

# Grosse Fledermausvielfalt in den Waldnaturschutzgebieten des Kantons Zug

Lucretia Deplazes

SWILD – Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation (CH)

Annie Frey-Ehrenbold

SWILD – Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation (CH)

Martin Ziegler

Amt für Wald und Wild, Abteilung Schutzwald und Waldnaturschutz, Kanton Zug (CH)

Fabio Bontadina

SWILD und Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)\*

## Grosse Fledermausvielfalt in den Waldnaturschutzgebieten des Kantons Zug

In der Schweiz leben 30 Fledermausarten, wovon 80% den Wald als Lebensraum nutzen. Sämtliche 22 national prioritären Fledermausarten werden als Waldarten eingestuft, zwölf davon gelten als Waldzielarten, für welche spezifische Fördermassnahmen ergriffen werden sollen. Aufgrund der verborgenen Lebensweise der Fledermäuse ist oft nicht bekannt, welche Arten in welchem Wald vorkommen. Kenntnisse über die lokale Artensammensetzung bilden jedoch die Basis für Fördermassnahmen. Neue bioakustische Methoden mit Ultraschallaufnahmegeräten erlauben seit wenigen Jahren grosse Fortschritte bei Nachweisen von Fledermausarten im Wald. Ziel der vorliegenden Untersuchung war, mit diesen neuen Methoden die Artenvielfalt von Fledermäusen in fünf Waldnaturschutzgebieten im Kanton Zug aufzunehmen, zu vergleichen und zu bewerten. Während 258 Aufnahmeächten wurden insgesamt 30 522 Durchflüge von mindestens zwölf Fledermausarten aufgezeichnet. 23.5% der Nachweise stammen von Arten der Roten Liste. Es wurden drei Waldzielarten entdeckt, drei Fledermausarten wurden im Kanton Zug erstmals nachgewiesen. Zwischen den einzelnen Waldnaturschutzgebieten gab es grosse Unterschiede in Bezug auf die Fledermausaktivität. Insbesondere diejenigen Gebiete mit vielfältigen, lichten Waldgesellschaften mit viel Tot- und Altholz erwiesen sich als attraktive Lebensräume. Auenwälder, offene Gewässer und das Vorkommen von alten Eichen beeinflussten die Artenvielfalt und die Fledermausaktivität in den untersuchten Gebieten positiv. Aufgrund der Resultate wurde für jedes der fünf Waldnaturschutzgebiete eine Zielart definiert, für welche Vorschläge für Fördermassnahmen erarbeitet wurden.

**Keywords:** bat conservation, *Chiroptera*, bioacoustics, forest reserves, priority forest species

**doi:** 10.3188/szf.2016.0278

\* Wuhstrasse 12, CH-8003 Zürich, E-Mail [fabio.bontadina@swild.ch](mailto:fabio.bontadina@swild.ch)

In der Schweiz sind 30 Fledermausarten nachgewiesen. 15 von 26 bewerteten Arten (58%) stehen auf der Roten Liste der gefährdeten Fledermäuse der Schweiz (BAFU 2014). Aufgrund ihrer starken Bedrohung sind in der Schweiz alle Fledermausarten bundesrechtlich geschützt. Die Ursachen der Gefährdung sind vielfältig: Zerstörung von Sommer- und Winterquartieren, vermehrter Einsatz von Pestiziden und Kunstlicht, Verlust und strukturelle Armut von Lebensräumen.

80% der Fledermausarten der Schweiz haben zumindest Teile ihres Lebensraumes im Wald. Dabei sind die Ansprüche an den Wald je nach Art verschieden. Einige nutzen gut strukturierte Waldränder als Leitstrukturen bei Transferflügen vom Tageschlafversteck ins Jagdgebiet, für andere sind vor allem feuchte Waldstandorte oder Eichenwälder attraktive Jagdgebiete mit einem vielfältigen und konstanten Angebot an Insekten. Fledermäuse nutzen Höhlen und Spalten in Alt- und Totholz als Quartiere. Sie machen die grösste Gruppe der an Tot- und Altholz gebundenen Säugetiere aus (Schiegg-Pasi-

nelli & Suter 2000). Als Jäger, die pro Nacht bis zur Hälfte des Körpergewichtes an Insekten vertilgen, bilden Fledermäuse die Habitatqualität im Wald ab. Deshalb werden sie auch als Bioindikatoren für Naturwerte oder zur Erfolgskontrolle bei Managementmassnahmen verwendet (z.B. Natura 2000 in der Europäischen Union).

Die Waldzusammensetzung beziehungsweise die Waldstruktur und die Art der Waldbewirtschaftung sind entscheidende Faktoren für die Artensammensetzung und die Häufigkeit der Fledermäuse (Obrist et al 2011a). Gemäss der Vollzugshilfe Waldbiodiversität des Bundesamtes für Umwelt (BAFU 2015) gibt es in den Schweizer Wäldern strukturelle Defizite, die sich in einem Mangel an Alt- und Totholz, an lichten und feuchten Waldbereichen und an gestuften Waldrändern manifestieren. Deshalb ist es nicht überraschend, dass in der Vollzugshilfe alle 22 national prioritären Fledermausarten auch als national prioritäre Waldarten und zwölf davon als Waldzielarten aufgeführt sind. Die Vollzugshilfe sieht nebst den allgemeinen Massnahmen für

Waldnaturschutzgebiet, Gemeinde und Aufnahmejahr	Höhe (m ü. M.)	Fläche (ha)	Beschrieb
Zollischlag Hünenberg (2010)	450	28	– ehemaliger Auenwald – lichter, ehemaliger Mittelwald – Eichen, teilweise mit Kronentotholz – Reuss in 200 m Entfernung
Zigermoos Unterägeri und Zug (2011)	850	24	– Hoch- und Flachmoorgebiet – intakter Waldrand – Senkenlage – karger Lebensraum
Hansenbörter Walchwil (2012)	785–1055	29	– südliche Hanglage – wechselfeuchte Trockenstandorte – historisch dicht bestockt mit Buchen – viele Waldlichtungen
Baarburg Baar (2013)	495–677	37	– heterogener Mischwald – Nagelfluh-Felsbänder – Felsspalten und Höhlen – viele Altholzinseln
Rämsel-Hafenbach Unterägeri, Zug und Walchwil (2014)	700–985	103	– teilweise Auenwald – Flachmoorbereiche – verzahnte Waldränder – viele Altholzinseln

Tab 1 Übersicht über die fünf Waldnaturschutzgebiete im Kanton Zug, in welchen mit Ultraschallaufnahmen das Vorkommen von Fledermäusen erhoben wurde.

