

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Basel ; Naturforschende Gesellschaft Baselland

Band: 20 (2022)

Artikel: Nutzung von drei Höhlen durch verschiedene Fledermausarten im Kanton Basel-Landschaft

Autor: Martinez-Ernst, Céline / Süer, Suna Asena / Pestalozzi, Milan

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1008148>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Nutzung von drei Höhlen durch verschiedene Fledermausarten im Kanton Basel-Landschaft

CÉLINE MARTINEZ-ERNST^{1*}, SUNA ASENA SÜER², MILAN PESTALOZZI³

¹ Kantonale Fledermausschutzbeauftragte BL, im Auftrag der Abteilung Natur und Landschaft, Ebenrain. Adresse: Heuschlugge 8, 4118 Rodersdorf

² Erlenstrasse 2, 4058 Basel

³ Florastrasse 48, 4102 Basel

* Korrespondenz an: c_martinez@gmx.ch

Zusammenfassung: In der Schweiz sind die Kenntnisse zur Nutzung von Höhlen durch Fledermäuse gering, obwohl Höhlen für viele Fledermausarten wichtige Quartiere darstellen und dadurch schutzrelevant sind. Bestehende Daten kommen schwerpunktmässig von Untersuchungen, bei welchen Fledermäuse am Höhleneingang abgefangen oder im Winterquartier gezählt worden sind. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit haben wir drei Höhlen im Kanton Basel-Landschaft mittels einer automatischen Überwachungsanlage untersucht. Dabei werden Ein- und Ausflüge mithilfe einer Lichtschrankentechnik registriert und Arten können anhand von Ausflugsfotos bestimmt werden. An allen drei Höhlen fanden Datenerhebungen im Frühling statt, eine dieser Höhlen wurde zusätzlich lückenlos über ein gesamtes Jahr überwacht. An den untersuchten Höhlen konnten mindestens 8 bis 10 Fledermausarten pro Höhle nachgewiesen werden, darunter schweizweit stark gefährdete und vom Aussterben bedrohte Arten. Besonders für den Nachweis sehr seltener und mit anderen Methoden nur schwer erfassbarer Arten ist die Methode somit sehr geeignet und eine sinnvolle Alternative zu anderen etablierten Monitoringmethoden. Hinsichtlich der Artzusammensetzung und -aktivität gibt es grosse Unterschiede zwischen den Höhlen, welche sich grundsätzlich mit vorhandenen Daten und Experteneinschätzung zum Vorkommen der Arten in den jeweiligen Kantonsteilen decken. Die Unterschiede der Artaktivitäten im Jahresverlauf zeigen deutlich, dass die Höhlen je nach Zeitpunkt im Jahr von unterschiedlichen Artspektren und für verschiedene Zwecke genutzt werden. Anhand der Informationen von tageszeitlichen und jahreszeitlichen Registrierungen konnten wir weitere Rückschlüsse zur Nutzung der Höhlen durch verschiedene Arten ziehen. Unsere Daten belegen bei zwei Höhlen eine grosse Aktivität der Kleinen Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*), welche auf ein Schwärzerverhalten im Frühling schliessen lässt. In geringerem Masse fanden wir dieses Verhalten auch bei den Langohrfledermäusen (*Plecotus* spp.). Auffällig war das Schwärzerverhalten der Fransenfledermäuse (*Myotis nattereri/crypticus*) im Spätherbst. Der Aktivitätspeak im November ist dabei im Vergleich zu bisherigen Studien spät. Hinsichtlich der untersuchten Wetterfaktoren zeigte sich eine reduzierte Fledermausaktivität bei Regen, der Einfluss der Temperatur war je nach Jahreszeit unterschiedlich. So war die Aktivität im Frühling bei wärmeren Temperaturen erhöht, während im Herbst eine grössere Fledermausaktivität bei kühlen Temperaturen festgestellt wurde. Die drei untersuchten Höhlen haben aufgrund der nachgewiesenen Artenzusammensetzung und Individuenzahlen eine hohe Bedeutung für Fledermäuse. Zwei Höhlen erreichen die Kriterien einer «International Key Underground Site» und gelten damit automatisch auch als national bedeutend. Die dritte Höhle ist je nach Interpretation der Zahlen und der vorhandenen Bewertungskriterien von nationaler oder regionaler Bedeutung.

