.11.15 | 100% | | |
| | 17.08.15 | 100% | 100% | 21.11.15 | 100% | | |
| | 18.08.15 | 100% | 100% | 22.11.15 | 100% | | |
| | 19.08.15 | 100% | 100% | 23.11.15 | 100% | | |
| | 20.08.15 | 100% | 100% | 24.11.15 | 100% | | |
| | 21.08.15 | 100% | 100% | 25.11.15 | 100% | | |
| | 22.08.15 | 100% | 100% | 26.11.15 | 100% | | |
| | 23.08.15 | 100% | 100% | 27.11.15 | 100% | | |
| | 24.08.15 | 100% | 100% | 28.11.15 | 100% | | |
| | 25.08.15 | 100% | 100% | 29.11.15 | 100% | | |
| | 26.08.15 | 100% | 100% | 30.11.15 | 100% | | |
| | 27.08.15 | 100% | 100% | 01.12.15 | 100% | | |
| | 28.08.15 | 100% | 100% | 02.12.15 | 100% | | |
| 29.08.15 | 90% | 100% | | | | | |
| 30.08.15 | 100% | 100% | | | | | |
| 31.08.15 | 100% | 100% | | | | | |

Anpassung des Mikrofon-Korrekturfaktors

Kurzanleitung zum Setzen des Mikrofon-Korrekturfaktors (oder MCF) beim batcorder im Rahmen eines Mikrofonwechsels / nach der Kalibrierung - Dr. Volker Runkel

Nach einem Mikrofonwechsel - z.B. Stabmikro wird ersetzt durch Scheibenmikro - muss der Korrekturfaktor (CF) des batcorders angepasst werden. Das selbe gilt für Mikrofone nach der Kalibrierung, da diese einen neuen Korrekturfaktor erhalten. Nur so hat der batcorder im Einsatz die korrekte Empfindlichkeit!

Beim batcorder 2.0 benötigen Sie **das Manual des jeweiligen batcorder** für den BCF-Wert. Dieser ist **beim batcorder 3 nicht nötig**. Außerdem ist **auf jedem Mikrofon einen Korrekturfaktor (MCF)** aufgeklebt. Diesen nicht entfernen!

Vorgehensweise

1. Starten Sie den batcorder wie gewohnt.
2. Der Cursor muss auf **dem ersten Feld des Filecode stehen**. Bewegen Sie den Eingabe-Cursor gegebenenfalls dorthin.
3. Drücken Sie **REC** und die Taste Pfeilrechts (▷).
4. Das Menü zur Anpassung des **Microphone Correction Factor (MCF)** öffnet sich.
5. An zweiter Stelle steht auf dem Schirm der CF („correction factor“), dieser kann mit den Pfeiltasten Δ , ∇ geändert werden.

6. Der neue CF ergibt sich wie folgt:

- a. MCF des neuen Mikrofons
- b. **Nur batcorder 2:** Addieren Sie dazu den BCF aus dem Manual des batcorders (dieser **Wert wurde individuell für jeden batcorder** ermittelt und befindet sich auf der letzten Seite des Manuals)

7. Mit der Taste **REC** speichern Sie den neuen Wert und Verlassen das Menü. Mit der **SET** Taste können Sie das Menü ohne Speicherung des Werts verlassen.

Bitte den MCF ins Handbuch Ihres batcorders übertragen.

Support

Beispiel batcorder 2:

MCF = 138 und BCF = -8
 $MCF + BCF = 138 + (-8) = 130$
Sie stellen am batcorder 130 ein

Beispiel batcorder 3:

MCF = 138
Sie stellen am batcorder 138 ein

9 Glossar

| | |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aktivität | (auch Fledermausaktivität) Anzahl aufgezeichnete Sequenzen mit Fledermausrufen pro Stunde. Mass für die Fledermausdichte, aber auch für das Expositionsrisiko bei den Windenergieanlagen. |
| Bodenabklärungen | Nach Rote Liste Standard durchgeführte bioakustische Aufzeichnungen von Fledermäusen in 1-2 m Höhe. |
| Komplex | (auch Artkomplex) Gruppe von Fledermausarten, die aufgrund von ihren akustischen Signalen nicht immer voneinander unterschieden werden können. |
| Migration | (auch Fledermausmigration) Zugbewegungen von einigen Fledermäusen über mehrere hundert Kilometer. Vergleichbar mit dem Vogelzug. |
| Migrationsperioden | Zeitabschnitte vom Mitte März bis 31. Mai und vom 16. August bis 31. Oktober. In dieser Zeit finden die meisten Flugbewegungen der ziehenden Arten statt. |
| Periode | Zeitabschnitt innerhalb der Saison, basierend auf dem Verhalten der Tiere. |
| Permanentmessungen | In Rotorhöhe durchgeführte bioakustische Aufzeichnungen von Fledermäusen über einen Zeitraum von mehreren Monaten. |
| Permanentstationen | Standorte, an welchen die Permanentmessungen durchgeführt wurden. |
| Reproduktionsperiode | Zeitabschnitt vom 1. Juni bis 15. August. In dieser Zeit werden die Jungtiere geboren und aufgezogen. |
| Ruf | Einzelner Ruf einer Fledermaus im Ultraschallbereich. Eine Serie von Rufen wird als Sequenz aufgezeichnet. |
| Saison | Mitte März bis Ende Oktober. Monate mit der grössten Fledermausaktivität. |
| Sequenz | auch Fledermaus(ruf)sequenz, Audiofile mit einer Abfolge von Fledermausrufen. Eine Sequenz wird gleichgesetzt mit dem Durchflug einer Fledermaus, wobei nicht ausgeschlossen werden kann, dass ein Individuum mehrfach aufgezeichnet wurde oder in einer Sequenz gleichzeitig mehrere Individuen registriert wurden. |
| WEA | Windenergieanlage |