Waldarten spezifische Massnahmen für die Waldzielarten vor. Dabei ist es von zentraler Bedeutung, dass diese standortspezifisch, an die bestehenden Fledermausbestände angepasst und gemäss den festgestellten Defiziten umgesetzt werden. Da oft nicht bekannt ist, welche Fledermausarten in welchem Waldgebiet vorkommen, ist zunächst die Artenzusammensetzung zu erheben.

Bis vor Kurzem hatte man kaum Kenntnisse bezüglich der Artenvielfalt von Fledermäusen im Wald. Netzfänge gestalten sich aufgrund der Vegetation schwierig und sind auf den Boden beschränkt. Deshalb wird die Artenvielfalt häufig unterschätzt (Obrist et al 2011b). Neue bioakustische Methoden mit stationären Breitband-Ultraschallaufnahmegegeräten verbessern heute die Nachweisbarkeit von Fledermäusen auch in reich strukturierten Lebensräumen. Autonome Aufzeichnungsgeräte erlauben ein Langzeitmonitoring der Ultraschallrufe durchfliegender Fledermäuse. Die spätere Analyse der Rufsequenzen ist zwar aufwendig, ermöglicht aber die Identifikation einzelner Arten oder zumindest von Artkomplexen. Aktuelle methodische Untersuchungen haben gezeigt, dass eine simultane Aufzeichnung am Waldboden, in der Krone und in Lichtungen optimal ist, um das vollständige Artenspektrum eines reich strukturierten Waldlebensraums erfassen zu können (Froidevaux et al 2014).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war, die neuen bioakustischen Methoden und Erkenntnisse für die Erhebung der Artenzusammensetzung in fünf Waldnaturschutzgebieten im Kanton Zug einzusetzen sowie die Resultate zu vergleichen und zu bewerten. Aufgrund der Resultate aus den Feldaufnahmen wurde für jedes Waldnaturschutzgebiet eine Zielart

bestimmt, die erhalten und gefördert werden soll. Dazu wurden aufgrund der bestehenden Waldzusammensetzung spezifische Fördermassnahmen abgeleitet. Die Ergebnisse dieser Untersuchung können auch im Synthesebericht nachgelesen werden, welcher für den Kanton Zug erstellt wurde (SWILD 2016).

## Material und Methoden

### Untersuchungsgebiete

Im Kanton Zug findet man aufgrund von vielfältigen Standortfaktoren wie unterschiedlichen Höhenstufen und den daraus resultierenden kleinräumigen, klimatischen Unterschieden über 87 verschiedene Waldgesellschaften (Ziegler 2014). Zur Erhaltung und Förderung wertvoller Lebensräume wurden viele Waldnaturschutzgebiete mit spezifischen Nutzungsvorschriften oder einem Nutzungsverzicht ausgeschieden. In der vorliegenden Untersuchung wurden in fünf Waldnaturschutzgebieten von 2010 bis 2014 jedes Jahr in einem anderen Gebiet bioakustische Daten zur Fledermausfauna erhoben (Tabelle 1). Die Untersuchungsgebiete unterscheiden sich aufgrund der Bewirtschaftungsgeschichte, der Höhenlage, des Vorhandenseins von Gewässern und weiterer Standortfaktoren in Struktur und Waldgesellschaften.

### Aufnahmemethode, Untersuchungsdesign und bioakustische Analyse

Um die Qualität der fünf Waldnaturschutzgebiete zu erfassen und zu vergleichen, wurde für jedes Gebiet die Fledermausaktivität erhoben. Während total 258 Nächten wurden Aufnahmen gemacht. Bei der standardisierten Datenerhebung wurden während zweier Perioden (in der Reproduktionszeit zwischen 1. Juni und 15. August sowie in der Paarungs- und Migrationszeit zwischen 16. August und 31. Oktober) folgende Aufnahmen durchgeführt:

- am Boden: bioakustische Aufnahmen an drei Standorten während je zweier ganzer Nächte pro Periode (total je vier Nächte),
- in der Krone: bioakustische Aufnahmen an zwei Standorten während je fünf ganzer Nächte pro Periode (total je zehn Nächte).

Bei den Bodenaufnahmen wurde das Mikrofon auf einer Höhe von 1.5 m über Boden montiert. Die Kronenaufnahmen fanden auf  $18.5 \pm 3.0$  m (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) statt (Abbildung 1).

Um die Artenvielfalt zwischen den fünf Waldnaturschutzgebieten vergleichen zu können, wurden jeweils nur diejenigen Arten verwendet, die in den vier Nächten mit der höchsten Fledermausaktivität aufgezeichnet wurden (standardisierte Nächte).

Die Aufnahmen wurden mit stationären automatischen Breitband-Ultraschallrecordern (Batlogger, Elekon; Batcorder, ecoObs) durchgeführt. Diese



**Abb 1** Installation der Ultraschallaufzeichnungsgeräte. Links: Gerät am Boden, Mikrofon an 2 m langem Audiokabel auf 1.5 m Höhe montiert. Mitte: Gerät mithilfe eines Flaschenzugs im Kronenbereich (18.5 ± 3.0 m) installiert. Oben rechts: Inhalt eines Ultraschallaufzeichnungsgeräts.



zeichnen die Ortungs- und Sozialrufe der Fledermäuse auf. Für die Auswertung werden die einzelnen Fledermausrufe eines Durchflugs (Sequenz) in einem Sonogramm (Abbildung 2) dargestellt und bezüglich Frequenzen, Ruflängen, Rufabständen usw. vermessen und mit Referenzen verglichen (Obrist et al 2011b). Die einzelne Sequenz kann dadurch einer Fledermausart oder einem Komplex von Arten zugeordnet werden. Da es innerhalb einer einzelnen Fledermausart sehr unterschiedliche Rufe gibt und sich die Rufe von verschiedenen Arten manchmal sehr ähnlich sind, ist es nicht möglich, jede Sequenz einer einzelnen Art zuzuordnen. Deshalb entspricht die angegebenen Anzahl Arten immer einer Mindestanzahl der vorkommenden Arten.

