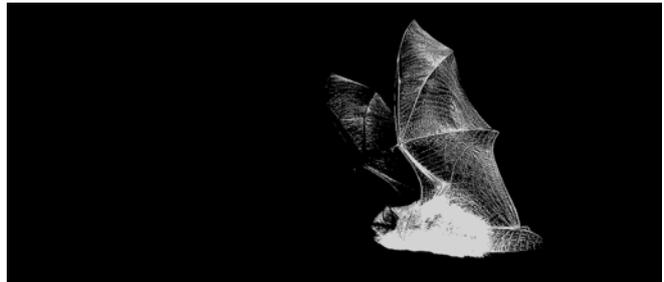


Bestandesaufnahme Fledermäuse im Wauwilermoos



Zürich, Februar 2019 / V2

SWILD – Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation, Zürich

Impressum

Auftraggeber	Landwirtschaft und Wald (lawa) Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement, Kanton Luzern Centralstrasse 33 / Postfach 6210 Sursee
Auftragnehmerin	SWILD – Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation Wuhrstrasse 12 8003 Zürich
Projektleitung	Fabio Bontadina, Dr. phil.-nat., Wildtierbiologe SVU
Mitarbeit	Mirco Lauper: Bericht, Auswertungen Kathi Märki: Auswertungen Bioakustik Lucretia Deplazes: Bericht, Auswertungen
Externe Mitarbeit	Andrin Dürst: Feldarbeit, Praktikum lawa
Kontakt	Tel. 044 450 68 05 fabio.bontadina@swild.ch / lucretia.deplazes@swild.ch www.swild.ch
Zusammenarbeit	Einen besonderen Dank geht an Andrin Dürst (Praktikant lawa) für seinen grossen Einsatz im Feld und die sorgfältige Verwaltung der Daten. Wir danken dem kantonalen Fledermausschutz-Beauftragten Manuel Lingg (KFB-LU) für die Auskünfte und Anregungen, Heidi Vogler und Peter Ullmann (lawa) für die konstruktive Zusammenarbeit und zusammen mit Jörg Gensch für die konstruktiven Rückmeldungen zum Bericht. Herzlichen Dank an Alex Bosshard für das Lektorat des Textes. Wir danken der Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz KOF für die zur Verfügung gestellten Batlogger Geräte.
Abbildungen Titelbild	SW-Grafik Fledermaus (cc); Luftbild Wauwilermoos (©reportair.ch); Messstandort am Wasser (© swild.ch) © Texte, Abbildungen und Berechnungsgrundlagen bei SWILD.
Version	Überarbeitete Version 2.0 vom 27. Februar 2019.
Zitat	SWILD. 2019. Bestandesaufnahme Fledermäuse im Wauwilermoos. Abschlussbericht im Auftrag der Dienststelle für Landwirtschaft und Wald (lawa) des Kantons Luzern, Februar 2019 / V2, SWILD, Zürich, 38 Seiten.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Ausgangslage	5
1.1 Auftrag Fledermaus-Inventar Moorgebiet	5
1.2 Naturschutzreservat Wauwilermoos	5
1.3 Bestandesaufnahme Fledermäuse	6
1.4 Ziele	8
2 Vorgehen	9
2.1 Perimeter	9
2.2 Bioakustische Aufnahmen	9
3 Resultate	13
3.1 Rote Liste Arten	13
3.2 Seltene, spezielle Arten	14
3.3 Artnachweise: Verteilung im Aufnahmeperimeter und an den Strukturtypen	17
3.4 Fledermausaktivität	19
4 Bewertung	20
4.1 Artenvielfalt	20
4.2 Aktivität	21
4.3 Potentieller Flugkorridor entlang der Ron	22
4.4 Bewertung Aufnahmedesign und Eignung für andere Gebiete	24
5 Ausblick	25
5.1 Management für Zielarten	25
5.2 Modellierung von Flugkorridoren	25
5.3 Übertragung Aufnahmedesign in andere Gebiete	25
5.4 Kommunikation der Resultate	25
6 Quellenverzeichnis	26
7 Glossar	27
8 Anhang	28
I. Aufnahmestandorte	28
II. Artenvielfalt und Aktivität pro Strukturtyp	36
III. Fledermaus-Aktivität im Verlaufe der Nacht	37
IV. Tabelle Nachweise Fledermäuse (SBBG Standard)	38

Zusammenfassung

Ausgangslage:

In der mehrheitlich landwirtschaftlich genutzten Wauwilerebene (Kanton LU) besteht ein Naturschutzreservat für Brut- und Zugvögel von nationaler Bedeutung. Insbesondere die aufgewertete Kernzone (mit stark eingeschränkter Nutzung & extensiver Beweidung) bietet als Feuchtgebiet mit offenen Wasserflächen, Extensivflächen, Hecken und Einzelbäumen interessante Lebensräume für diverse Fledermausarten. Bisher bestanden Nachweise von mindestens **9 Fledermausarten** aufgrund von Quartiermeldungen und Freifunden in den umliegenden Gemeinden. Ziel der vorliegenden Untersuchung war eine Bestandeserfassung zur Artenvielfalt der Fledermäuse im Naturschutzgebiet und in der näheren Umgebung.

Vorgehen:

Innerhalb des Perimeters des Wasser- und Zugvogelreservats (WZV) erfolgten im Sommer 2018 **bioakustische Aufnahmen** vom 14. Juni - 6. August an **total 61 Standorten**, gleichmässig verteilt auf die Strukturtypen **Bestockung, Extensiv und Wasser**.

Resultate:

In total **321 Aufnahmenächten** wurden **55'651 Fledermaussequenzen** aufgenommen. Insgesamt wurden mindestens **12 Fledermausarten** nachgewiesen, diese sind in 19 bioakustischen Arten und -gruppen enthalten. **32% (17'939 Seq.) stammen von Arten und -gruppen welche Rote-Liste-Arten enthalten** oder potenziell gefährdet (*NT-EN*) sind. Davon sind **mindestens 0.3 % (146 Seq.) Rote-Liste-Arten (VU-CR)**. Diese umfassen die seltene Mopsfledermaus, die Gruppe Mausohrfledermäuse, Langohrfledermaus-Arten, Nordfledermaus und Zweifarbenfledermaus. Rund 68% (35'695 Seq.) der Aufnahmen stammen von ungefährdeten Arten (LC), davon die meisten von Zwergfledermäusen.

Die Fledermausaktivität im Gebiet umfasst 173.4 ±58 Sequenzen pro Nacht (Mittelwert ±SE), was einer **mittleren bis hohen Aktivität** entspricht. Am höchsten war die Aktivität am Strukturtyp Wasser (266.9 ±82.6), gefolgt von Bestockung (212.5 ±37.6) und Extensiv (43.2 ±8.44).

Bewertung:

Aufgrund der bioakustischen Feldaufnahmen konnten 12 geschützte Fledermausarten im Schutzgebiet nachgewiesen werden. Davon konnten **vier Arten neu in der Region** beschrieben werden: Die Mückenfledermaus, die Mopsfledermaus, die Nordfledermaus und die Alpenfledermaus. Letztere stellt ein Erstnachweis ausserhalb des Voralpengebiets des Kantons dar. Die **grösste Artenvielfalt** (bis zu **13 Arten und -gruppen** pro Standort) wurde interessanterweise an einem **Extensiv-Standort** verzeichnet.

Der Aktivitätsverlauf in den Nachtstunden und der hohe Anteil an Mausohr-Arten an einigen Standorten an der Ron deuten auf wichtige **Flugkorridore und Jagdgebiete im untersuchten Perimeter** hin.

Für die Erfassung von seltenen Arten in Feuchtgebieten scheint ein umfangreiches Aufnahmedesign (mindestens 300 Nächte an 60 Aufnahmestandorten) in grossen und wertvollen Schutzgebieten wie dem Wauwilermoos sinnvoll. In kleinen Gebieten und zur Erfassung der häufigeren Arten reicht ein geringerer Aufwandaufwand.

Ausblick:

Die Aufnahmen zeigen den aktuellen Zustand der Fledermausfauna des Wauwilermoos. Dies kann als Referenz für ein **Monitoring** dienen. **Managementmassnahmen** können auf festzulegende Zielarten ausgerichtet werden. Durch eine Modellierung und **Visualisierung der Flugkorridore** im Gebiet könnten die bestehenden Leitstrukturen sichtbar gemacht und allenfalls die Durchgängigkeit für Fledermäuse verbessert werden. Die Erfahrungen zur Erfassung der Fledermausfauna in Feuchtgebieten können in anderen Mooren gebieten genutzt werden.

1 Ausgangslage

1.1 Auftrag Fledermaus-Inventar Moorgebiet

Die Dienststelle für Landwirtschaft und Wald des Kantons Luzern (lawa) beauftragte SWILD am 26. März 2018 mit der Durchführung und Evaluation einer Bestandesaufnahme der Fledermäuse im Naturschutzreservat Wauwilermoos. Am 30. Mai 2018 fand eine erste Besprechung zwischen dem Auftraggeber und SWILD mit einer Begehung des Gebietes statt.

1.2 Naturschutzreservat Wauwilermoos

In der Wauwilerebene (Kanton LU) besteht seit 1958 ein Naturschutzreservat. Die Umgebung des Schutzgebietes wird grösstenteils intensiv landwirtschaftlich genutzt. Das Wauwilermoos ist ein Wasser- und Zugvogelreservat von nationaler Bedeutung (siehe Abb. 2) und ein wertvolles Gebiet für diverse Brutvögel. Ebenso bietet das Gebiet interessante Lebensräume für diverse Säugetiere.

Die Kernzone (kantonales Naturschutzgebiet) umfasst 18.4 ha und wird durchflossen von einem kleineren Flusslauf, der Ron, welcher von Heckenstrukturen begleitet wird. Die Kernzone beinhaltet nördlich der Ron temporäre Feuchtflächen und südlich der Ron ein stark versumpftes, schwer zugängliches Gebiet, welches parallel zueinander angelegte Wassergräben enthält. Die Kernzone ist teilweise bestockt mit Weidenbruchwäldern und Baumhecken. Des Weiteren sind Feuchtwiesen in der Kernzone enthalten, welche mit Hochlandrindern bewirtschaftet werden (Abb. 1).



Abb. 1. Kernzone Wauwilermoos. Die Kernzone ist ein kantonales Naturschutzgebiet mit offenen Wassergräben und wird teilweise mit Hilfe von schottischen Hochlandrindern bewirtschaftet (Quelle lawa).

1.3 Bestandesaufnahme Fledermäuse

Feuchtgebiete mit offenen Wasserflächen sind in der Regel insektenreiche Gebiete und daher interessante Jagdgebiete für diverse Fledermausarten. Spezifisch für Moorgebiete gibt es allerdings nur wenige Untersuchungen zur Bedeutung dieser Lebensräume für Fledermäuse. Gemäss der Roten Liste Fledermäuse (Bohnenstengel et al. 2014) jagen 9 der 22 gefährdeten oder potenziell gefährdeten Arten (41%) über Feuchtgebieten wie Mooren, Feuchtwiesen oder Röhrichten. Bei einer bioakustischen Studie in Waldnaturschutzgebieten im Kanton Zug zeigte sich in einem Waldgebiet mit grossflächigen Moorgebieten bei der Artenzusammensetzung eine Tendenz zu wenigen Arten und geringer Aktivität, dafür teilweise zu seltenen Fledermausarten (Deplazes et al. 2016).

Die Kenntnisse über Fledermäuse im Wauwilermoos basieren auf bekannten Quartieren in den umliegenden Gemeinden (Abb. 2). Es wurde noch nie eine systematische Bestandesaufnahme im Gebiet durchgeführt. Gemäss der Fledermausschutz-Datenbank sind bisher in unmittelbarer Umgebung des Wauwilermoos 95 Quartiere (Tabelle 1) von mindestens 5 Fledermausarten bekannt (Abb. 2). Zerstörte oder verwaiste Quartiere wurden aus der Liste entfernt (KFB-LU, 31.1.2018).

Tabelle 1. Bekannte Quartiernachweise in den umliegenden Gemeinden. Eine Abfrage der Fledermausschutz-Datenbank (KFB-LU, 31.1.2018) ergibt insgesamt 95 Quartiere von mindestens 5 Fledermausarten.

Quartier-Definition	Anzahl
Wochenstube	23
Sommerquartier	49
Nachtquartier	1
Kotquartier	2
nicht näher definiertes Quartier	20
Total Anzahl Quartiere	95

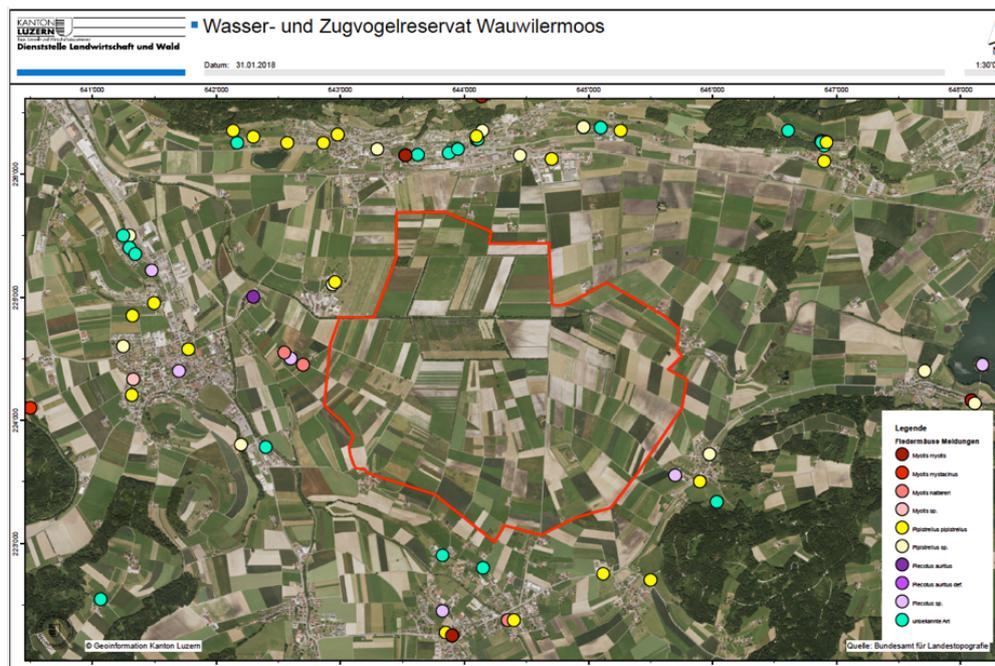


Abb. 2. Fledermausnachweise in der Nähe des Naturschutzgebietes Wauwilermoos. Die rote Linie begrenzt das Wasser- und Zugvogelreservat (Quelle Iawa).