Schlüsselwörter: Fledermaus, Fledermausarten, Höhle, Schwärmen, Monitoring, Winterquartier

Abstract: Use of three caves in the Canton of Basel-Landschaft by different bat species. In Switzerland, knowledge on the use of caves by bats is rare. Existing data are mainly based on surveys in which bats were caught at the cave entrances or from winter counts. In the present study, we investigated three caves in the Canton of Basel-Landschaft using an automatic monitoring system. Thereby, entries and exits of bats are registered with a light barrier technique and species can be determined with the help of automatically taken pictures. Data collection took place in spring at all three caves, with one of these caves being additionally monitored without gaps over an entire year. At least 8 - 10 bat species could be detected in each of the caves, including species that are endangered and critically endangered according to the Swiss red list. Especially for the detection of very rare species that are difficult to detect with other methods, the method is a suitable and useful alternative to other established monitoring methods. There are large differences between the caves regarding species composition and activity, which basically coincide with existing data and expert assessments of the occurrence of species in the respective parts of the Canton. The differences in species activities during the year clearly show that the caves are used by different species assemblages and for different purposes depending on the time of the year. Using information from diurnal and seasonal registrations, we were able to draw further conclusions about cave use by different species. Our data demonstrate a large activity of the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*) in spring at two of the caves, which suggests a swarming behaviour at this time of the year. To a lesser extent, we also found this behaviour in Long-eared Bats (*Plecotus* spp.). The swarming behaviour of *Myotis nattereri* / *Myotis crypticus* in late autumn was striking. In this context, the activity peak in November seems late compared to previous studies. Regarding the weather factors analysed, bat activity was found to be reduced when it rained, and the influence of temperature varied depending on the season. Thus, activity was increased in spring when temperatures were warmer, while in autumn a higher bat activity was observed when temperatures were low.

Two caves achieve the criteria of an «International Key Underground Site» and are therefore also considered to be nationally significant. The third cave is of national or regional importance, depending on the interpretation of the data and the existing evaluation criteria.

Key Words: Bat, bat species, monitoring, cave, underground site, swarming, hibernation

1. Einleitung

Eine Vielzahl der 30 einheimischen Fledermausarten nutzt temporär Höhlen als Quartiere (Dietz et al. 2016). Allgemein bekannt und in unseren Breitengraden auch von zentraler Bedeutung ist die Nutzung von Höhlen für den Winterschlaf. Auch die sonst nur schwer nachzuweisenden Arten der artenreichen Gattung *Myotis* («Mausohr-Fledermäuse») überwintern häufig in Höhlen (Dietz und Kiefer 2014).

Darüber hinaus können Männchen und nicht reproduzierende Weibchen Höhlen ganzjährig nutzen (Dietz und Kiefer 2014). Für die Jungenaufzucht sind Höhlen in unseren Breitengraden hingegen in der Regel zu kalt (Gebhard 1997, Dietz et al. 2016). Als Zwischenquartiere bieten Höhlen z. B. bei Schlechtwettereinbrüchen Unterschlupf. Fledermäuse können in Höhlen ausserdem nach Insekten und Spinnen jagen (Klys und Woloszyn 2010) oder dort ihre nächtlichen Jagdpausen (Nachttquartier) verbringen (Parsons et al. 2003a, Agosta et al. 2005).

Besonders im Spätsommer und Herbst zeigt sich oft eine grosse Fledermausaktivität an Höhleneingängen (Fenton 1969, Furmarkiewicz et al. 2013). Viele Individuen verschiedener Arten versammeln sich, fliegen einige Stunden ein und aus und verlassen das Gebiet dann wieder (Parsons und Jones 2003). Zur biologischen Bedeutung dieses «herbstlichen Schwärms» gibt es folgende Erklärungen: Das Verhalten dient dem Finden von Geschlechtspartnern (u. a. Fenton 1969, Kerth et al. 2003, Parsons et al. 2003a). Durch das Zusammentreffen ansonsten weit voneinander entfernt lebender Individuen führt das Schwärmen zu einem genetischen Austausch zwischen sonst isolierten Populationen (Kerth et al. 2003, Veith et al. 2004). Weitere Erklärungen für das herbstliche Schwärmen sind Informationsübertragung zwischen den Tieren sowie das Kennenlernen und Beurteilen von geeigneten Winterquartieren (Fenton 1969, Veith et al. 2004, van Schaik et al. 2015). Das Zusammentreffen vieler Individuen nahe verwandter Arten dürfte mitunter ein Grund für das Auftreten von Hybriden zwischen den drei Bartfledermausarten sein (Bogdanowicz et al. 2012).