Die Ultraschall-Aufzeichnungsgeräte liefern während der ganzen Nacht, zeichnen durchfliegende Fledermäuse auf und legen dazu eine Audio-datei mit Zeitstempel ab. Die Aufnahmen wurden in einer mehrstufigen Prozedur gemäss dem bioakustischen Analysestandard von SWILD<sup>1</sup> ausgewertet. Folgende Analysestufen wurden durchgeführt:

- halbautomatische Artidentifikation mit Bat-corder-Analyseprogramm BatIdent oder Batlogger-Software BatScope<sup>32</sup>,

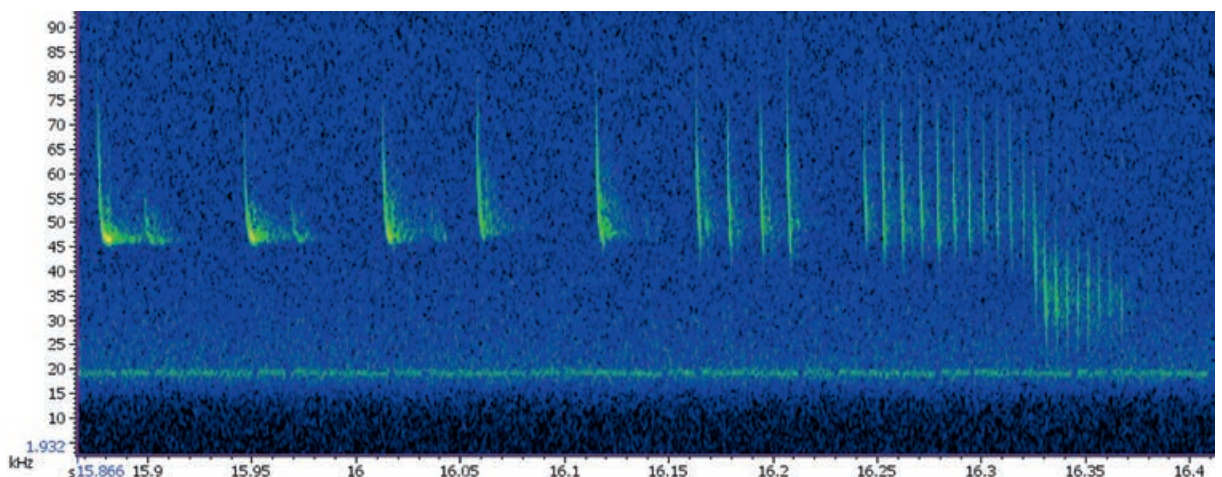
- Artnachweise gemäss Kriterien der Koordinationsstellen für Fledermausschutz in Bayern,<sup>3</sup>
- Analyse von Stichproben aus den Gruppen mithilfe der Lautanalyseprogramme RAVEN pro (1.4, Cornell Univ.) und BatSound (V 3.31, Pettersson Elektronik AB).

Bei bioakustisch schwer bestimmbareren Arten erfolgten eine Einzelüberprüfung der Sequenzen sowie eine externe Validierung.

#### Statistik

Die statistischen Auswertungen wurden mit R (Version 3.0.3) durchgeführt. Zur Analyse der Daten wurden «linear mixed effects analyses» im Package LMER4 (Bates et al 2015) mit allen Daten von vollständig aufgezeichneten Nächten verwendet. Dieses Modell erlaubt es, die Aktivitätsmuster unabhängig von Aufnahmestandort und Aufnahme-nacht zu vergleichen, und es berücksichtigt bei der Auswertung

**Abb 2** Sonogramm (grafische Darstellung des Frequenzverlaufs [kHz] in der Zeit [s]) mit Ultraschallrufen einer Zwergfledermaus beim Insektenfang.



1 SWILD (2013) Bioakustischer Analysestandard 2. Artbestimmung Fledermäuse – Vorgehen bei der Überprüfung von Batlogger- und Batcorder-Rufsequenzen. Zürich: SWILD. 8 p.  
 2 www.batscope.ch (21.7.2016)  
 3 www.ecoobs.de/downloads/Kriterien\_Lautzuordnung\_10-2009.pdf (31.7.2016)

die Varianz zwischen den Standorten innerhalb eines Waldnaturschutzgebietes. Zwischen der Migrations- und der Paarungszeit wurden keine Unterschiede in der Artzusammensetzung und in der Aktivität festgestellt, weshalb die Aufnahmen über den gesamten Zeitraum analysiert wurden. Die Modelle wurden anhand einer ANOVA (Likelihood ratio-test) auf ihre Signifikanz geprüft.

## Ergebnisse

In 258 Nächten wurden insgesamt 30 522 Sequenzen von Fledermäusen aufgezeichnet. Innerhalb der einzelnen Waldnaturschutzgebiete war die Varianz der gemessenen Fledermausaktivität zwischen den verschiedenen Aufnahmeorten erwartungsgemäss gross, da die heterogenen Habitatstrukturen für die Fledermäuse unterschiedlich attraktiv sind. Rund 53% der Nachweise konnten der in der Schweiz am häufigsten vorkommenden Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) zugeordnet werden. Diese verbreitete Art ist auch im Wald häufig, vor allem am Waldrand, aber doch weit weniger dominant als im Siedlungsraum, wo ihr Anteil 70 bis 80% ausmacht (Sattler et al 2007). Die meisten Sequenzen (94%) stammen von lokalen Arten, das heisst von Arten, welche das ganze Jahr hindurch im selben Gebiet leben. Nur 6% der Aufnahmen stammen von migrierenden Arten, die in die Schweiz kommen, um zu überwintern (Tabelle 2).