Die Datenbankabfrage beim CSCF (Centre Suisse de Cartographie de la Faune) für die umliegenden Gemeinden ergab für die Jahre 2000 bis 31.01.2018 Nachweise mit einer Artenvielfalt von 9 Arten (Tabelle 2).

Tabelle 2. Fledermaus-Nachweise in den umliegenden Gemeinden. Eine CSCF Datenbank-Abfrage (Nachweise ab dem Jahr 2000) ergibt insgesamt 9 Fledermausarten.

Fledermausart			Gemeinde(n)	letzter Nachweis [Jahr]	
[deutsch]	[lateinisch]	[Abk.]			
1	Wasserfledermaus	<i>Myotis daubentonii</i>	Mdau	Schötz, Sursee	2004
2	Fransenfledermaus	<i>Myotis nattereri</i>	Mnat	Ettiswil, Schötz	2009
3	Grosse Mausohr	<i>Myotis myotis</i>	Mmyo	Wauwil, Ettiswil, Alberswil, Schötz, Egolzwil, Nebikon	2015
4	Kleine Bartfledermaus	<i>Myotis mystacinus</i>	Mmys	Wauwil, Schötz, Sursee, Nebikon	2015
5	Grosser Abendsegler	<i>Nyctalus noctula</i>	Nnoc	Schötz	2002
6	Zweifarbentfledermaus	<i>Vespertilio murinus</i>	Vmur	Egolzwil	2010
7	Zwergfledermaus	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ppip	diverse	2013
8	Rauhautfledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pnat	Schötz, Nebikon	2015
9	Braunes Langohr	<i>Plecotus auritus</i>	Paus	Ettiswil, Alberswil, Sursee	2015

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zur Ermittlung der Artenvielfalt wurden im Wauwilermoos von Juni bis August 2018 umfangreiche bioakustische Aufnahmen durchgeführt. Dabei wurden die Aufnahmen nach den drei Strukturtypen Bestockung, Extensiv und Wasser stratifiziert.

Nachweise an einzelnen Heckenstrukturen können zudem Hinweise auf mögliche Flugkorridore aus umliegenden Quartieren zu den insektenreichen Jagdgebieten in der Kernzone ergeben.

Im Gegensatz zu Abfängen mit Netzen erlauben bioakustische Methoden mit stationären Breitband-Ultraschallaufnahmegeräten ein langfristiges Monitoring der Ultraschallrufe durchfliegender Fledermäuse. Die Methode vereinfacht somit die Nachweisbarkeit von seltenen Fledermausarten.

1.4 Ziele

- Es soll erstmalig eine umfassende Bestandserfassung zur Artenvielfalt der geschützten Fledermäuse im Naturschutzgebiet Wauwilermoos und in der näheren Umgebung erhoben werden. Der Schwerpunkt für die Ermittlung der Artenvielfalt liegt bei den lokalen Arten, ohne die allenfalls nur temporär anwesenden migrierenden Arten.
- Das Aufnahmedesign ist so gewählt, dass systematische Unterschiede in der Artenzusammensetzung zwischen verschiedenen Strukturtypen im Gebiet erkennbar werden.
- Die Ergebnisse können Grundlage sein, um Managementziele für das Gebiet auszuarbeiten oder solche auf die nachgewiesenen Zielarten anzupassen.

2 Vorgehen

2.1 Perimeter

Als Aufnahmeperimeter für die bioakustischen Fledermauserhebungen wurde das WZV-Gebiet (Wasser- und Zugvogelreservat) Wauwilermoos (Fläche: 514 ha, Abb. 3) gewählt. Die Abklärungen wurden absichtlich auf das Kerngebiet und dessen Umgebung konzentriert, um eine grosse Aufnahmedichte zu erreichen. Umliegende, ähnlich wertvolle Flächen wie zum Beispiel das Hagimoos, ebenfalls kantonales Naturschutzgebiet, wurden deshalb nicht berücksichtigt. Die Erfahrungen und Erkenntnisse dieser Fledermausabklärungen können später auch auf andere Gebiete im Kanton angewendet werden.

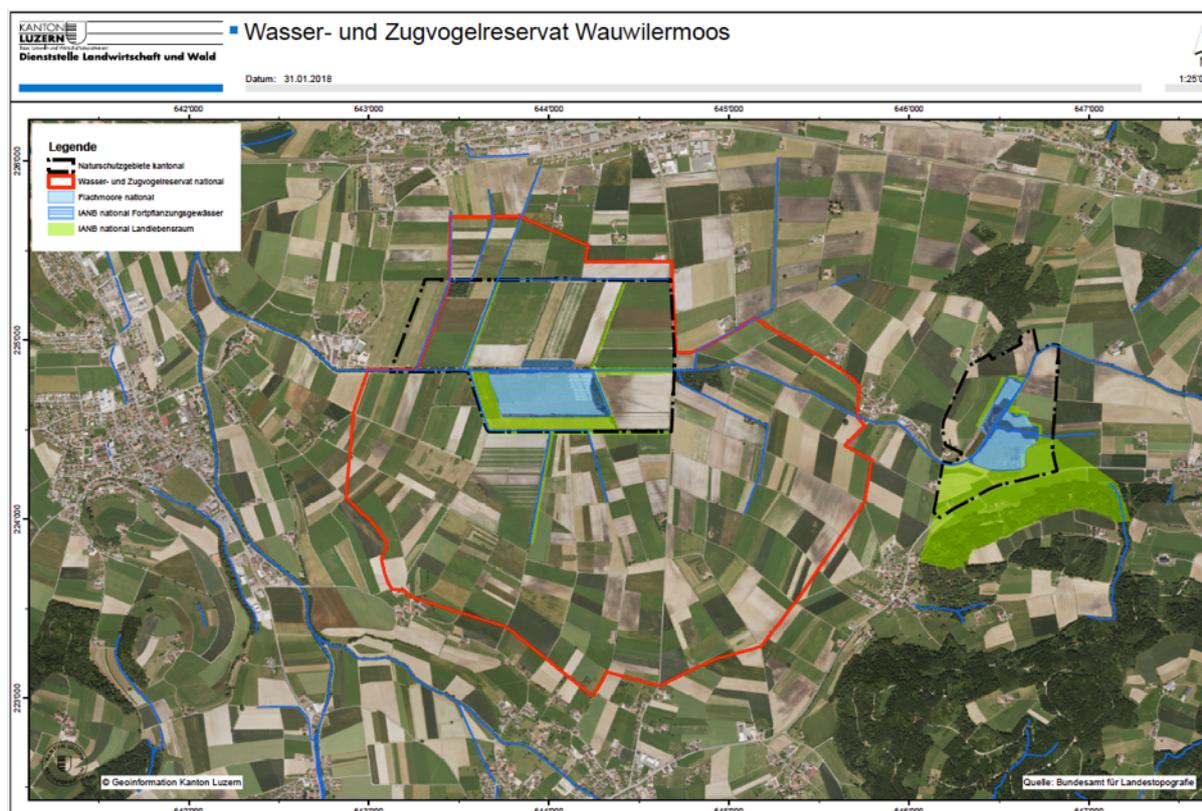


Abb. 3. Wasser- und Zugvogelreservat Wauwilermoos (rote Linie) mit dem Kerngebiet (schwarze Linie, Quelle lawa).

2.2 Bioakustische Aufnahmen

Die bioakustischen Aufnahmen wurden mit Fokus auf lokale Arten während der Wochenstubenzeit (Juni bis anfangs August) durchgeführt. Die Aufnahmen erfolgten gleichmässig verteilt an den drei Strukturtypen: Bestockung, extensive landwirtschaftliche Flächen und am Wasser. Dies sind Strukturtypen der Feuchtgebiete, in denen eine hohe Fledermausaktivität erwartet werden kann. Auf landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen wurden keine Aufnahmen gemacht, da auf diesen keine speziellen Fledermausarten erwartet wurden und der Fokus auf den Naturschutzflächen lag.

Zeitperiode: Die Aufzeichnungen fanden zwischen dem 14. Juni und dem 6. August 2018 statt. Aus logistischen Gründen wurden zwischen dem 27. Juni und dem 11. Juli nur Ausfälle der bisherigen Aufnahmen kompensiert und eine Woche Pause eingelegt (siehe auch Abb. A- 1 im Anhang).

Aufnahmestandorte: Total **61 Aufnahmestandorte**; 20 Standorte pro Strukturtyp inklusive einem zusätzlichen Standort Bestockung (B1.11), welcher für die Vernetzung des Gebietes an ein angrenzendes Waldstück von Interesse war (Abb. 4, Tabelle A-1).

Strukturtypen: Die Aufnahmen erfolgten an den folgenden drei Strukturtypen:

- Bestockung (Hecken, Baumreihen, Alleen, Einzelbäume, Gewässerbestockungen, Feldgehölze, Waldränder, Abb. A-2)
- Extensive landwirtschaftliche Flächen (extensive Wiesen, extensive Weiden, Streueflächen, Abb. A-3)
- Wasser (entlang von permanenten, stehenden oder fließenden Gewässern, Abb. A-4)

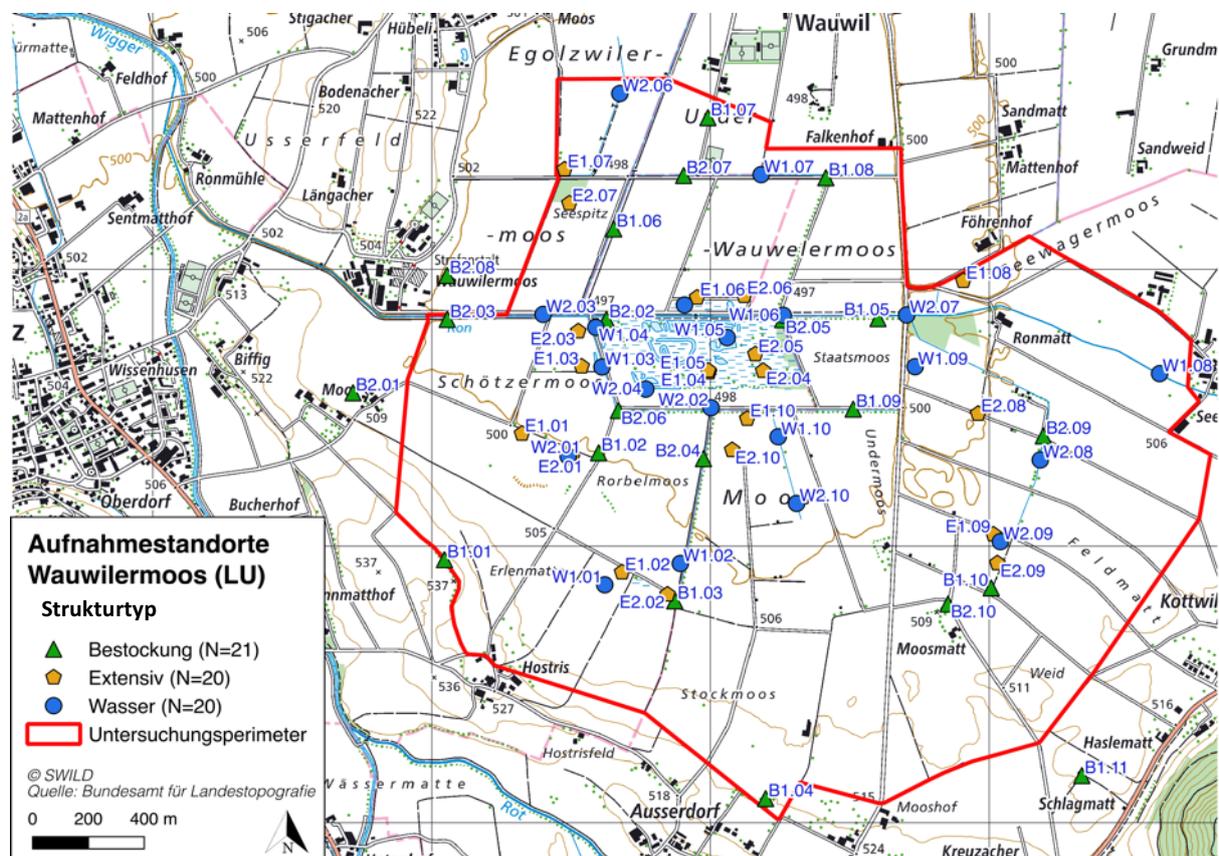


Abb. 4. Aufnahmestandorte (N=61) im Aufnahmeperimeter an den unterschiedlichen Strukturtypen: Bestockung, Extensiv und Wasser.

In der Regel wurden die Aufnahmegeräte in wasserdichten Boxen verstaut. Das Mikrofon wurde an einem Verlängerungskabel auf ca. 1.5m Höhe installiert (Abb. 5 *links*). An einigen Standorten musste das Gerät auf Pfählen etwas über dem Boden installiert werden, um an stark vernässten Standorten einen Wasserschaden am Gerät zu verhindern (Abb. 5 *rechts*).

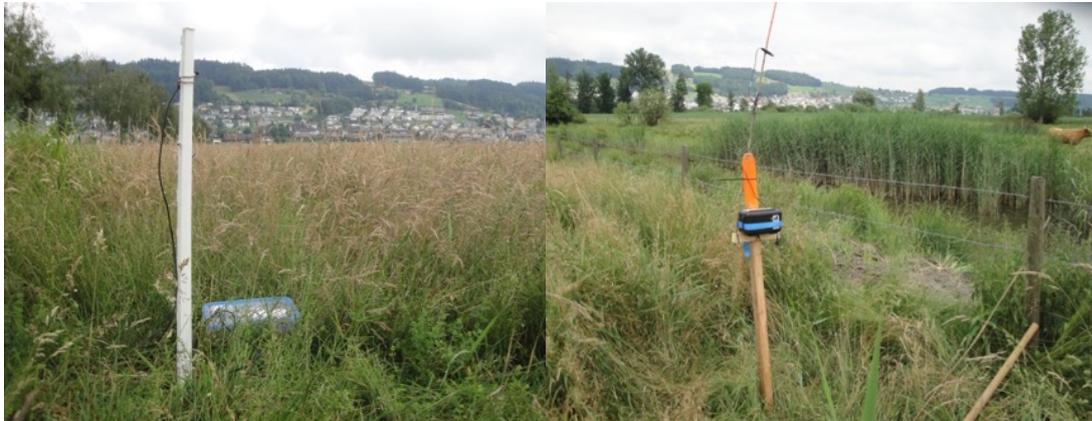


Abb. 5. Aufnahmegerät in wasserdichter Box mit Mikrofonverlängerung, links: auf einer extensiven Fläche, **rechts:** auf Pfahl montiert an stark vernässtem Standort in der Nähe einer offenen Wasserfläche.

Messgeräte: Akustische Breitband-Ultraschalldetektoren (Batlogger M / Batlogger C, Elekon). Die Ultraschallsignale werden detektiert, in Echtzeit aufgezeichnet und digital mit Zeitstempel und Koordinaten auf einem Datenlogger gespeichert.