Die Nutzung von Höhlen durch Fledermäuse ist in der Deutschschweiz bisher eher spärlich untersucht. In der Region Basel hat Gebhard (1997) diverse Sichtbeobachtungen (Winterzählungen) in Höhlen und Stollen durchgeführt. Weitere publizierte Erkenntnisse aus der Schweiz stammen zu einem grossen Teil aus der Romandie und beruhen auf Sichtbeobachtungen (Aellen und Strinati 1962, Joye et al. 2016, E. Plattner, pers. Mitt), Abfängen von Tieren (Balestrieri et al. 2007, Patthey und Maeder 2014, Bader 2016a, Progrin 2021) oder bioakustischen Analysen (Patthey 2014, Gremaud et al. 2016, Rey et al. 2016). Abfänge am Höhleneingang sowie Sichtbeobachtungen in der Höhle entsprechen jedoch Momentaufnahmen und keinem lückenlosen Monitoring. Bei Sichtbeobachtungen sind zudem, abhängig von der Höhlensituation und artspezifischen Hangplatzwahl, nur 10 bis 50 % der winterschlafenden Tiere bei Kontrollen sichtbar (Gebhard 1997, Dietz und Kiefer 2014, Kugelschafter et al. 2014a), bei bioakustischen Analysen können besonders die *Myotis*-Arten nur schwer bestimmt werden (Rydell und Russo 2015) und bei allen drei Methoden werden nicht alle Arten mit der gleichen Wahrscheinlichkeit erfasst. So unterscheidet sich bei Abfängen die artspezifische Fangwahrscheinlichkeit aufgrund unterschiedlicher Flug- und Echoortungsfähigkeiten und bei bioakustischen Analysen führen artspezifische Rufegenschaften zu unterschiedlichen Detektierwahrscheinlichkeiten (Diez und Kiefer 2014).

Eine weniger invasive Methode als das Abfangen von Tieren am Höhleneingang ist die Überwachung der Fledermausaktivität mit Lichtschrankensystemen. Analog zur bioakustischen Erfassung bietet sie die Möglichkeit einer lückenlosen Erfassung, hat dabei zusätzlich die folgenden Vorteile: Alle Arten werden mit einer gleich hohen Wahrscheinlichkeit detektiert (Rydell und Russo 2015) und die Flugrichtung der Tiere (Ein- und Ausflug) kann bestimmt werden (Kugelschafter et al. 2014a). Wenn das Lichtschrankensystem mit einer Fotokamera ergänzt wird, ist eine Artansprache der *Myotis*-Arten zudem deutlich einfacher.

Die Methode wird bereits seit 1992 eingesetzt (Rivers et al. 2006, Piska et al. 2011, Kugel-