### Nachgewiesene Arten

Insgesamt wurden mindestens zwölf Fledermausarten nachgewiesen. 7183 Nachweise (23.5%) stammen von Arten, die gemäss der Roten Liste (BAFU 2014) als «potenziell gefährdet» (NT) bis «vom Aussterben bedroht» (CR) eingestuft sind (Tabelle 2). Mit der Nordfledermaus (*Eptesicus nilssonii*), der Zweifarbenfledermaus (*Vespertilio murinus*) und mindestens einer Langohrfledermaus (*Plecotus* sp.) konnten mindestens drei Waldzielarten sicher bestimmt werden. Die nachgewiesenen national prioritären Fledermausarten befinden sich alle in der Prioritätskategorie 2 und haben damit eine hohe Priorität. Zudem konnten Fledermäuse des Artkomplexes der Bartfledermäuse (*Myotis mystacinus* und *M. brandtii*) nachgewiesen werden. Eine Sequenz konnte der Gruppe der Mausohren (*M. myotis* und *M. blythii*) zugeordnet werden. Die Brandtfledermaus (*M. brandtii*) und das Grosse Mausohr (*M. myotis*) sind ebenfalls prioritäre Waldzielarten (Kategorie 2). Leider sind die Ultraschallrufe dieser beiden Arten aber sehr ähnlich, sodass eine Bestimmung auf Artniveau unmöglich ist.

Im Zollischlag wurden die Fransenfledermaus (*M. nattereri*) und die Nordfledermaus (*Eptesicus nilssonii*) im Kanton Zug erstmals nachgewiesen. Bei pa-

rallel durchgeführten Erhebungen für das Förderprojekt «Fledermäuse im Kanton Zug» konnten diese beiden Arten an anderen Standorten ebenfalls nachgewiesen werden. Im Gebiet Rämser-Hafenbach wurden auffällige *Myotis*-Sequenzen aufgenommen. Eine Validierung erhärtete den Verdacht, dass es sich dabei um die Wimperfledermaus (*M. emarginatus*) oder um die Nymphenfledermaus (*M. alcathoe*) handelt. Die Wimperfledermaus ist stark gefährdet, die Nymphenfledermaus wurde vor noch nicht langer Zeit als Art identifiziert (von Helversen et al 2001). Bisher weiss man nur, dass sie eine Lebensraumspezialistin für feuchte Wälder und alte Eichenbestände und sehr selten und gefährdet ist.

### Vergleich der Artenvielfalt

Während der standardisierten Nächte war die Artenvielfalt in den Waldnaturschutzgebieten Baarburg ( $\geq 7$  Arten) und Zollischlag ( $\geq 6$  Arten) am höchsten. Im Gebiet Rämser-Hafenbach wurden mindestens fünf Arten, im Gebiet Hansenbörter mindestens vier Arten verzeichnet. Auffällig dabei ist, dass in diesem Gebiet verhältnismässig wenige Tiere der allgemein häufigen Zwergfledermaus und vermehrt seltene Arten der Gruppe *Myotis* nachgewiesen wurden. Die geringste Artenvielfalt wurde im Zigermoos ( $\geq 2$  Arten) festgestellt, wobei auch hier ein grosser Anteil an Sequenzen vom Artkomplex *Myotis* stammte, vor allem von der Artgruppe der Bartfledermäuse.

Im Zollischlag wurde ein gehäuftes Vorkommen der Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*) registriert. Diese Art ist auf naturnahe Auenwaldbestände angewiesen. Im Zigermoos konnten insgesamt 134 Durchflüge dem Komplex der Bartfledermäuse zugeordnet werden. Diese Arten bevorzugen halboffene Wälder und reich strukturierte, kleinräumige Landschaften, teils am Rand von Feuchtgebieten. Im Gebiet Baarburg wurden zehn Sequenzen der Langohrfledermäuse nachgewiesen. Die drei in der Schweiz bekannten Langohrfledermausarten lassen sich mit akustischen Aufnahmen nicht unterscheiden. Aufgrund des bekannten Verbreitungsgebietes sind die nachgewiesenen Rufe am ehesten dem Braunen Langohr (*Plecotus auritus*) zuzuweisen. Im Hansenbörter wurde die Fransenfledermaus (*M. nattereri*), die erstmals im Zollischlag nachgewiesen wurde, drei Mal detektiert. Diese Fledermausart zeigt eine recht flexible Lebensraumnutzung und besiedelt gerne lichte Wälder und alle Arten von Waldgesellschaften. Im Gebiet Rämser-Hafenbach konnten in den Auenwaldgebieten um den Rämser- und den Hafenbach einige Rufe der Wasserfledermaus (*M. daubentonii*) identifiziert werden.

### Vergleich der Aktivität

Die durchschnittliche Anzahl aufgenommener Fledermausdurchflüge in den verschiedenen



Waldnaturschutzgebieten variierte stark (mixed effect model,  $p < 0.001$ , Abbildung 3). Vor allem im Gebiet Zollischlag war die mittlere Aktivität mit 48.2 Sequenzen pro Stunde (Seq/h) mehr als doppelt so hoch wie im Gebiet mit der zweithöchsten Aktivität in Baarburg (21.2 Seq/h). Am geringsten war die Aktivität im Hansenbörter, wo nur eine Fledermaus pro Stunde registriert wurde (1.0 Seq/h). In den

Gebieten Zigermoos und Rämssel-Hafenbach lag die Aktivität mit 4.1 respektive 9.9 Seq/h dazwischen.

Die Aktivität in Kronenhöhe war über alle Gebiete gesehen rund doppelt so hoch wie in Bodennähe ( $p = 0.04$ ). Entgegen den Erwartungen zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Aktivität zwischen den saisonalen Aufnahmeperioden Paarungs- und Migrationszeit ( $p = 0.67$ ).