Bioakustische Analyse: Gemäss der von SWILD für die Daten von Batlogger-Geräten entwickelten Prozedur erfolgt die Analyse in einem mehrstufigen Vorgehen, um systematische, wissenschaftlich verlässliche und dokumentierte Nachweise zu garantieren (SWILD, Bioakustischer Analysestandard, 2013, Validierungsstandard der Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG, 2017).

Die Analyse erfolgt in folgenden Schritten:

1. Automatische Artidentifikation mit BatScope (Boesch & Obrist 2013).
2. Optische Überprüfung aller als "no call" klassierten Dateien im Schnellvorlauf im Lautanalyseprogramm RAVEN PRO 1.4. Artnachweise gemäss den Richtlinien für die Aufnahme, Auswertung und Validierung von Fledermaus-Rufen in der Schweiz der Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG (Bader et al. 2017).
3. Stichproben aus den Gruppen werden mit Hilfe des Lautanalyseprogramms RAVEN PRO 1.4 von Hand kontrolliert. Bei Problemarten erfolgt immer eine Einzelüberprüfung der Rufe.
4. Datenvalidierung durch zusätzliche Experten der Swiss Bat Bioacoustics Group (SBBG).
5. Validierte Daten werden in die Nationale Datenbank des CSCF aufgenommen.

In den Auswertungen wurde ein Filter für redundante Rufe (Sequenzen mit Rufen derselben Art in derselben Sekunde) verwendet. Es wurden jedoch keine redundanten Sequenzen aufgezeichnet.

Exkurs Bioakustik

Heimische Fledermäuse rufen in einem Frequenzbereich von rund 10 bis 120 kHz. Ihre Rufe sind zu einem grossen Teil für den Menschen nicht hörbar. Stationäre Breitband-Ultraschallaufzeichnungsgeräte zeichnen die Ortungs- und Sozialrufe der Fledermäuse auf. Für die Auswertung werden die einzelnen Fledermausrufe einer Folge von Rufen (Sequenz) bezüglich Frequenzen, Ruflängen, Rufabstände, etc. vermessen und mit Referenzen verglichen. Dazu werden die Sequenzen als Spektrogramme (Abb. 6) dargestellt. Anhand der Ergebnisse kann die einzelne Sequenz einer Fledermausart oder einer Art oder einer Artgruppe zugewiesen werden. Da es innerhalb einer einzelnen Fledermausart sehr unterschiedliche Rufe (inklusive Sozialrufe) gibt (Abb. 7) und sich die Rufe von verschiedenen Arten manchmal sehr ähnlich sind, ist es nicht möglich, jede Sequenz einer einzelnen Art zuzuordnen. Sequenzen, bei welchen nicht mit Sicherheit auf eine Art geschlossen werden kann, werden deshalb Artgruppen zugeordnet. Diese Artgruppen beinhalten mehrere Arten derselben, aber auch unterschiedlicher Gattungen, welche zurzeit nicht unterscheidbare Rufe vorweisen. Eine Sequenz wird als ein Fledermausdurchflug gewertet.

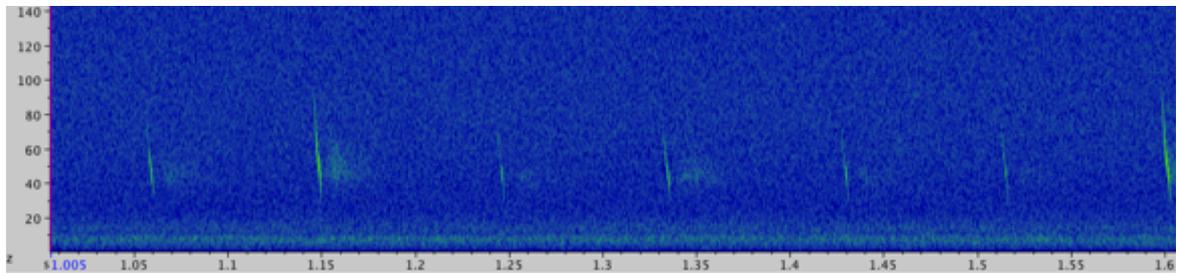


Abb. 6. Spektrogramm einer Sequenz von Ortungsrufen einer Fledermaus der Gattung Myotis. Die Frequenz (kHz, y-Achse) wird im Verlaufe der Zeit (Sekunden, x-Achse) dargestellt.

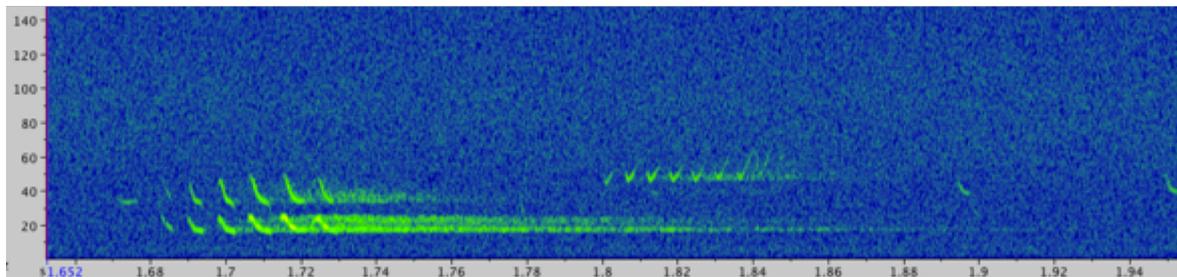


Abb. 7. Spektrogramm eines Sozialrufes der Rauhautfledermaus. Links und in der Mitte sind zwei Triller von Sozialrufen dargestellt. Rechts im Bild sind zwei Ortungsrufe dieser Fledermaus erkennbar.

3 Resultate

In total 321 Aufnahmenächten wurden an 61 Aufnahmestandorten insgesamt 55'651 Fledermäusesequenzen aufgezeichnet. Dies entspricht in einem Moorgebiet einer mittleren bis hohen Aktivität. Insgesamt konnten mindestens 12 Arten festgestellt werden (Tabelle 3). Diese sind in 19 bioakustischen Arten und -gruppen enthalten (Tabelle 5). Das Aufnahmedesign war auf lokale Arten ausgelegt. Entsprechend wurden nur wenige migrierende Arten (1668 Sequenzen, 3%) aufgezeichnet. Migrierende Arten ziehen im Sommer in den Norden und halten sich nur im Frühling und im Herbst in der Schweiz auf.

Tabelle 3. Nachweise von 12 Fledermausarten im Wauwilermoos.

Fledermausart			Bestockung	Extensiv	Wasser
[deutsch]	[lateinisch]	[Abk.]			
1 Wasserfledermaus	<i>Myotis daubentonii</i>	<i>Mdau</i>	x	x	x
2 Fransenfledermaus	<i>Myotis nattereri</i>	<i>Mnat</i>	x	x	x
3 Grosses Mausohr*	<i>Myotis myotis</i>	<i>Mmyo</i>	x	x	x
4 Grosser Abendsegler	<i>Nyctalus noctula</i>	<i>Nnoc</i>	x	x	x
5 Nordfledermaus	<i>Eptesicus nilssonii</i>	<i>Enil</i>			x
8 Zweifarbenfledermaus	<i>Vespertilio murinus</i>	<i>Vmur</i>	x	x	
7 Zwergfledermaus	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<i>Ppip</i>	x	x	x
8 Mückenfledermaus	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Ppyg</i>	x	x	x
9 Rauhautfledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i>	<i>Pnat</i>		x	x
10 Alpenfledermaus	<i>Hypsugo savii</i>	<i>Hsav</i>	x		
11 Braunes Langohr *	<i>Plecotus auritus</i>	<i>Paus</i>	x	x	x
12 Mopsfledermaus	<i>Barbastella barbastellus</i>	<i>Bbar</i>	x		

* Diese Arten können bioakustisch nicht oder nur schwer von ihren Geschwisterarten (Artgruppe) unterschieden werden. Aufgrund der bekannten geografischen Verbreitung der Arten ist ein Nachweis der aufgeführten Arten aber sehr wahrscheinlich.

3.1 Rote Liste Arten

Von den total 55'651 Fledermäusesequenzen stammen 37'712 Sequenzen von ungefährdeten Arten (*LC*, siehe Verzeichnis der Abkürzungen Rote Liste: Tabelle 4). Dies entspricht rund 68 %, davon sind 35'695 Sequenzen (64 %) Zwergfledermäuse (Tabelle 5). Insgesamt wurden 17'939 Sequenzen (32 %) in Arten und -gruppen welche RL-Arten enthalten oder potenziell gefährdet (*NT-EN*) sind aufgezeichnet. Davon sind mindestens 146 Sequenzen (0.3 %) Rote-Liste Arten (*VU-CR*). Dabei handelt es sich um 5 Sequenzen der Mopsfledermaus (*EN*), 69 Sequenzen der Gruppe Mausohrfledermäuse (*VU-CR*), 69 Sequenzen der Gruppe Langohrfledermaus-Arten (*VU-CR*), 1 Sequenz der Nordfledermaus und 2 Sequenzen der Zweifarbenfledermaus (*VU*).

Tabelle 4. Verzeichnis der Abkürzungen der Rote-Liste-Arten.

RE	Regionally Extinct	in der Schweiz ausgestorben
CR	Critically Endangered	vom Aussterben bedroht
EN	Endangered	stark gefährdet
VU	Vulnerable	verletzlich
NT	Near Threatened	potenziell gefährdet
LC	Least Concern	nicht gefährdet
DD	Data Deficient	ungenügende Datengrundlage
NE	not evaluated	nicht beurteilt

3.2 Seltene, spezielle Arten

Insgesamt stammen 14'409 (26 %) der Sequenzen von Arten der Gruppe Myotoid (alle Mausohr-Arten). Insbesondere an Gewässerstandorten ist der Anteil mit 35 % aussergewöhnlich gross. An Standorten mit Bestockung beträgt der Anteil 18.5 % und auf extensiven Flächen noch 11.5 %. Auf Artniveau konnte in dieser Gruppe die Wasserfledermaus (18 Sequenzen) und die Fransenfledermaus (33 Sequenzen, Abb. 8) bestimmt werden. Beides sind eher seltene und spezialisierte Arten. In der Artengruppe der Mkm (Brandtfledermaus, Kleine Bartfledermaus, Bechsteinfledermaus, Wasserfledermaus) befinden sich einige Sequenzen, die eindeutige, bioakustische Merkmale von Kleinen Bartfledermäusen aufweisen, die man aber wegen der grossen Überlappung der bioakustischen Frequenz mit anderen Mausohr-Arten nicht sicher auf Artniveau bestimmen kann. Dieser Hinweis auf die Kleine Bartfledermaus im Gebiet wird durch ein Fledermausquartier (KOF-LU, Abb. 2) und Nachweisen aus der Datenbank des CSCF bestärkt. Im Turm der Kirche Egolzwil ist seit einigen Jahren eine Wochenstubenkolonie der Kleinen Bartfledermaus bekannt. Ähnlich verhält es sich mit der Gruppe der Mausohrfledermäuse (Mmyo & Mbyl). Hier ist es wahrscheinlich, dass es sich dabei ausschliesslich um Sequenzen des Grossen Mausohrs (Mmyo) handelt. Dies ist auch aufgrund von Fledermausmeldungen von bekannten Wochenstubenquartieren und der Datenbank des CSCF zu erwarten.

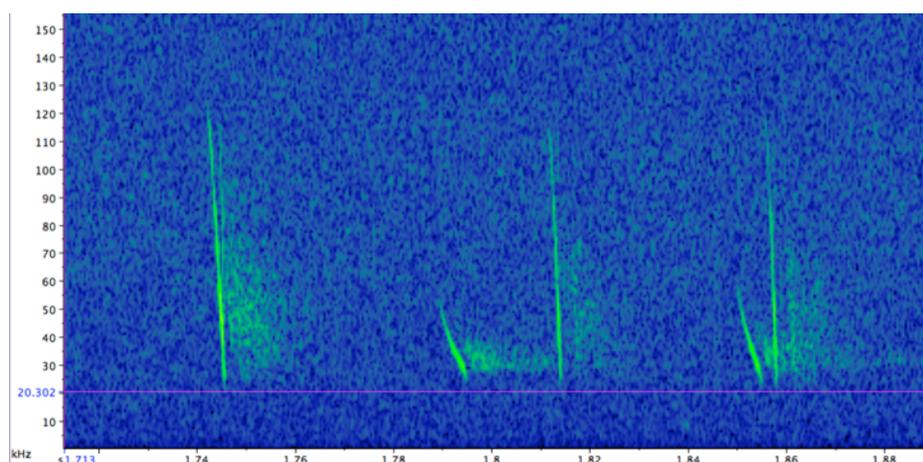


Abb. 8. Spektrogramm mit Rufen einer Fransenfledermaus (steile, frequenzmodulierte Rufe mit drei Wiederholungen) zusammen mit einer Mausohrfledermaus (zwei Rufe Mitte und rechts).

Die Rauhautfledermaus kann nur über Sozialrufe von der Weissrandfledermaus unterschieden werden. Im Untersuchungsgebiet konnte ein solcher Sozialruf und damit ein sicherer Nachweis der Rauhautfledermaus identifiziert werden (Abb. 9). Insgesamt wurden zwei Sequenzen der Rauhautfledermaus aufgezeichnet. Die erste Aufzeichnung gelang am 20.07.2018. Diese migrierende Art ist normalerweise erst ab dem 10. August in der Schweiz zu hören.

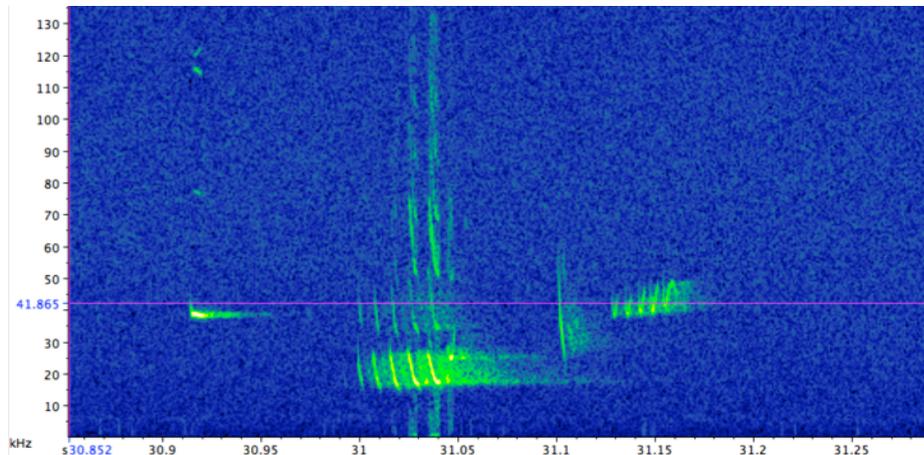


Abb. 9. Spektrogramm eines Sozialrufes einer Rauhautfledermaus. Die Ortungsrufe dieser Fledermausart (links im Bild) können nicht auf Artniveau bestimmt werden.