10 Literaturgrundlagen

- Amorim F, Rebelo H, Rodrigues L. 2012. **Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the mediterranean region.** Acta Chiropterologica, 14 (2): 439-457.
- Aschwanden J. 2016. **Absolute Kollisionsrate von Fledermäusen an Windenergieanlagen am Standort Le Peuchapatte (JU).** Erläuterungen für das Bureau NATURA als Basis für den Abschlussbericht betreffend die Thematik der Fledermäuse. 32 Seiten.
- Bader E, Bontadina F, Frey-Ehrenbold A, Schönbächler C, Zingg P E, Obrist M K. 2017. **Richtlinien für Aufnahme, Auswertung und Validierung von Fledermaus-Rufen in der Schweiz.** Bericht der Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG, Version 1.0 vom Mai 2017. 19 Seiten.
- Baerwald E F, Barclay R M R. 2009. **Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities.** Journal of Mammalogy, 90 (6): 1341-1349.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt). 2016. **Berücksichtigung der Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Vögel und Fledermäuse.** Anhang zum UVB Handbuch des Bundesamtes für Umwelt BAFU. Entwurf zur technischen Vernehmlassung vom 23. Dezember 2016.
- Behr O, Brinkmann R, Hochradel K, Korner-Nievergelt F, Nagi M, Niermann I, Reich M, Simon R. 2015. **Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RE-NEBAT II).** Umwelt und Raum BD. 7. 368 Seiten. Institut für Umweltplanung, Hannover.
- Brinkmann R, Behr O, Niermann I, Reich M. 2011. **Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen.** Umwelt und Raum 4: 457 S. Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Brinkmann R, Schauer-Weissshahn H, Bontadina F. 2006. **Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg.** Regierungspräsidium Freiburg.
- Bohnenstengel T, Krättli H, Obrist MKO, Bontadina F, Jaberg C, Ruedi M, Moeschler P. 2014. **Rote Liste der Fledermäuse der Schweiz, Stand 2011.** Bundesamt für Umwelt, Bern; Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Neuchâtel; Centres suisses de coordination pour l'étude et la protection des Chauves-souris, Genève und Zürich; WSL, Birmensdorf. Umwelt Vollzug.
- Bontadina F, Sattler T. 2006. **Windenergie in Deutschland und Frankreich: Sorgen wegen Fledermäusen - und die Lösungssuche.** Fledermaus-Anzeiger 83: 1-3.
- Dietz Ch, von Helversen O, Nill D. 2007. **Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Biologie, Kennzeichen, Gefährdung.** Kosmos Naturführer: 399 S.
- Dürr T. 2017. Bat fatalities at windturbines in Europe. Zentrale Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt Brandenburg, Stand: 1. August 2017. [online: <http://www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>]
- Krättli H, Brossard C, Moeschler P, Magnin B, Bontadina F. 2014. **Integration of bat conservation concerns in the development of wind energy projects in Switzerland.** XIIIth European Bat Research Symposium 2014. ISBN 978-953-6904-30-3.
- Kunz Th. et al. 2007. **Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses.** Front. Ecol. Envir. 5(6):315-324.
- Leuzinger Y, Lugon A, Bontadina F. 2008. **Éolienne en Suisse - Mortalité de chauves-souris.** Rapport inédit sur mandat de l'OFEV et l'OFEN, 37 pages.

- Rodrigues L, Bach L, Biraschi L, Dubourg-Savage M J, Goodwin J, Harbusch C, Hutson T, Ivanova T, Lutsar L, Parsons K. 2006. **Wind Turbines and Bats: guidelines for the planning process and impact assessments**. EUROBATS guidelines: 21 p.
- Rodrigues L, Bach L, Dubourg-Savage M J, Goodwin G, Harbusch C. 2008. **Guidelines for consideration of bats in wind farm projects**. EUROBATS Publication Series N°3. UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn.
- Rydell J, Bach L, Dubourg-Savage MJ, Green M, Rodrigues L & Hedenström A. 2010. **Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe**. *Acta Chiropterologica*, 12(2), 261-274.
- Sattler T, Bontadina F. 2005. **Grundlagen zur ökologischen Bewertung von zwei Windkraftgebieten in Frankreich aufgrund der Diversität und Aktivität von Fledermäusen**. Unveröffentlichter Kurzbericht. SWILD, Zürich im Auftrag von Megawatt Eole, Stuttgart, 23 S.
- Schorcht W, Bontadina F, Schaub M. 2009. **Variation of adult survival drives population dynamics in a migrating forest bat**. *Journal of Animal Ecology* 78:1182–1190.
- SWILD. 2015. **Grundlagen zur Berechnung der Fledermaus-Mortalität bei Windenergie-Anlagen**. Interner Bericht, PDF und XLS.
- Voigt CC, Popa-Lisseanu AG, Niermann I, Kramer-Schadt S. 2012. **The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations**. *Biological Conservation* 153:80–86.
- Voigt C C, Lehnert L S, Petersons G, Adorf F, Bach L. 2015. **Wildlife and renewable energy: German politics cross migratory bats**. *European Journal of Wildlife Research* 61 (2), pp 213-219
- Wellig S, Nusslé S, Miltner D, Kohle O, Glairot O, Braunisch V, Obrist MK, Arlettaz R. MS. **Mitigating the negative impacts of tall wind turbines on bats: vertical activity profiles and relationships to wind speed**. *PLOSone*, in review.