Fledermausart oder Artkomplex	Gefährdungsgrad	Anzahl Sequenzen in den einzelnen Waldnaturschutzgebieten					Total Sequenzen	%
		1	2	3	4	5		
Wasserfledermaus ( <i>Myotis daubentonii</i> )	NT	24				15	39	0.1%
Fransenfledermaus ( <i>M. nattereri</i> )	NT	11		3			14	0.0%
Gruppe Mausohrfledermäuse ( <i>M. myotis</i> und <i>M. blythii</i> )	VU–CR					1	1	0.0%
Gruppe Bartfledermäuse ( <i>M. mystacinus</i> und <i>M. brandtii</i> )	LC–VU		134				134	0.4%
Gruppe Mkm (kleine und mittlere <i>Myotis</i> ): Brandtfledermaus ( <i>M. brandtii</i> ), Kleine Bartfledermaus ( <i>M. mystacinus</i> ), Bechsteinfledermaus ( <i>M. bechsteini</i> ), Wasserfledermaus ( <i>M. daubentonii</i> )	LC–VU	401	251	28	7		687	2.3%
Gruppe <i>Myotis</i> : alle Mausohr-Arten	LC–EN	59	497	919	904	2233	4612	15.1%
Grosser Abendsegler ( <i>Nyctalus noctula</i> )*	NT	14	4	4	4		26	0.1%
Kleiner Abendsegler ( <i>N. leisleri</i> )*	NT				4	10	14	0.0%
Gruppe <i>Nyctalus</i> : Grosser Abendsegler ( <i>N. noctula</i> ), Kleiner Abendsegler ( <i>N. leisleri</i> ), Riesenabendsegler ( <i>N. lasiopterus</i> )*	NT			2	4	1	7	0.0%
Nordfledermaus ( <i>Eptesicus nilssonii</i> )	VU	14					14	0.0%
Zweifelfledermaus ( <i>Vespertilio murinus</i> )*	VU			1			1	0.0%
Gruppe <i>NycVes</i> : Kleiner Abendsegler ( <i>N. leisleri</i> ), Grosser Abendsegler ( <i>N. noctula</i> ), Zweifelfledermaus ( <i>V. murinus</i> )*	NT–VU				14	78	92	0.3%
Gruppe <i>Nycmi</i> : Kleiner Abendsegler ( <i>N. leisleri</i> ), Breitflügel-fledermaus ( <i>E. serotinus</i> ), Zweifelfledermaus ( <i>V. murinus</i> )*	NT–VU	740	2	7			749	2.5%
Gruppe <i>Eptesicus-Nyctalus</i> : Breitflügel-fledermaus ( <i>E. serotinus</i> ), Nordfledermaus ( <i>E. nilssonii</i> ), Kleiner Abendsegler ( <i>N. leisleri</i> ), Grosser Abendsegler ( <i>N. noctula</i> )*	NT–VU				24	2	26	0.1%
Gruppe <i>Nyctaloid</i> : Grosser Abendsegler ( <i>N. noctula</i> ), Kleiner Abendsegler ( <i>N. leisleri</i> ), Breitflügel-fledermaus ( <i>E. serotinus</i> ), Zweifelfledermaus ( <i>V. murinus</i> ), Nordfledermaus ( <i>E. nilssonii</i> )*	NT–VU	234	1	72	44	143	494	1.6%
Zweifelfledermaus ( <i>Pipistrellus pipistrellus</i> )	LC	6778	1002	313	4776	3365	16 234	53.2%
Mückenfledermaus ( <i>P. pygmaeus</i> )	NT	230		4	2		236	0.8%
Rauhautfledermaus ( <i>P. nathusii</i> )	LC	4				6	10	0.0%
Gruppe Zwweifledermaus ( <i>P. pipistrellus</i> ) und Rauhautfledermaus ( <i>P. nathusii</i> )	LC				946	91	1037	3.4%
Gruppe Rauhautfledermaus ( <i>P. nathusii</i> ) und Weissrandfledermaus ( <i>P. kuhlii</i> )*	LC	25	4		113	206	348	1.1%
Gruppe <i>Pipistrellus</i> : alle <i>Pipistrellus</i> -Arten ( <i>Pipistrellus</i> sp.)	LC–NT			1	863	75	939	3.1%
Gruppe Rauhautfledermaus ( <i>P. nathusii</i> ), Weissrandfledermaus ( <i>P. kuhlii</i> ) und Alpenfledermaus ( <i>Hypsugo savii</i> )	LC–NT	15					15	0.0%
Gruppe <i>Pipistrelloid</i> : <i>Pipistrellus</i> -Arten ( <i>Pipistrellus</i> sp.) und Alpenfledermaus ( <i>H. savii</i> )	LC–NT	12	309		40		361	1.2%
Gruppe <i>Plecotus</i> : alle Langohrfledermaus-Arten ( <i>Plecotus auritus</i> , <i>P. austriacus</i> , <i>P. macrobullaris</i> )	VU–CR	6			10	21	37	0.1%
Art unbekannt	LC–CR	3349	40	35	438	533	4395	14.4%
Total Anzahl Sequenzen		11 916	2244	1389	8193	6780	30 522	100%
Mindestanzahl Arten in den standardisierten Nächten		6	2	4	7	5	10	
Mindestanzahl Arten total		8	5	6	7	6	12	

**Tab 2** Nachgewiesene Fledermausarten und Artkomplexe in den fünf Untersuchungsgebieten 1) Zollischlag, 2) Zigermoos, 3) Hansenbörter, 4) Baarburg und 5) Rämssel-Hafenbach während der gesamten Aufnahmezeit (258 Nächte). Blau: nachgewiesene Arten und Mindestanzahl während der standardisierten Aufnahmezeit. Gelb: Waldzielarten, für welche gemäss Vollzugshilfe des BAFU (2015) spezifische Fördermassnahmen notwendig sind. Gefährdungsgrad gemäss Roter Liste: CR: vom Aussterben bedroht, EN: stark gefährdet, VU: verletzlich, NT: potenziell gefährdet, LC: nicht gefährdet. \*) Migrierende Arten.