Es konnten 5 Sequenzen der seltenen und stark gefährdeten Mopsfledermaus zugeordnet werden (Abb. 10). Drei Sequenzen davon wurden jedoch zeitnah am gleichen Standort aufgenommen, die auf dasselbe Individuum zurückgehen könnten. Diese Fledermausart jagt in Waldhabitaten und entlang der Vegetation.

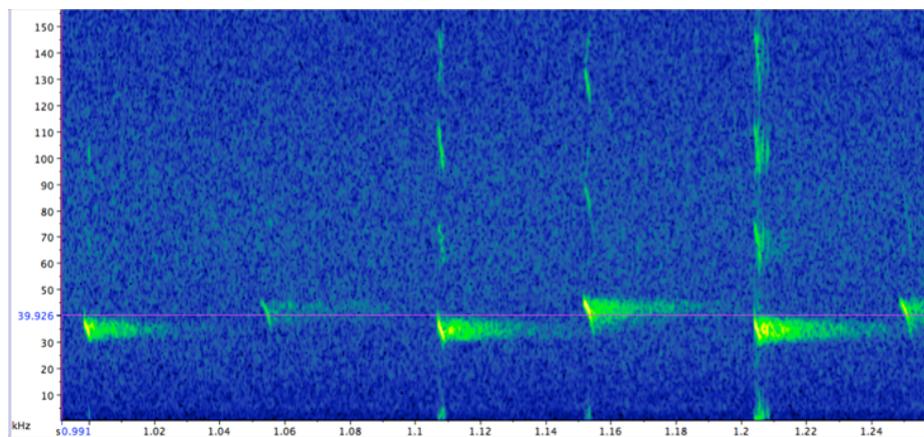


Abb. 10. Spektrogramm mit Rufen einer Mopsfledermaus.

Die Nordfledermaus ist im Kanton Luzern schon bekannt, allerdings selten. Diese Fledermausart kommt vor allem im Norden Europas vor und ist in der Schweiz eher in kühleren, höheren Lagen oder im Jura unterwegs.

Es konnte zudem eine Sequenz der Alpenfledermaus identifiziert werden. Diese Art wurde im Kanton erst einmal bei einem Einzeltierfund eines Weibchens im Voralpengebiet (Gebiet Escholzmatt im Entlebuch) nachgewiesen (gemäss KFB-LU). Diese Fledermausart hat ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet in mediterranen Gebieten und in südlichen Alpentälern. Sie wird aber mehr und mehr auch in nördlichen Gebieten, insbesondere im Zentrum von Städten, ev. als Folge der globalen Erwärmung, nachgewiesen.

Bei den nachgewiesenen Langohrfledermäusen handelt es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit um Braune Langohren. Trotz umfangreicher Abklärungen gibt es keine Hinweise, dass das Graue Langohr und das Alpenlangohr im Kanton Luzern vorkommen.

Tabelle 5. Nachweise Fledermäuse an 61 Aufnahmestandorten und an drei Strukturtypen (Bestockung, Extensiv, Wasser). Anzahl Aufnahmesequenzen von insgesamt 19 Fledermausarten und -gruppen sowie der Gruppe Species (nicht weiter bestimmbare Fledermäuse) pro Strukturtyp. Die Nachweise enthalten mindestens 12 verschiedene Arten (mit x markiert). Arten und -gruppen mit migrierenden Arten sind grau markiert oder, wenn sie migrierende Arten enthalten, grau schraffiert.

# Arten	Fledermausart	Status Rote Liste Migration	Wauwilermoos			Total	%
			Bestockung	Extensiv	Wasser		
			Anzahl Sequenzen				
x	Wasserfledermaus <i>Myotis daubentonii</i>	NT	6	2	10	18	0.0%
x	Fransenfledermaus <i>Myotis nattereri</i>	NT	17	9	7	33	0.1%
x	Gruppe Mausohrfledermäuse <i>Myotis myotis & blythii</i>	VU-CR	5	27	37	69	0.1%
	Gruppe Mkm: Brandtfledermaus, Kleine Bartfledermaus, Bechsteinfledermaus, Wasserfledermaus <i>Myotis mystacinus</i> , <i>Myotis brandtii</i> , <i>Myotis bechsteinii</i> , <i>Myotis daubentonii</i>	LC-VU	319	68	539	926	1.7%
	Gruppe Myotis: alle Mausohr-Arten	LC-EN	4'062	432	8'869	13'363	24.0%
x	Grosser Abendsegler <i>Nyctalus noctula</i>	NT	20	21	30	71	0.1%
x	Nordfledermaus <i>Eptesicus nilssonii</i>	VU			1	1	0.0%
x	Zweifarbentfledermaus <i>Vespertilio murinus</i>	VU	1	1		2	0.0%
	Gruppe NycVes: Kleiner Abendsegler, Grosser Abendsegler, Zweifarbentfledermaus <i>Nyctalus leisleri</i> , <i>Nyctalus noctula</i> , <i>Vespertilio murinus</i>	NT-VU	44	27	17	88	0.2%
	Gruppe Nyctaloid: Grosser & Kleiner Abendsegler, Breitflügel-, Zweifarbent- und Nordfledermaus <i>Nyctalus noctula</i> , <i>Nyctalus leisleri</i> , <i>Eptesicus serotinus</i> , <i>Vespertilio murinus</i> , <i>Eptesicus nilssonii</i>	NT-VU	320	70	93	483	0.9%
x	Zwergfledermaus <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	16'592	3'318	15'785	35'695	64.1%
x	Mückenfledermaus <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	NT	20	8	21	49	0.1%
x	Rauhautfledermaus <i>Pipistrellus nathusii</i>	LC		1	1	2	0.0%
	Gruppe Mücken-, Zwergfledermaus <i>Pipistrellus pygmaeus</i> , <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC-NT	9	3	23	35	0.1%
	Gruppe Zwerg- & Rauhautfledermaus <i>Pipistrellus pipistrellus</i> & <i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	478	97	418	993	1.8%
	Gruppe Rauhaut- & Weissrandfledermaus <i>Pipistrellus nathusii</i> & <i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	641	132	249	1'022	1.8%
x	Alpenfledermaus <i>Hypsugo savii</i>	NT	1			1	0.0%
x	Gruppe Plecotus: alle Langohrfledermaus-Arten <i>Plecotus species: P. auritus</i> , <i>P. austriacus</i> , <i>P. macrobullaris</i>	VU-CR	32	26	11	69	0.1%
x	Mopsfledermaus <i>Barbastella barbastellus</i>	EN	5			5	0.0%
	Species: Fledermaus; Art unbekannt	LC-CR	1'232	383	1'111	2'726	4.9%
12	Total		23'804	4'625	27'222	55'651	100%

3.3 Artnachweise: Verteilung im Aufnahmeperimeter und an den Strukturtypen

An einigen Extensiv-Standorten wurde interessanterweise eine grosse Artenvielfalt mit bis zu 13 unterschiedlichen Arten und -gruppen festgestellt. An Wasserstandorten wurden am meisten Fledermausdurchflüge aufgenommen, aber im Gegensatz zu den Extensiv-Standorten nur maximal 11 unterschiedliche Arten und -gruppen identifiziert (Abb. 11).

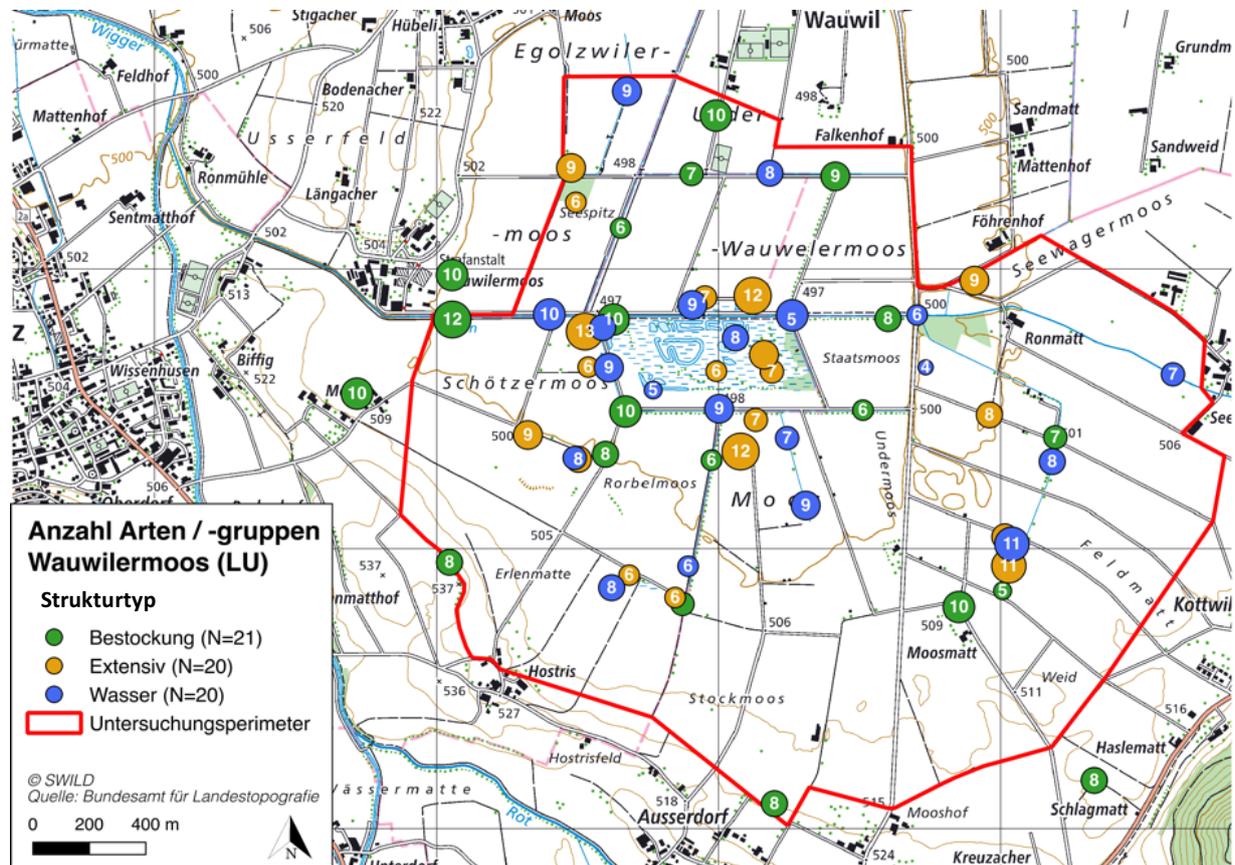


Abb. 11. Anzahl Nachweise von Arten und -gruppen pro Aufnahmestandort. Es wurden maximal 13 unterschiedliche Arten und -gruppen an einem Extensiv-Standort nachgewiesen.

Mausohr-Arten wurden in allen drei Strukturtypen nachgewiesen. Insbesondere an einigen Aufnahmestandorten entlang der Ron war der Anteil der Mausohr-Arten hoch (max. 89 %, Standort W2.7). Der Anteil bezieht sich auf das Gesamttotal aller Nachweise an einem Standort (Abb. 12).

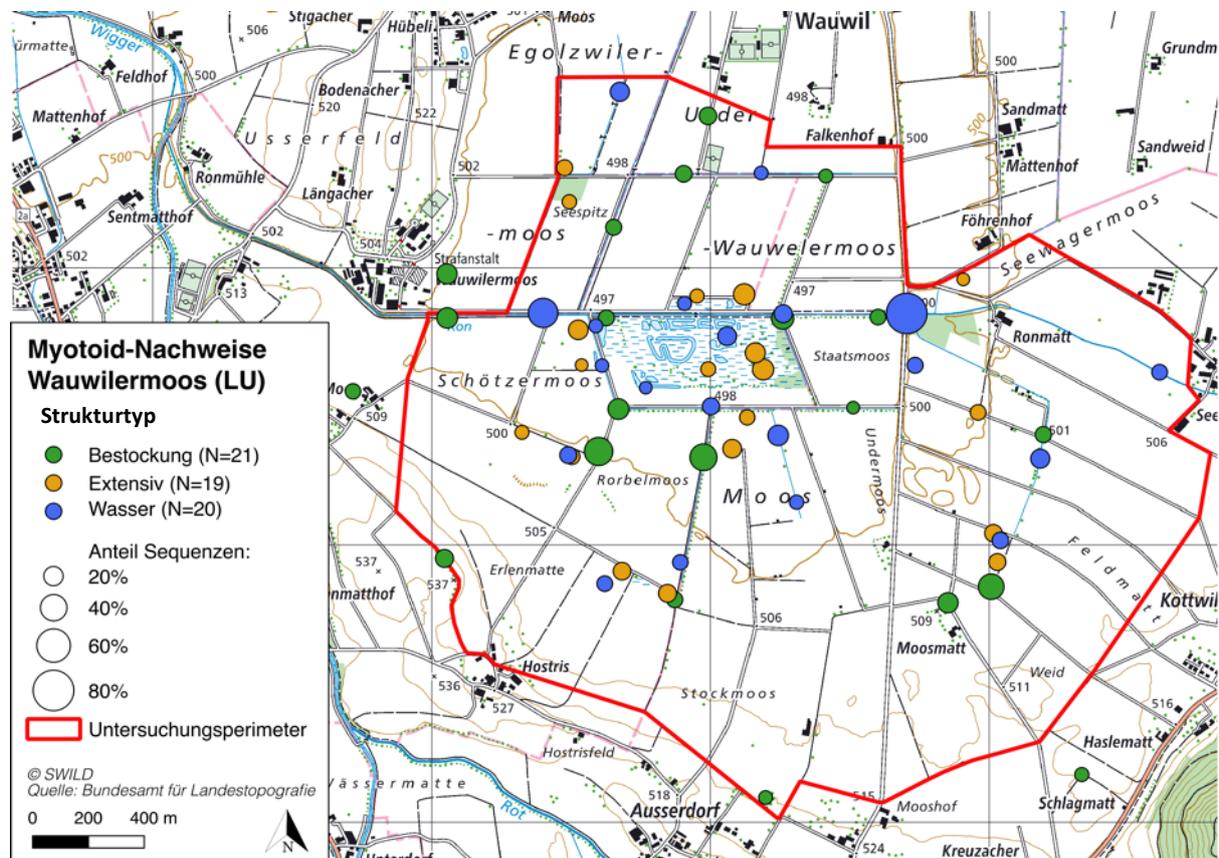


Abb. 12. Anteil Nachweise von Mausohr-Arten (Myotoid) pro Aufnahmestandort. Besonders am Wasser-Standort W2.7 an der Ron war der Anteil sehr hoch.