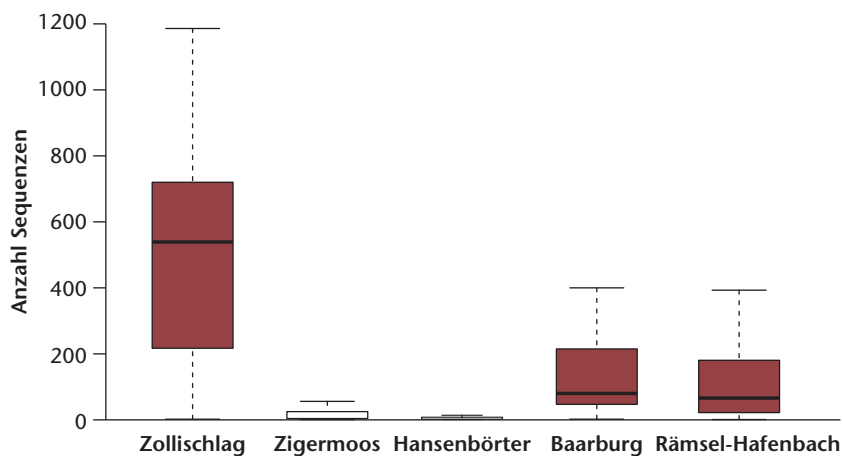


Abb 3 Anzahl Sequenzen (Mittelwert und Standardfehler) pro Nacht. Sequenz = Fledermausdurchflug.

## Diskussion

Dank den neuen bioakustischen Methoden konnten umfangreiche Erkenntnisse über die Artenvielfalt und die Aktivität von Fledermäusen in wertvollen Waldgebieten des Kantons Zug gewonnen werden. Die Fledermausfauna war in denjenigen Waldnaturschutzgebieten, die sich durch alten Mittelwald und Eichen (Zollischlag) sowie Alt- und Totholzbestände (Zollischlag, Baarburg und Rämser-Hafenbach) auszeichnen, sehr vielfältig. Die Förderung von offenen Wasserflächen und langsam fliessenden Gewässern in Waldgebieten (Rämser-Hafenbach) sowie die Erhaltung von vernässten Waldstandorten bieten den Fledermäusen dank einer Vielzahl an Insekten ein reichhaltiges Nahrungsangebot und geeignete Jagdgebiete. Dieser Befund entspricht den Forderungen gemäss dem aktuellen Konzept Artenförderung Fledermäuse (Krättli et al 2012). Das Gebiet Zigermoos mit den ausgeprägten Moorgebieten zeigte hingegen eine Tendenz zu wenigen, dafür teilweise seltenen Arten. Das Gebiet Hansenbörter liegt relativ hoch (bis 1055 m ü. M.), ist teilweise mit dunklen Buchenwäldern bestockt, und wegen der Südhanglage sind viele trockene Waldgesellschaften vorhanden, was zu einer geringeren Biomasse von Insekten führt. Dies könnte die tiefe Fledermausaktivität erklären.

### Bedeutung der Fledermäuse für den Naturschutz im Wald

Die fünf Waldnaturschutzgebiete liegen gemäss Landesforstinventar in der biogeografischen Region Voralpen Ost, in der neun Fledermaus-Waldzielarten (davon sechs hochprioritäre Arten der Kategorie 2) definiert sind (BAFU 2015). Mit der Nord- und der Zweifarbenfledermaus konnten wir sicher zwei dieser hochprioritären Arten nachweisen, zudem mindestens eine Art der Langohrfledermäuse. Diese Arten werden durch einen grossen Anteil von Totholz gefördert (Krättli et al 2012). Die Zweifar-

benfledermaus nutzt Baumhöhlen als Winterquartiere, die Nord- und die Langohrfledermäuse nutzen während des ganzen Jahres neben Spalten auch Baumhöhlen, wobei die Langohrfledermäuse insbesondere im Sommer zur Jungenaufzucht auf Baumhöhlen angewiesen sind. Es könnte zudem sein, dass mindestens zwei weitere hochprioritäre Arten, die Brandfledermaus und das Grosse Mausohr, mit unseren Abklärungen aufgenommen wurden. Zudem gibt es Hinweise darauf, dass die sehr seltene Wimperfledermaus oder die jüngst entdeckte Nymphenfledermaus vorkommt. Beide Arten hätten ebenfalls eine hohe Priorität im Wald. Da bei diesen Arten eine sichere Bestimmung aufgrund der Ultraschallrufe kaum möglich ist, wäre eine Bestätigung mit zusätzlichen Methoden notwendig. Erstmals im Kanton Zug nachgewiesen wurden die Fransen- und die Nordfledermaus.

Der Nachweis von mindestens einem Drittel der Waldzielarten in fünf Waldnaturschutzgebieten zeigt das Potenzial der vielfältig strukturierten Bestände in den untersuchten Gebieten. In diesen Waldnaturschutzgebieten werden schon heute spezifische Fördermassnahmen für Waldarten aktiv umgesetzt. Insbesondere die Erhaltung von Biotopbäumen und das Ausweisen von Altholzinseln sind für höhlenbewohnende Fledermäuse von grosser Bedeutung (Russo et al 2016). Zudem profitieren die meisten waldbewohnenden Fledermausarten von lichten, zugänglichen Wäldern mit gut strukturierten Waldrändern als Jagdgebieten (Mattei-Roesli 2015). In dieser Aufnahmeserie zeigte sich, dass ehemalige Auenwälder oder Feuchtwälder wie die feuchten Waldgesellschaften im Zollischlag und die Auen entlang des Rämser- und des Hafenbachs die Fledermausaktivität besonders positiv beeinflussen. Bioakustische Abklärungen zum Vorkommen der Fledermäuse bilden die Grundlage, um spezifische Fördermassnahmen für gefährdete Waldzielarten zu formulieren (Tabelle 3), aber auch um den Erfolg von Managementmassnahmen für Fledermäuse zu überprüfen. Durch das Markieren einzelner Individuen mit Sendern ist es zudem möglich, die Nutzung von Flugrouten oder bedeutende Jagdgebiete zu evaluieren. Damit bestehen die Werkzeuge, um die Vollzugshilfe Waldbiodiversität (BAFU 2015) für die Fledermäuse in die Praxis umzusetzen.