Erwartungsgemäss wurden insgesamt die meisten Langohren (N=32 von 69 Ruf-Sequenzen) an bestockten Standorten nachgewiesen. Erstaunlicherweise hoch war allerdings der Anteil der Nachweise der Langohrfledermäuse gemessen an der Gesamtaktivität auf extensiven Flächen. Insbesondere an den Extensiv-Standorten E1.10, E1.07 und E2.07 war der Anteil hoch (Abb. 13).

Die Mopsfledermäuse (N=5) wurden ausschliesslich an bestockten Standorten aufgenommen (Abb. A-5).

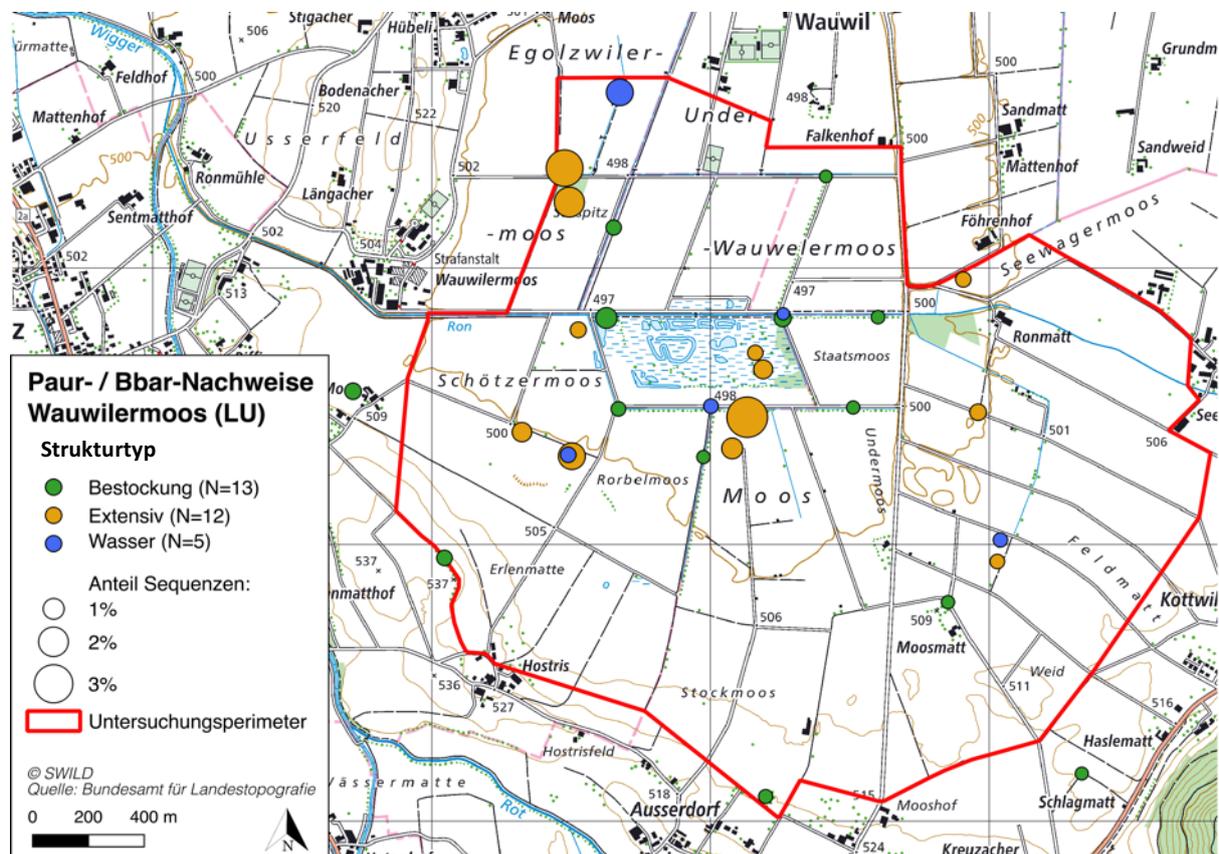


Abb. 13. Anteil Langohr- und Mopsfledermaus-Nachweise pro Aufnahmestandort. Insbesondere an den Extensiv-Standorten E 1.10, E1.07, E2.07 war der Anteil der Nachweise von Langohrfledermäusen gross.

3.4 Fledermausaktivität

Insgesamt wurden an den 61 Standorten in 321 Nächten 86'902 Sequenzen aufgezeichnet. Davon enthielten 55'651 Sequenzen tatsächlich Fledermausrufe. Dies entspricht für alle Standorte einer mittleren Aktivität von 173.4 ± 58 (Mittelwert \pm SE) Sequenzen pro Nacht. Insbesondere einige Standorte an der Ron verzeichneten eine hohe Fledermausaktivität (Abb. A-6).

Am meisten Aktivität wurde mit 266.9 ± 82.6 Sequenzen pro Nacht an Wasserstandorten verzeichnet. Bei dem Strukturtyp Bestockung betrug die Aktivität 212.5 ± 37.6 Sequenzen und bei Extensiv-Standorten 43.2 ± 8.44 Sequenzen (Abb. 14).

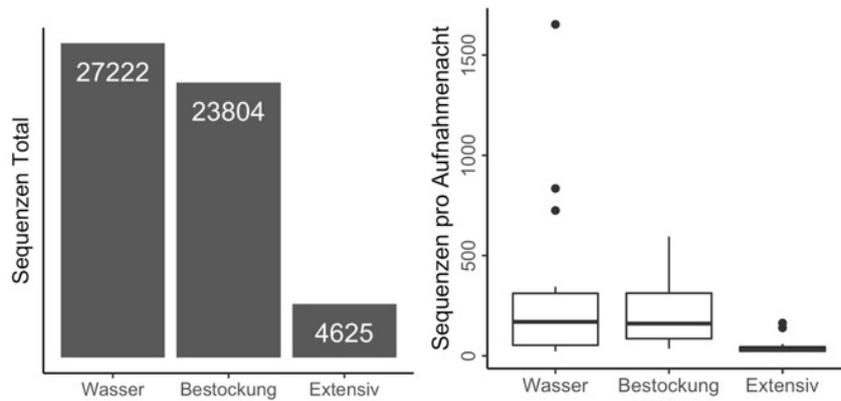


Abb. 14. Anzahl Aufnahmen pro Strukturtyp. links: Anzahl Fledermaussequenzen pro Strukturtyp, rechts: Boxplot mittlere Aktivität pro Aufnahmenacht mit Median (schwarze, horizontale Linie), untere und obere Quartile (Box) und Outlier (Punkte).

4 Bewertung

4.1 Artenvielfalt

Im Gebiet wurde mit mindestens 12 unterschiedlichen Fledermausarten eine hohe Fledermausvielfalt festgestellt. In einem grossen Mooregebiet im Kanton Zürich wurden bei einer ähnlichen Studie mindestens 9 Arten bioakustisch festgestellt (SWILD, unpublizierte Daten). Im Zigermoos, einem Waldnaturschutzgebiet mit hohem Mooranteil im Kanton Zug, wurden lediglich mindestens 4 Arten bioakustisch nachgewiesen (Deplazes et al. 2016). Fledermausmeldungen aus den umliegenden Gemeinden und die Datenbankabfrage beim CSCF umfassten mindestens 9 verschiedene Arten in der benachbarten Umgebung. Aufgrund der bioakustischen Feldaufnahmen konnten vier Arten in der Ebene des Wauwilermoos neu beschrieben werden: Die Mückenfledermaus, die Mopsfledermaus (Abb. 15), die Nordfledermaus und die Alpenfledermaus. Letztere wurde erst einmal im Kanton Luzern im Voralpengbiet (Entlebuch) nachgewiesen. Eine bereits bekannte Art in den umliegenden Gemeinden, die Kleine Bartfledermaus, konnte bioakustisch nicht auf Artniveau nachgewiesen werden.

Einige seltene und gefährdete Arten konnten im Gebiet festgestellt werden. Der Anteil an Mausohr-Arten war mit 26 % im Durchschnitt und mit einem max. Anteil an einem Standort von 89 % im Vergleich mit ähnlichen Studien aussergewöhnlich hoch (z.B.: Anteil Mausohr-Arten in einem grossen Mooregebiet im Kanton Zürich: 19 %). Dies lässt darauf schliessen, dass das Wauwilermoos ein wichtiger Lebensraum insbesondere auch für seltene Fledermausarten ist.

Gemessen an der tiefen Gesamtaktivität an einigen extensiven Standorten war der Anteil an Langohr-Sequenzen überraschend hoch (Abb. 13). Insgesamt wurden 26 Langohr-Durchflüge an extensiven Standorten aufgenommen. Da Langohren nur sehr leise rufen und akustisch nur schwer nachzuweisen sind, ist das dennoch ein bemerkenswertes Vorkommen im Offenland. Es ist aber vorstellbar, dass das Braune Langohr offene, extensive Flächen zur Insektenjagd aufsucht. Diese Fledermausart zeigt ein spezialisiertes Jagd-Verhalten, bei dem sie Insekten von Blatt- oder Blütenoberflächen abliest. Dieses Verhalten zeigen sie auch auf offenen Wiesen. Die Langohrfledermäuse fressen zudem gerne Nachtfalter (Abb. 15), welche bei extensiven Wiesen-Blüten häufiger und permanenter vorkommen. Der Anteil an Zwergfledermäusen war durchgehend auch auf extensiven Flächen hoch (72 %, Abb. A-7).



Abb. 15. Nachweise seltener Arten im Wauwilermoos. *links:* die Braune Langohrfledermaus, ein typischer Jäger von Nachtfaltern. *rechts:* die im Mittelland sehr seltene Mopsfledermaus (Fotos: D. Nill, swild.ch).

4.2 Aktivität

Die durchschnittliche Aktivität war im Vergleich zu Studien in ähnlichen Habitaten mittel bis hoch. Insbesondere an Standorten der Strukturtypen Wasser und Bestockung. Die Verteilung der Aktivität über die Nachtstunden ergab für alle Strukturtypen ein Aktivitätspeak in den Abendstunden nach der Dämmerung. Über die gesamte Aufnahmeperiode war die Aktivität gleichmässig verteilt (Abb. A-8).

An bestockten Standorten ist häufig eine solche Verteilung zu beobachten, wenn es sich dabei um Leitstrukturen handelt, welche als Flugkorridore genutzt werden. Diese Leitstrukturen werden genutzt, um von den Quartieren in das Jagdgebiet zu gelangen und in der Morgendämmerung wieder umgekehrt ins Quartier zurückzufliegen. Der Rückflug ist aber häufig, insbesondere bei Mausohr-Arten, weniger gerichtet als beim Ausflug aus dem Quartier. Dieses Muster bestätigt sich teilweise (Abb. 16). Da die Aufnahmen in der Wochenstubenzeit stattfanden, kann eine gewisse Unschärfe durch Rückflüge der laktierenden Weibchen ins Quartier im Verlaufe der Nacht erklärt werden.

Offene Wasserflächen sind durch ihr hohes Insektenangebot beliebte Jagdgebiete. Unsere Wasserstandorte beinhalten neben offenen Wasserflächen auch Bachläufe. Diese dienen häufig auch als Leitstrukturen, insbesondere wenn die Ufer bestockt sind. Dies könnte den Aktivitätshöhepunkt in den Abendstunden teilweise erklären. Der Aktivitätshöhepunkt in den Abendstunden könnte durch eine erhöhte Insektenaktivität in den Abendstunden aufgrund der Wärme bedingt sein. Ein Aktivitätspeak in den Abendstunden ist auch dann zu erwarten, wenn die Quartiere weiter vom Moor entfernt liegen und die Fledermäuse am Morgen vor allem in der Nähe ihrer Quartiere nach Nahrung suchen.

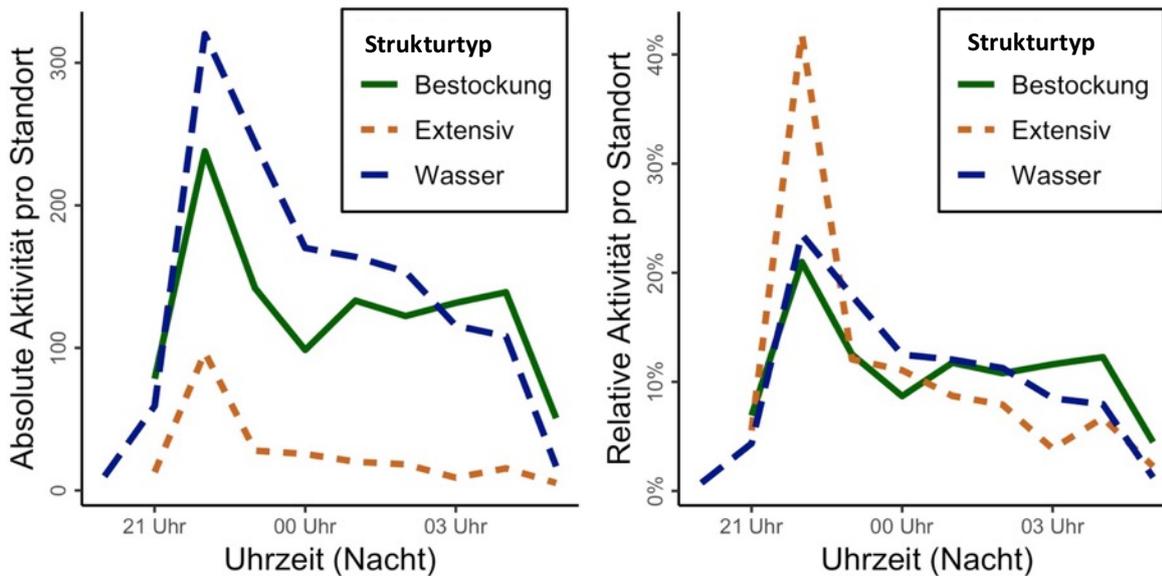


Abb. 16. Aktivitätsverlauf in den Nachtstunden. *links:* Absolute Aktivität pro Strukturtyp. *rechts:* Relative Aktivität pro Strukturtyp. Bei allen Strukturtypen zeichnet sich ein ausgeprägter Aktivitätshöhepunkt in den Abendstunden ab.

4.3 Potentieller Flugkorridor entlang der Ron

Verschiedene Fledermausarten besetzen unterschiedliche Lufträume und haben unterschiedliche Jagd- und Orientierungsstrategien. Arten, wie zum Beispiel Langohr- oder Mausohr-Fledermäuse, fliegen sehr stark strukturgebunden. Andere Arten, wie zum Beispiel Zwerg- oder Mückenfledermäuse fliegen weniger nah an der Vegetationsstruktur und jagen gerne über offenen Wasserflächen. Insbesondere migrierende Arten, wie zum Beispiel die Abendsegler, nutzen den freien Luftraum während der Jagd und auch um grössere Distanzen während der Migration zurückzulegen (Abb. 17). Diese unterschiedlichen Strategien spiegeln sich teilweise in der Verteilung der Anzahl Nachweise der Arten und -gruppen auf die Strukturtypen (Abb. A-9).

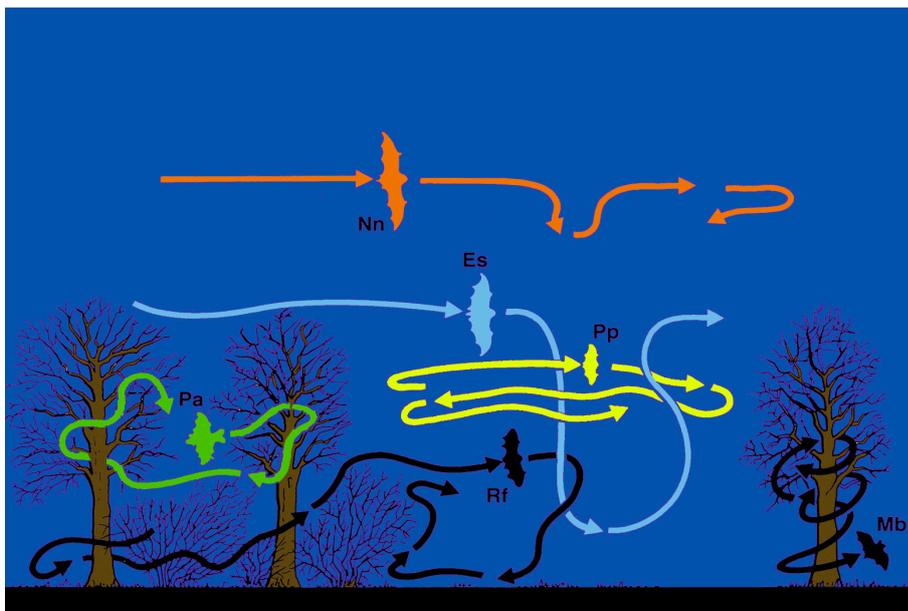


Abb. 17. Flugverhalten von verschiedenen Fledermausarten. Grosser Abendsegler (Nn), Breitflügel-Fledermaus (Es), Zwergfledermaus (Pp), Braunes Langohr (Pa), Grosse Bartfledermaus (Mb), Grosse Hufeisennase (Rf), (Quelle: KOF).

An der Ron wurde an sechs Standorten (W2.07, W1.06, W2.03, W1.08, B1.05, B2.03) während insgesamt 31 Nächten Fledermausrufe aufgenommen. Einige Standorte entlang der Ron weisen einen hohen Anteil an Mausohr-Arten auf. Der Anteil der Artengruppe Myotoid im Verhältnis zu den Pipistrelloiden ist entlang der Ron rund 5.2 Mal grösser als im übrigen Gebiet (Abb. 18). Dies zeigt die grosse Bedeutung der Ron als Flugkorridor und Jagdgebiet für die kleinen Mausohr-Arten.

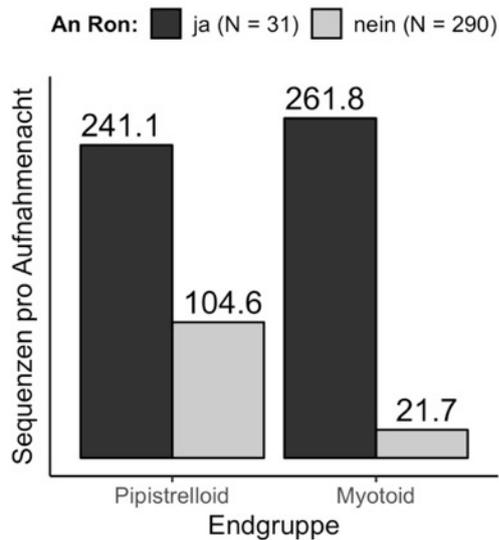


Abb. 18. Vergleich der Anzahl Sequenzen pro Aufnahmenacht. Es sind die Artengruppe Pipistrelloid und Myotoid an Aufnahmestandorten an der Ron im Vergleich zu den übrigen Standorten dargestellt (N = Anzahl Aufnahmenächte; berücksichtige Standorte entlang der Ron: W2.07, W1.06, W2.03, W1.08, B1.05, B2.03).

Der zusätzliche Aufnahmestandort (B1.11) lieferte keine Hinweise zu einem Vernetzungskorridor zum nahe gelegenen Waldgebiet. Der Anteil der Mausohr-Arten war mit 5 % relativ klein. Die beiden nächstliegenden Standorte Bestockung B2.10 und B1.10 hatten Anteile von Mausohr-Arten von 23 % respektive 38 %. Allerdings wurden am Standort B1.11 zwei Sequenzen von Langohr-Fledermäusen aufgenommen, welche aus dem naheliegenden Quartier bei Haslematt stammen könnten.

4.4 Bewertung Aufnahmedesign und Eignung für andere Gebiete

Es gibt bisher nur wenige Untersuchungen zur Fledermausfauna in Moorgebieten. Deshalb wurde für diese Studie ein umfangreiches Studiendesign mit vielen Aufnahmestandorten gewählt, um möglichst die gesamte Artenvielfalt im Gebiet zu erfassen.

Die kumulierten Artnachweise zeigen, dass im Gebiet Wauwilermoos nach 37 Aufnahmenächten mit 3 bis 10 Aufnahmestandorten pro Nacht (total 314 Aufnahmeeinheiten, 1 Einheit = 1 Detektor während einer Nacht) alle 19 nachgewiesenen Arten und -gruppen mindestens einmal registriert werden konnten (Abb. 19). In der ersten Aufnahmenacht mit 9 Aufnahmestandorten (9 Aufnahmeeinheiten) konnten bereits 8 Arten und -gruppen registriert werden. Nach 13 Nächten mit 8 bis 10 Aufnahmestandorten pro Nacht (total 104 Aufnahmeeinheiten) wurden 16 Arten und -gruppen aufgezeichnet. Der Beprobungsaufwand um die weiteren drei Arten zu registrieren, war relativ gross. Dabei handelt es sich um die Rauhautfledermaus (Pnat), welche bioakustisch nur durch ihre Sozialrufe definiert werden kann. Des Weiteren wurden zwei Arten festgestellt, die Nordfledermaus (Enil) und die Alpenfledermaus (Hsav), welche aufgrund ihrer bekannten geografischen Verbreitung vermutlich nur selten in dieser Region auftauchen. Biologisch sind Informationen zur Verbreitung von seltenen Arten jedoch sehr wertvoll. Ausserordentlich war im Aufnahmesommer, dass die Wetterbedingungen durch die lange Trockenheit praktisch während der gesamten Aufnahmeperiode aussergewöhnlich gut waren. Ein Beprobungsaufwand an 60 Standorten mit insgesamt mehr als 300 Aufnahmeeinheiten erscheint somit in einem grossen und wertvollen Schutzgebiet dann sinnvoll, wenn auch alle seltenen Arten erfasst werden sollen. In kleinen Gebieten oder wenn primär die häufigeren Arten erfasst werden sollen, ist auch mit einem geringeren Aufwandaufwand ein gutes Resultat zu erzielen. Für Vergleiche zwischen den Gebieten ist es jedoch wichtig, dass ein standardisierter Mindestaufwand betrieben wird.

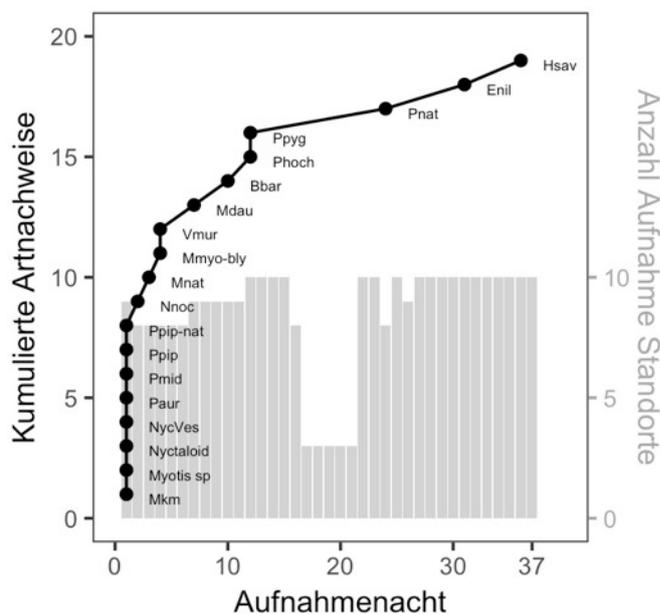


Abb. 19. Kumulierte Artnachweise pro Aufnahmenacht und Anzahl Standorte. Nach 37 Aufnahmenächten mit jeweils bis zu 10 parallellaufenden Detektoren (Skala rechts), total 314 Aufnahmeeinheiten (1 Einheit = 1 Detektor während einer Nacht) konnten alle Arten und -gruppen mindestens einmal nachgewiesen werden.

5 Ausblick

5.1 Management für Zielarten

Die umfangreichen Fledermausaufnahmen zeigen den Ist-Zustand der Fledermausfauna im Wauwilermoos. Im Vergleich zu späteren Aufnahmen können sie als Referenz für ein Monitoring dienen. Nachweise von gefährdeten Fledermausarten ermöglichen die Festlegung von Zielarten, für welche gezielte Managementmassnahmen abgestimmt werden müssen. Wünschenswert wäre dabei, das landwirtschaftlich genutzte Land ausserhalb der Kernzone in die Überlegungen einzubeziehen. Dies könnte insbesondere zur Verbesserung der Vernetzung des Moorgebietes mit den Fledermausquartieren von Bedeutung sein.

5.2 Modellierung von Flugkorridoren

In einem Projekt in Zusammenarbeit mit der WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft) wurde eine Visualisierung von Flugkorridoren in der Landschaft mit Least-Cost-Modellierungen möglich gemacht. Diese Modellierung kann nun auf Gebiete wie das Wauwilermoos angewendet werden. Insbesondere die Fledermaus-Aktivitäten entlang der Ron weisen auf einen rege genutzten Fledermauskorridor hin. Zusammen mit den bioakustischen Aufnahmen könnte die Visualisierung der strukturellen Konnektivität zur gezielten Verbesserung von Leitstrukturen im Gebiet dienen.

5.3 Übertragung Aufnahmedesign in andere Gebiete

Die bioakustischen Aufnahmen in der Wauwilerebene haben viele wertvolle, neue Erkenntnisse zur Anwendung bioakustischer Fledermausaufnahmen in Moorgebieten gebracht. Durch die umfangreichen Aufnahmen konnte eine Schätzung des minimalen Aufwandes zum Nachweis des vollständigen Artspektrums in vergleichbaren Moorgebieten erstellt werden. Es wäre wünschenswert, wenn in Zukunft vergleichbare Aufnahmen in andern Moorgebieten durchgeführt werden könnten. Dies würde eine breitere Interpretation der Nutzung von Moorgebieten durch Fledermausarten ermöglichen. Das erprobte Vorgehen kann nun genutzt werden, um in weiteren Moorgebieten die Artenvielfalt dieser speziellen Lebensräume zu erfassen und damit zur langfristigen Erhaltung ihrer Qualität beizutragen.

5.4 Kommunikation der Resultate

Es wäre wünschenswert, wenn ausgewählte Resultate der Untersuchung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit zur Erhaltung des Naturschutzreservates einem breiten Publikum kommuniziert werden können. Neben den Erkenntnissen zum Vorkommen der Arten bestehen nun auch Hinweise auf stark frequentierte Standorte, die sich allenfalls auch für Exkursionen eignen. Dies sollte zur Sensibilisierung der Bevölkerung genutzt werden.

6 Quellenverzeichnis

- Bader E, Bontadina F, Frey-Ehrenbold A, Schönbächler C, Zingg PE, Obrist MK. 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.
- BAFU. 2012: Konzept Artenförderung Schweiz (Mit Aktionsplänen für National Prioritäre Arten (Entwurfsform von November 2012, 36 S.)). Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern (www.bafu.admin.ch/artenfoerderung): 64 S.
- Boesch R, Obrist MK. 2013. BatScope - Implementation of a BioAcoustic Taxon Identification Tool. Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf, Switzerland.
- Bohnenstengel T, Krättli H, Obrist MK, 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.
- Deplazes L, Frey-Ehrenbold A, Ziegler M, Bontadina F. 2016. Grosser Fledermausvielfalt in den Waldnaturschutzgebieten des Kanton Zug. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 167 (5). S. 278-285.
- Graf R. 2012. Naturschutzreservat Wauwiler Moos - Überarbeitete Pflege- und Gestaltungskonzept 2012. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Krättli H, Moeschler P, Stutz H-P B, Obrist MK, Bontadina F, Bohnenstengel T, Jaberg C. 2012. Konzept Artenförderung Fledermäuse 2013-2020. Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz. 91 S.

7 Glossar

Aktivität	(auch Fledermausaktivität): Anzahl aufgezeichneter Sequenzen mit Fledermausrufen pro Nacht
CSCF	Centre Suisse de Cartographie de la Faune, SZKF Schweizerisches Zentrum für die Kartografie der Fauna
Feeding-Buzzes	Typisches Rufmuster, welches bei jagenden Fledermäusen beobachtet wird
KFB	Kantonaler Fledermausschutzbeauftragter
KOF	Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz
Komplex	(auch Artkomplex): Gruppe von Fledermausarten, die aufgrund von ihren akustischen Signalen nicht immer voneinander unterschieden werden können
lawa	Dienststelle für Landwirtschaft und Wald des Kantons Luzern
Ruf	Einzelner Ruf einer Fledermaus im Ultraschallbereich, eine Serie von Rufen wird als Sequenz aufgezeichnet
SBBG	Swiss Bat Bioacoustics Group
Sequenz	(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
WZV-Gebiet	Wasser- und Zugvogelreservat

8 Anhang

I. Aufnahmestandorte

Tabelle A-1. Aufnahmestandorte an den drei Strukturtypen. Bestockung (N=21), Extensiv (N=20), Wasser (N=20). # = Anzahl, Seq = Sequenzen, FM-Seq = Fledermaus-Sequenzen.