### Zielarten und Fördermassnahmen

Die vorgeschlagenen Zielarten (Tabelle 3) für die Waldnaturschutzgebiete und die empfohlenen Massnahmen zu deren Förderung stützen sich auf die bioakustischen Nachweise und entsprechen nicht den vom BAFU definierten Waldzielarten (BAFU 2015). Unsere Zielarten wurden vor dem Erscheinen der Vollzugshilfe definiert. Sie wurden so gewählt, dass ein direkter Bezug zwischen den ökologischen Anforderungen der jeweiligen Zielart und

Waldnaturschutzgebiet und Zielart	Fördermassnahmen bezüglich Q = Quartier, J = Jagdhabitat und F = Flugkorridor	Zielart
<b>Zollischlag</b> Mückenfledermaus ( <i>Pipistrellus pygmaeus</i> )	Q Fledermausfreundliche Sanierungen an Gebäuden der Umgebung J Förderung des naturnahen Auenwaldes J Weitere Auflichtungen J Schaffung von Stillwassern F Vernetzung der Gewässer durch Bachufergehölze (Anbindung Reuss)	
<b>Zigermoos</b> Artkomplex Bartfledermäuse ( <i>Myotis mystacinus</i> , <i>M. brandtii</i> )	Q Förderung von Altholzinseln und Totholz (mit abstehender Rinde) Q Förderung von Strukturen, welche durch eine natürliche Dynamik entstehen J Schutz von Feuchtgebieten sowie Hoch- und Flachmooren F Vernetzung der naturnahen Bestände F Verhindern von Zerschneidung durch Kunstlicht und Strassen	
<b>Hansenbörter</b> Fransenfledermaus ( <i>M. nattereri</i> )	Q Fledermausfreundliche Sanierungen an Gebäuden und Ställen J Förderung von lichten Waldgebieten und Schlägen im dicht bestockten Buchenwald F Förderung eines gestuften Waldrandes mit Krautsaum F Vernetzung von Teillebensräumen durch Hecken F Verzicht auf Pestizide bei angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen und in Obstgärten	
<b>Baarburg</b> Braunes Langohr ( <i>Plecotus auritus</i> )	Q Förderung von Altholzinseln, Totholz und Höhlenbäumen J Erhalt vielfältiger, strukturreicher, lichter Waldgebiete F Förderung gestufter Waldränder mit Krautsaum F Vernetzung von Teillebensräumen durch Bachgehölze und Hecken F Verhindern von Zerschneidung durch Kunstlicht und Strassen F Verzicht auf Pestizide bei angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen und in Obstgärten	
<b>Rämsel-Hafenbach</b> Wasserfledermaus ( <i>M. daubentonii</i> )	Q Förderung von Altholzinseln, Totholz und Höhlenbäumen J Schaffung von insektenreichen, unbeleuchteten Stillwassern, Tümpeln und Altwassern J Aufwertung von Fließgewässern durch kleinere Staubereiche J Vermeidung von Gewässerverschmutzung F Vernetzung der Gewässer durch Bachufergehölze F Verhindern von Zerschneidung durch Kunstlicht und Strassen	

**Tab 3** Die vorgeschlagenen Fledermaus-Zielarten für die fünf Waldnaturschutzgebiete im Kanton Zug sowie die empfohlenen Fördermassnahmen.  
Fotos: Braunes Langohr: Ruth Ehrenbold; Bartfledermaus und Wasserfledermaus: Stiftung Fledermausschutz; Mückenfledermaus und Fransenfledermaus: SWILD

den Fördermassnahmen besteht. Die Waldzielarten des Bundes wurden nur innerhalb der national prioritären Arten ausgewählt und auf nationalem Niveau bestimmt. Regional oder lokal kann es sinnvoll sein, teilweise andere Arten als prioritär einzustufen. Die Zielarten können für die Konzipierung von spezifischen Fördermassnahmen und zur Wirkungskontrolle von Waldnaturschutzmassnahmen eingesetzt werden (z.B. als Bioindikatoren für Altholz- und Totholzförderung).

Zudem kann das zusätzliche Wissen über das Vorkommen von prioritären Leitarten und ihre Quartiere im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit verwendet werden. Die Kombination von wirkungsvollen Fördermassnahmen mit einer guten Information der Bevölkerung über eine versteckt lebende Artengruppe ist ein entscheidender Beitrag, um die gefährdeten waldbewohnenden Fledermausarten zu fördern und auch in Zukunft zu erhalten. ■

Eingereicht: 24. März 2016, akzeptiert (mit Review): 6. Juli 2016

## Ausblick

Da aufgrund der Ultraschallrufe nicht alle Fledermäuse auf Artniveau bestimmt werden können, wäre es lohnenswert, an Standorten mit konkreten Hinweisen mithilfe von zusätzlichen Methoden wie zum Beispiel Netzfängen das Vorkommen von seltenen Arten zu überprüfen (Angetter 2016). Ein Fang von seltenen Arten würde es auch erlauben, mithilfe der Radiotelemetrie deren Quartiere aufzufinden. Solche Hinweise wären nicht nur für das Management in den Waldnaturschutzgebieten von grosser Bedeutung (Schutz der Quartiere), sondern könnten auch die Förderung dieser seltenen Arten vorantrei-

## Dank

Wir danken Priska Müller und Dr. Peter Ullmann vom Amt für Wald und Wild des Kantons Zug sowie den für die Waldnaturschutzgebiete zuständigen Revierförstern und Waldbewirtschaftern für das Interesse am Projekt und die gute Zusammenarbeit. Herzlichen Dank auch an Dr. Martin Obrist von der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL für die Materialausleihe, Adrian Dietrich, Franziska Lörcher und Stephanie Burkart von SWILD für die tatkräftige Unterstützung im Feld sowie Dr. Hubert Krättli und Elias Bader für die konstruktiven Rückmeldungen und Anregungen zum Inhalt des Artikels.