Struktur- typ	Standort	Gerät	Woche	Start	Ende	# Nächte	# FM- Seq	# "no calls"	# Seq	FM-Seq / Seq	X (CH1903/LV03)	Y
Bestockung	B1.01	BL1289	1	14.06.18	20.06.18	6	678	161	517	76.3%	643046	223951
	B1.02	BL1056	2	21.06.18	26.06.18	5	1'806	146	1'660	91.9%	643599	224337
	B1.03	BL1076	3	11.07.18	16.07.18	5	373	23	350	93.8%	643872	223802
	B1.04	BL1060	1	14.06.18	20.06.18	6	1'889	47	1'842	97.5%	644198	223088
	B1.05	BL1063	2	21.06.18	26.06.18	5	840	227	613	73.0%	644601	224822
	B1.06	BL1048	3	11.07.18	16.07.18	5	282	2	280	99.3%	643653	225146
	B1.07	BL1249	1	14.06.18	20.06.18	6	993	27	966	97.3%	643991	225548
	B1.08	BL1249	2	21.06.18	26.06.18	5	2'314	338	1976	85.4%	644414	225331
	B1.09	BL1290	3	11.07.18	16.07.18	5	1'575	11	1564	99.3%	644512	224495
	B1.10	BL1290	1	14.06.18	20.06.18	6	3'760	189	3'571	95.0%	645007	223849
	B1.11	BL1056	2.5	27.06.18	02.07.18	5	3'156	1'066	2'090	66.2%	645332	223171
	B2.01	BL1076	4	18.07.18	23.07.18	5	1'001	1	1000	99.9%	642718	224554
	B2.02	BL1048	5	25.07.18	30.07.18	5	1'379	0	1379	100.0%	643627	224819
	B2.03	BL1056	6	31.07.18	06.08.18	6	1'945	0	1945	100.0%	643056	224819
	B2.04	BL1031	4	18.07.18	23.07.18	5	784	0	784	100.0%	643975	224316
	B2.05	BL1289	5	25.07.18	30.07.18	5	177	0	177	100.0%	644259	224818
	B2.06	BL1290	6	31.07.18	06.08.18	6	9'566	8'853	713	7.5%	643670	224490
	B2.07	BL1289	4	18.07.18	23.07.18	5	233	6	227	97.4%	643904	225339
	B2.08	BL1060	5	25.07.18	30.07.18	5	425	1	424	99.8%	643055	224978
	B2.09	BL1289	6	31.07.18	06.08.18	6	883	0	883	100.0%	645194	224398
	B2.10	BL1060	4	18.07.18	23.07.18	5	844	1	843	99.9%	644852	223791
Extensiv	E1.01	BL1037	1	14.06.18	20.06.18	6	1'537	1'298	239	15.5%	643324	224406
	E1.02	BL1060	2	21.06.18	26.06.18	5	1'609	1'518	91	5.7%	643683	223905
	E1.03	BL1249	3	11.07.18	16.07.18	5	202	2	200	99.0%	643538	224649
	E1.04	BL1048	1	14.06.18	20.06.18	6	0	0	0	-	643995	224628
	E1.05	BL1290	2.5	27.06.18	02.07.18	5	120	0	120	100.0%	643992	224634
	E1.06	BL1289	3	11.07.18	16.07.18	5	117	3	114	97.4%	643952	224898
	E1.07	BL1076	1	14.06.18	20.06.18	6	1'206	1'028	178	14.8%	643477	225361
	E1.08	BL1076	2	21.06.18	26.06.18	5	888	68	820	92.3%	644907	224958
	E1.09	BL1037	3	11.07.18	16.07.18	5	698	1	697	99.9%	645015	224042
	E1.10	BL1060	3	11.07.18	16.07.18	5	92	0	92	100.0%	644132	224460
	E2.01	BL1249	4	18.07.18	23.07.18	5	240	2	238	99.2%	643503	224319
	E2.02	BL1031	5	25.07.18	30.07.18	5	101	1	100	99.0%	643846	223825
	E2.03	BL1048	6	31.07.18	06.08.18	6	231	0	231	100.0%	643526	224776
	E2.04	BL1037	4	18.07.18	23.07.18	5	129	1	128	99.2%	644189	224633
	E2.05	BL1290	5	25.07.18	30.07.18	5	274	0	274	100.0%	644161	224693
	E2.06	BL1076	6	31.07.18	06.08.18	6	251	0	251	100.0%	644121	224904
	E2.07	BL1063	4	18.07.18	23.07.18	5	99	1	98	99.0%	643494	225238
	E2.08	BL1063	5	25.07.18	30.07.18	5	198	0	198	100.0%	644960	224478
	E2.09	BL1031	6	31.07.18	06.08.18	6	357	0	357	100.0%	645029	223938
	E2.10	BL1060	6	31.07.18	06.08.18	6	199	0	199	100.0%	644078	224347

Struktur- typ	Standort	Gerät	Woche	Start	Ende	# Nächte	# FM- Seq	# "no calls"	# Seq	FM-Seq / Seq	X (CH1903/LV03)	Y
Wasser	W1.01	BL1063	1	14.06.18	20.06.18	6	232	87	145	62.5%	643621	223860
	W1.02	BL1290	2	21.06.18	26.06.18	5	2'306	762	1544	67.0%	643892	223937
	W1.03	BL1063	3	11.07.18	16.07.18	5	975	5	970	99.5%	643611	224647
	W1.04	BL1056	1	14.06.18	20.06.18	6	643	396	247	38.4%	643589	224790
	W1.05	BL1037	2	21.06.18	26.06.18	5	1'746	22	1724	98.7%	644060	224753
	W1.06	BL1031	3	11.07.18	16.07.18	5	4'184	11	4173	99.7%	644261	224834
	W1.07	BL1249	2.5	27.06.18	02.07.18	5	407	6	401	98.5%	644182	225342
	W1.08	BL1048	2	21.06.18	26.06.18	5	1'053	70	983	93.4%	645611	224623
	W1.09	BL1056	3	11.07.18	16.07.18	5	112	0	112	100.0%	644734	224648
	W1.10	BL1289	2	21.06.18	26.06.18	5	4'042	417	3625	89.7%	644243	224395
	W2.01	BL1048	4	18.07.18	23.07.18	5	264	1	263	99.6%	643490	224324
	W2.02	BL1076	5	25.07.18	30.07.18	5	719	13	706	98.2%	644002	224500
	W2.03	BL1037	6	31.07.18	06.08.18	6	1'928	1	1927	99.9%	643400	224837
	W2.04	BL1056	4	18.07.18	21.07.18	3	4'984	4'295	689	13.8%	643768	224567
	W2.05	BL1249	5	25.07.18	30.07.18	5	726	0	726	100.0%	643907	224871
	W2.06	BL1249	6	31.07.18	06.08.18	6	179	0	179	100.0%	643675	225635
	W2.07	BL1290	4	18.07.18	22.07.18	4	6'813	201	6612	97.0%	644704	224835
	W2.08	BL1056	5	25.07.18	30.07.18	5	265	1	264	99.6%	645183	224311
	W2.09	BL1063	6	31.07.18	06.08.18	6	1'592	1	1591	99.9%	645040	224016
	W2.10	BL1037	5	25.07.18	30.07.18	5	342	1	341	99.7%	644309	224154
W1.01	BL1063	1	14.06.18	20.06.18	6	232	87	145	62.5%	643621	223860	
Total Bestockung			21	14.06.18	06.08.18	112	34'903	11'099	23'804	68.2%		
Total Extensiv			20	14.06.18	06.08.18	107	8'548	3'923	4'625	54.1%		
Total Wasser			20	14.06.18	06.08.18	102	43'451	6'290	27'222	62.6%		
Total			61	14.06.18	06.08.18	321	86'902	21'312	55'651	64.0%		

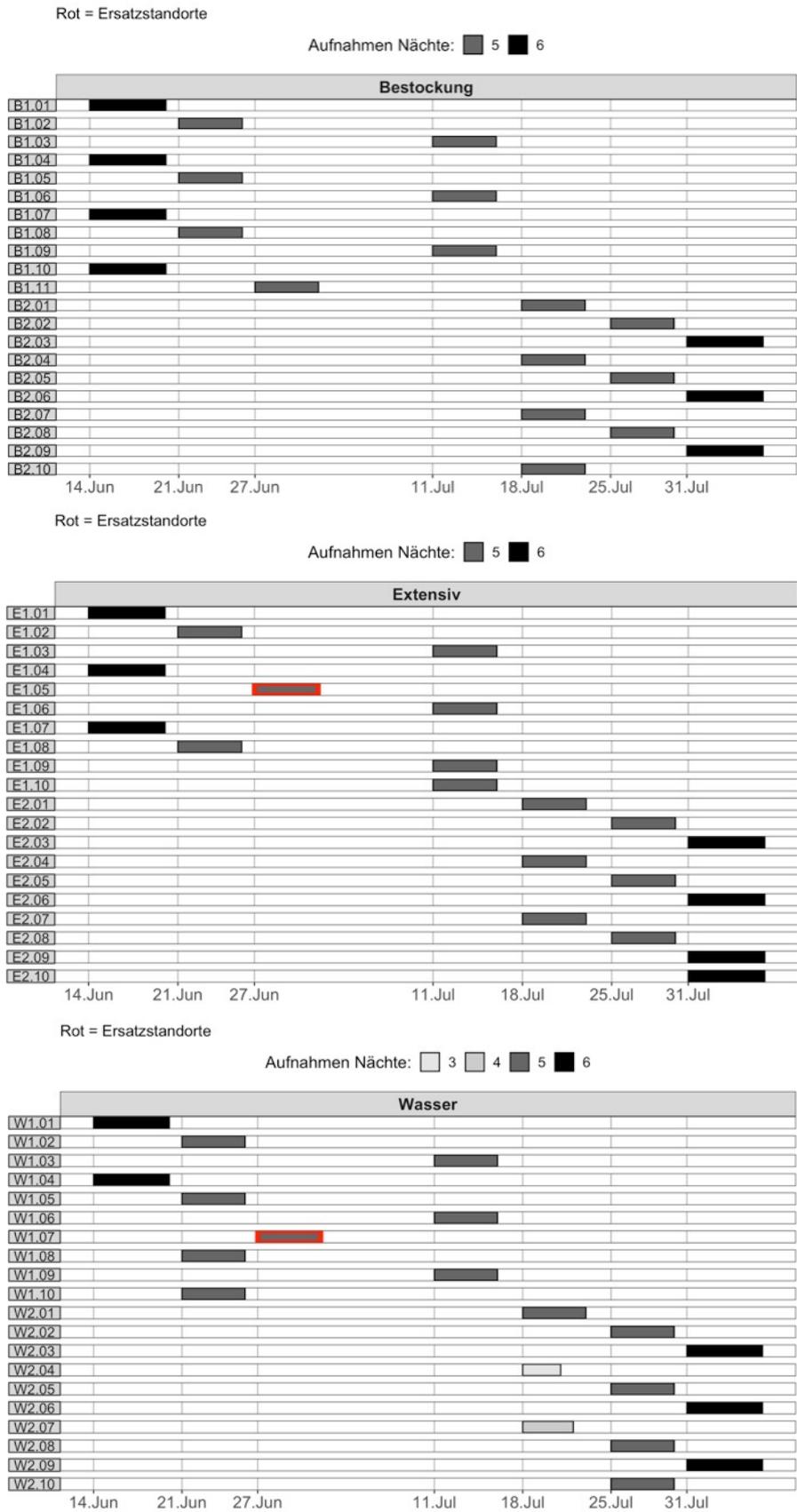


Abb. A-1. Verteilung Aufnahmestandorte während der Aufnahmeperiode für die drei Strukturtypen.



Abb. A-2. Auswahl von Aufnahmestandorten für Strukturtyp: Bestockung



Abb. A-3. Auswahl von Aufnahmestandorten für Strukturtyp: Extensiv



Abb. A-4. Auswahl von Aufnahmestandorten für Strukturtyp: Wasser

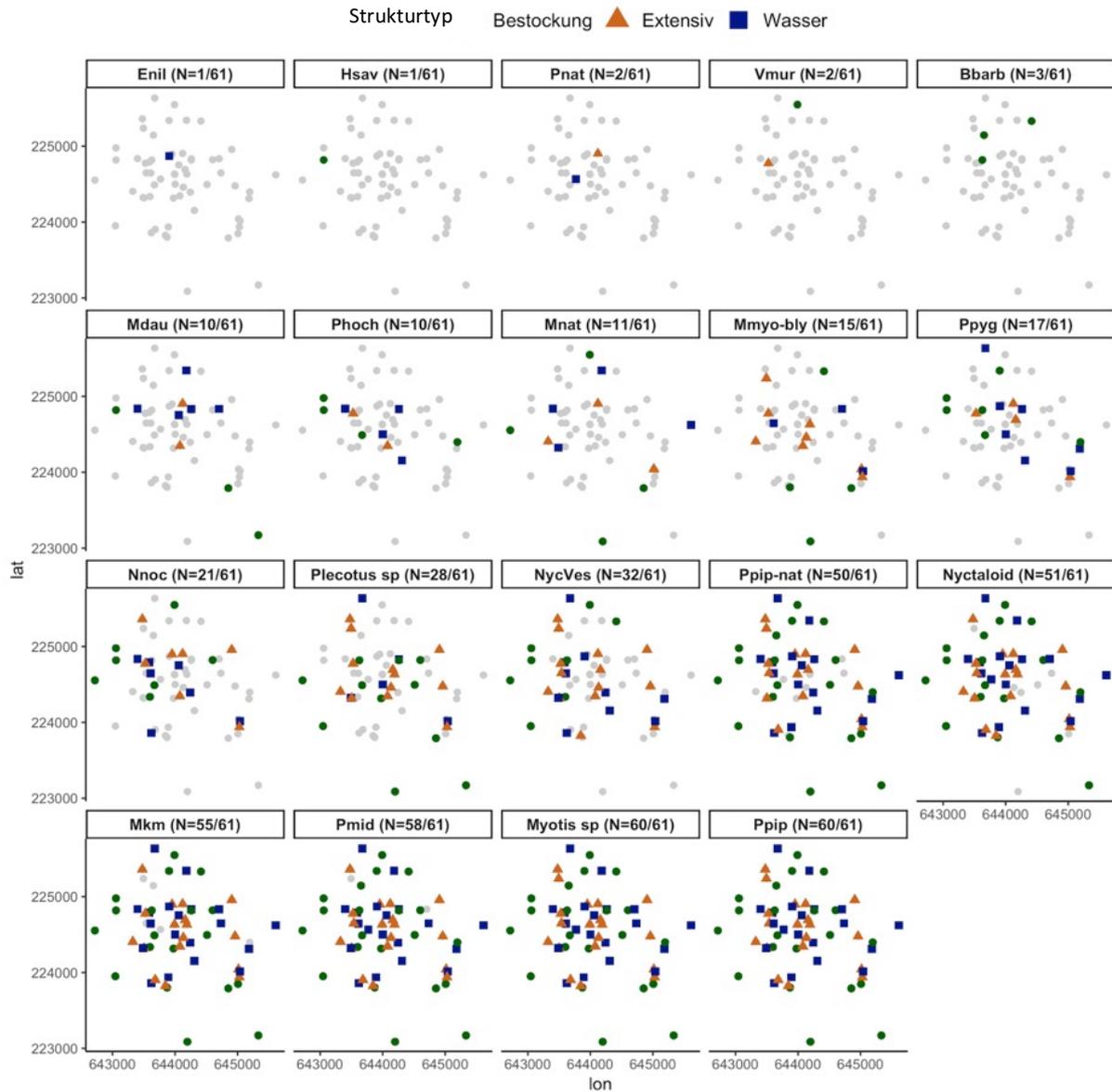


Abb. A-5. Räumliche Lage der Artnachweise an den Aufnahmestandorten im Untersuchungsgebiet.