## Literatur

- ANGETTER LS (2016) Fledermausfang im Rahmen der Eingriffsplanung von Windkraftanlagen in Wäldern. Empfehlung für eine Standardisierung der Methoden. Nat.schutz Landsch. plan 48: 73–76.
- BAFU (2014) Rote Liste der Fledermäuse der Schweiz. Bern: Bundesamt Umwelt, Umwelt-Vollzug 1412. 95 p.
- BAFU (2015) Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. Bern: Bundesamt Umwelt, Umwelt-Vollzug 1503. 186 p.
- BATES D, MAECHLER M, BOLKER B, WALKER S (2015) Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. J Stat Software 67: 1–48.
- BAUMGARTNER-HÄGI K (2013) Inventar- und Förderprojekt Fledermäuse im Kanton Zug 2008–2011. Zug: Amt Raumplanung, Schlussbericht. 84 p.
- FROIDEVAUX JSP, ZELLWEGER F, BOLLMANN K, OBRIST MK (2014) Optimizing passive acoustic sampling of bats in forests. Ecol Evol. doi: 10.1002/ece3.1296
- KRÄTTLI H, MÖSCHLER P, STUTZ HPB, OBRIST MK, BONTADINA F ET AL (2012) Konzept Artenförderung Fledermäuse 2013–2020. Zürich: Schweizerische Koordinationsstelle Fledermausschutz. 91 p.
- MATTEI-ROESLI M (2015) Monitoraggio degli interventi di recupero forestale in due lariceti della Valle di Lodano utilizzando i chiroteri quali indicatori. Rapporto finale. Confronto situazione prima e dopo gli interventi. Ticino: Centro protezione Chiroteri. 13 p.
- OBRIST MK, RATHEY E, BONTADINA F, MARTINOLI A, CONEDERA M ET AL (2011A) Response of bat species to sylvo-pastoral abandonment. For Ecol Manage 26: 789–798.
- OBRIST MK, FLÜCKIGER PF, BOESCH R (2011B) Bioakustische Fledermauserhebungen in unterschiedlichen Lebensräumen der Schweiz. Computergestützte synergetische Arterkennung im Einsatz. Naturforschende Gesellschaft des Kantons Solothurn, Mitteilungen 41: 9–87.
- RUSSO D, BILLINGTON G, BONTADINA F, DEKKER J, DIETZ M ET AL (2016) Identifying key research objectives to make European forests greener for bats. Front Ecol Evol (in press).
- SÄTTLER T, BONTADINA F, HIRZEL A, ARLETTAZ R (2007) Ecological niche modelling of two cryptic bat species calls for a reassessment of their conservation status. J Appl Ecol 44: 1188–1199.
- SCHIEGG-PASSINELLI K, SUTER W (2000) Lebensraum Totholz. Birmensdorf: Eidg Forsch.anstalt WSL, Merkbl Prax 33. 7 p.
- SWILD (2016) Grosse Fledermausvielfalt in den Waldnaturschutzgebieten des Kantons Zug. Ergebnisse von Ultraschall-Aufzeichnungen von Fledermausrufen in fünf Waldnaturschutzgebieten des Kantons Zug in den Jahren 2010 bis 2014. Synthesebericht vom Januar 2016. Zug: Amt Wald Wild. 26 p.
- VON HELVERSEN O, HELLER KG, MAYR F, NEMETH A, VOLLETH M, GOMBKÖTÖ P (2001) Cryptic mammalian species: a new species of whiskered bat (*Myotis alcaethoe n. sp.*) in Europe. Naturwissenschaften 88: 217–223.
- ZIEGLER M (2014) Waldgesellschaften des Kantons Zug, Bestimmung, Eigenschaften, waldbauliche Empfehlungen. Fachbuch für die forstliche Praxis. Zug: Direktion des Innern, Amt für Wald und Wild. 226 p.

## Grande diversité de chauves-souris dans les zones forestières protégées du canton de Zoug

En Suisse vivent 30 espèces de chauves-souris. Plus de 80% d'entre elles utilisent la forêt comme habitat. Les 22 espèces de chauves-souris prioritaires au niveau national sont toutes classées comme espèces forestières, dont douze qui sont considérées comme espèces forestières cible pour lesquelles des mesures spécifiques doivent être prises en forêt. En raison du mode de vie discret des chauves-souris, nous ignorons souvent quelles espèces vivent dans quelle forêt. Pourtant, la connaissance des espèces présentes localement est une base indispensable pour les mesures et la mise en œuvre de l'aide à l'exécution. Depuis quelques années, les nouvelles méthodes bioacoustiques avec des appareils d'enregistrement d'ultrasons ont permis de faire de grands progrès dans la détection d'espèces de chauves-souris en forêt. Le but de la présente étude était de déterminer avec cette nouvelle méthode la diversité de chauves-souris dans cinq zones forestières protégées du canton de Zoug, de comparer ces zones et d'évaluer leurs différences. Au cours des 258 nuits d'enregistrement, 30 522 passages d'au moins douze espèces ont été consignés. 23.5% des enregistrements proviennent d'espèces sur la liste rouge. Trois espèces forestières cible ont été découvertes. La présence de trois espèces a été prouvée pour la première fois dans le canton. Il y avait une grande différence dans l'activité des chauves-souris entre les différentes zones. En particulier les zones diversifiées et peu denses avec une forte proportion de bois mort et de vieux arbres se sont avérées comme des habitats attractifs. Les forêts alluviales, des plans d'eau et la présence de vieux chênes favorisent la diversité des espèces. Sur la base de ces résultats, une espèce cible avec des propositions de mesures concrètes ont été définies pour chacune de ces zones.

## High bat diversity in forest nature reserves in the Canton Zug

Switzerland harbours 30 bat species. Of these, more than 80% have at least part of their habitat in forests. All 22 Swiss priority bat species are considered as forest species. These include twelve forest target species, for which a specific management is required. However, because of the secretive life of bats, missing information on the presence of bat species precluded the implementation of targeted conservation measures. In the last years, new broadband ultrasound recorders were developed as a powerful tool to detect and identify bat species in forests. The aim of our study was to use these new methods to record the presence of bat species in five forest nature reserves in the Canton Zug, to analyse their activity and to evaluate the site-specific differences. During 258 nights of data collection, we recorded 30,522 bat passes of at least twelve different bat species. 23.5% of the recorded bat passes were species from the Swiss Red List. At least three national priority forest target species were detected and three species were discovered for the first time in the Canton Zug. The variation of bat activity between the different forest reserves was high. In particular, areas with diverse and light forest communities, which are rich in dead and decayed wood, proved to be attractive habitats to bats. Alluvial forests, open waters and the presence of old oaks enhanced the diversity of species and bat activity in general. These results were used to define one target species for each forest nature reserve in the study sites and to promote species conservation measures.