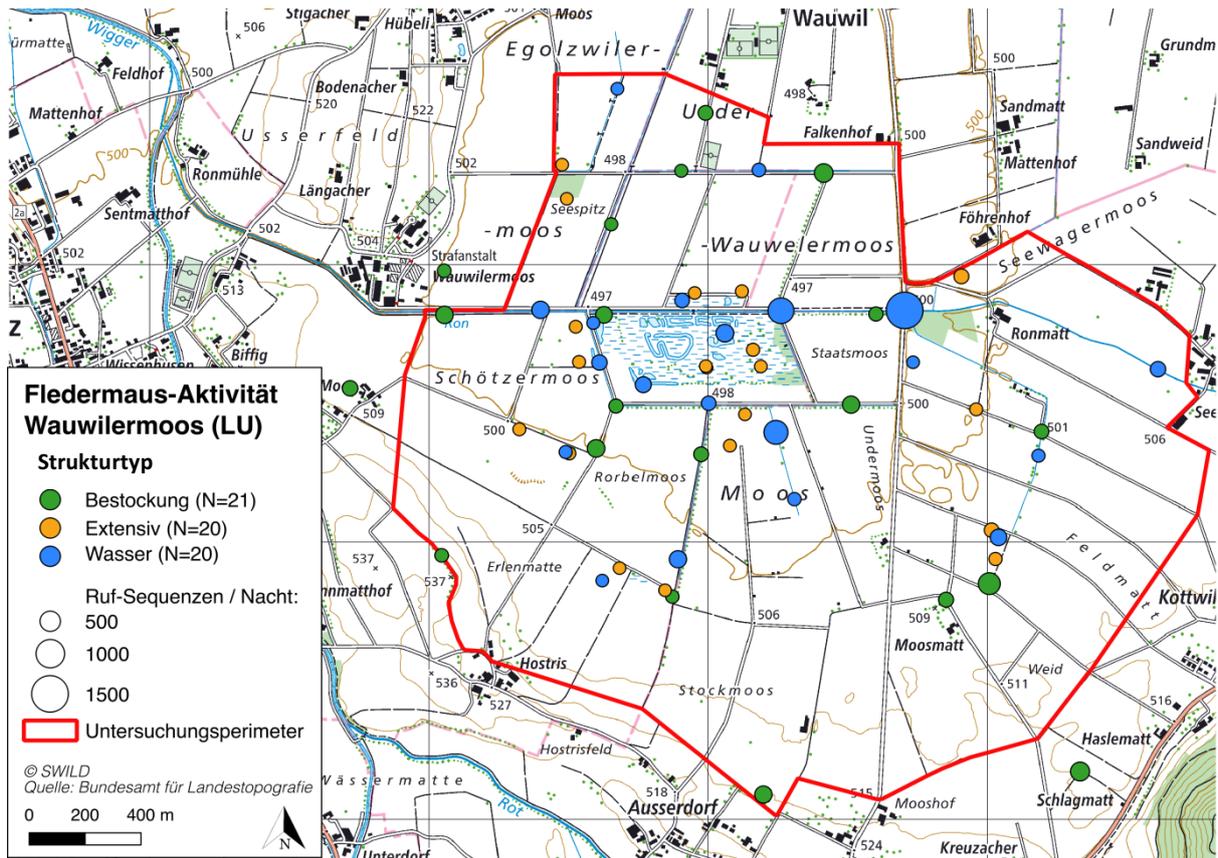


Abb. A-6. Fledermausaktivität im Untersuchungserimeter (Anzahl Sequenzen / Nacht und Standort).

II. Artenvielfalt und Aktivität pro Strukturtyp

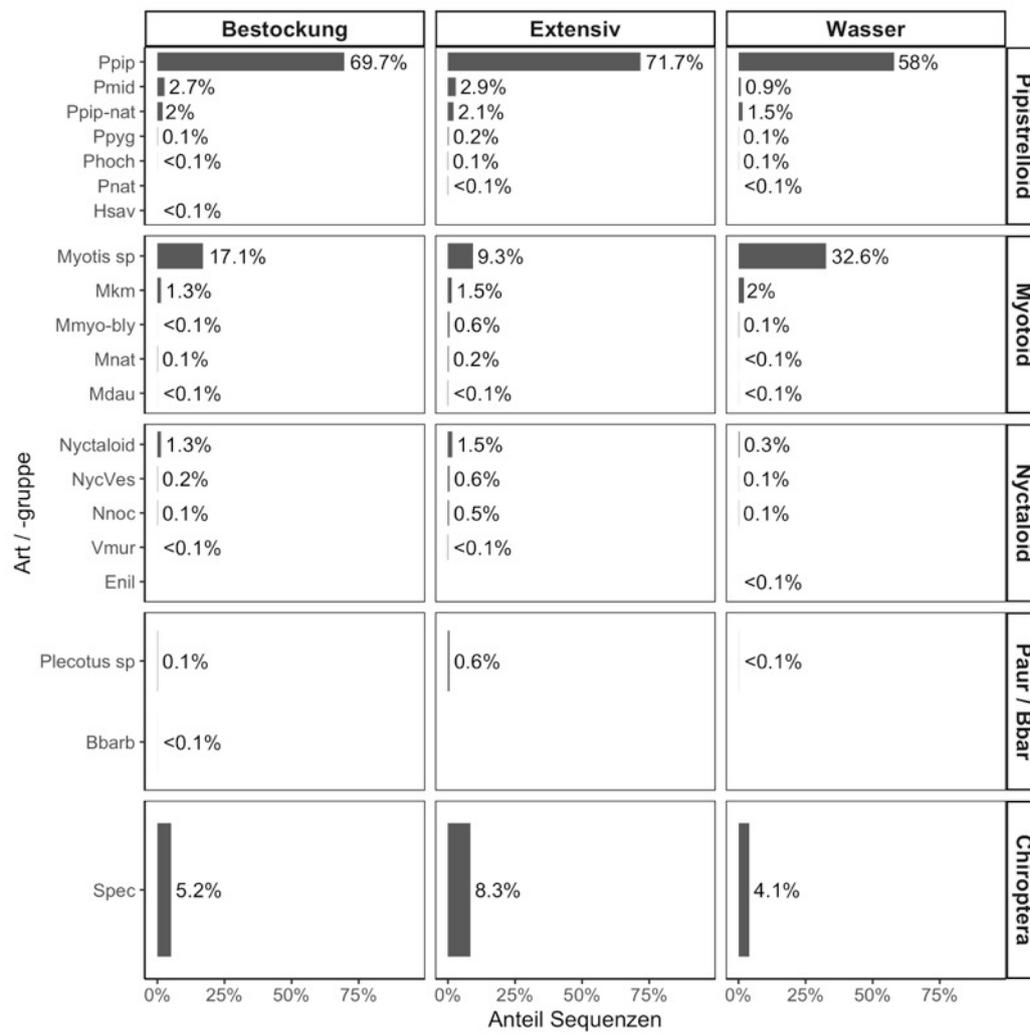


Abb. A-7. Relativer Anteil Sequenzen der Arten und -gruppen pro Strukturtyp (alle Sequenzen Arten und -gruppen pro Strukturtyp sind jeweils 100%).

III. Fledermaus-Aktivität im Verlaufe der Nacht

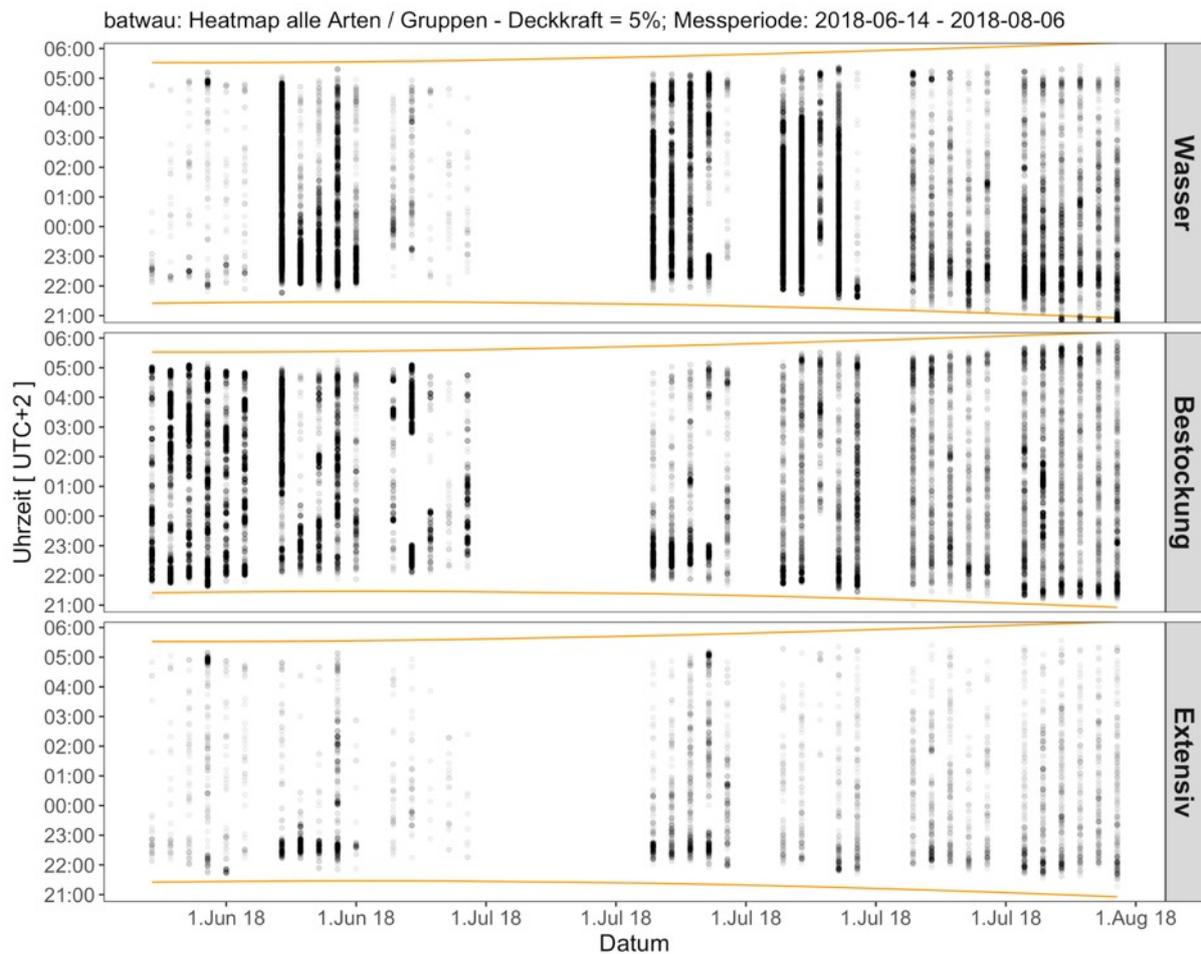


Abb. A-8. Heatmaps der Fledermausaktivität während der Nacht über die gesamte Aufnahmeperiode je für die drei Strukturtypen.

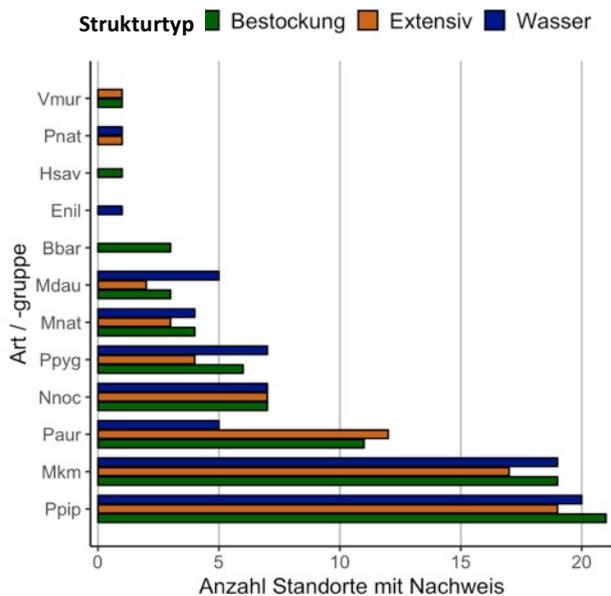


Abb. A-9. Anzahl Standorte mit Arten und -gruppen Nachweis je für die drei Strukturtypen.

IV. Tabelle Nachweise Fledermäuse (SBBG Standard)

Auszug aus der Tabelle mit den standardisierten Nachweisen gemäss SBBG Standard (Bader et al. 2017, geht an KFB-LU zur Weitergabe ans CSCF).

Tabelle A-2. Zusammenzug standardisierte Nachweise gemäss SBBG Standard.

SCIENTIFICNAME	#	YEAR	CANTON	COLLECTOR-OBSERVER	FIELDMETHOD*	DETERMINATOR1	DETERMINATOR2
Barbastella barbastellus	3	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	Frey Annie
Eptesicus nilsonii	1	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	Frey Annie
Hypsugo savii	1	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	Frey Annie
Myotis daubentonii	15	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	Frey Annie
Myotis myotis/blythii	27	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	Frey Annie
Myotis nattereri	17	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	Frey Annie
Nyctalus noctula	38	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	
Pipistrellus nathusii	2	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	Frey Annie
Pipistrellus pipistrellus	59	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	
Pipistrellus pygmaeus	34	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	Frey Annie
Plecotus sp.	47	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	Frey Annie
Vespertilio murinus	2	2018	LU	Dürst Andrin	PECO	Märki Kathi	Frey Annie
Total	246						

Legende:

Spaltenname	Erklärung
SCIENTIFICNAME	Wissenschaftlicher Name: Gattung Art (Unterart)
YEAR	Datum: Jahr der Aufnahme/Beobachtung
CANTON	Kanton: Verwaltungseinheit
COLLECTOR_OBSERVER	Sammler, Beobachter: Nachname Vorname (ausgeschrieben). Mehrere Namen kommasetrennt
FIELDMETHOD*	Methode der Beprobung (Liste)
DETERMINATOR1	Bestimmer 1 SBBG: Nachname Vorname ausgeschrieben
DETERMINATOR2	Bestimmer 2 SBBG: Nachname Vorname ausgeschrieben

FIELDMETHOD_D*

Direktbeobachtung | OBSD
 Ultraschalldetektor | DULT
 Transektbeobachtung | OTRA
 Abhorchstelle | PECO