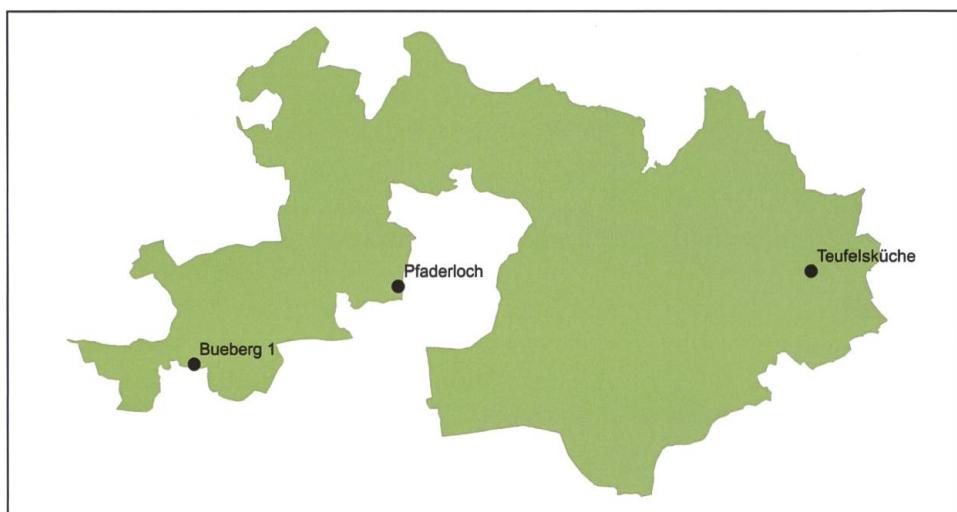


Abb. 1: Lage der drei untersuchten Höhlen im Kanton Basel-Landschaft.

schafter et al. 2014a), Rydell und Russo (2015) empfehlen den Einsatz eines Lichtschrankensystems mit Fotoaufnahmen sogar als Ersatz für Abfänge an besonders empfindlichen Standorten oder als Ergänzung einer bioakustischen Erhebung.

In den Jahren 2018–2020 wurde an den drei Höhlen Bueberg 1, Pfaderloch und Teufelsküche im Kanton Basel-Landschaft die Fledermausaktivität mit der Lichtschranken-Methode überwacht. In der Schweiz wurde davor erst in den Jahren 2015 und 2016 an zwei Höhlen im Kanton Solothurn mit der Lichtschranken-Methode gearbeitet (Bader 2016b, Bader 2017). Die vorliegende Arbeit beinhaltet zum ersten Mal eine detaillierte Auswertung von Daten, welche mit dieser Methode in der Schweiz erfasst wurden. Die Untersuchung an der Teufelsküche ist zudem der erste Fall, bei welchem mit dieser Methode eine Schweizer Höhle ganzjährig und lückenlos auf Fledermausaktivität untersucht worden ist.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchte Höhlen und Untersuchungszeitraum

Im Kanton Basel-Landschaft existieren rund 200 Höhlen, welche ein typisches Höhlenklima aufweisen und damit für Fledermäuse potenzielle Winterquartiere darstellen (E. Plattner, pers. Mitt.). Die untersuchten Höhlen Bueberg 1, Pfa-

derloch und Teufelsküche wählten wir nach den folgenden Kriterien aus: Zugänglichkeit, Anzahl Höhleneingänge, bereits bekannte Fledermausfunde sowie Höhlenlänge.

Zwei der untersuchten Höhlen befinden sich im Laufental, eine im Oberbaselbiet (Abb. 1, Tab. 1). Alle drei Höhlen liegen in Laubmischwaldbeständen.

Pfaderloch, Duggingen

Das Pfaderloch (auch Pelzlihöhle genannt) ist eine der längsten Höhlen des Kantons. Unter Speläologen ist die Nutzung der Höhle durch Fledermäuse bekannt. So merkte Bitterli (1996) im Speläologischen Inventar der Schweiz zum Pfaderloch an: «Die Höhle ist eine der wenigen Zufluchtsstätten für überwinternde Fledermäuse; sie hängen oft an Stellen, die bei einer Begehung nicht vermieden werden können. Die Höhle sollte deshalb nicht im Winter besucht werden.»

Der Eingang befindet sich in einem bekannten Klettergarten der Region, die Höhle ist mit Klettern und Seiltechnik begehbar (Janz 2016). Im Jahr 2017 wurde das Foto einer Kleinen Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) aus dem Pfaderloch auf einer Geocaching-Homepage gefunden (M. Waldner, pers. Mitt.). Dieses Foto aus dem Jahr 2015 war der erste Nachweis der Kleinen Hufeisennase im Kanton Baselland seit mehreren Jahrzehnten.

Tab. 1: Die drei untersuchten Höhlen mit Angaben zur Länge und Höhendifferenz (Bitterli 1996, E. Plattner, pers. Mitt.) sowie dem Zeitraum der Datenerhebungen.

Höhle	Gemeinde	Länge / Höhendifferenz	Höhe ü. Meer	Datenerhebung
Pfaderloch	Duggingen	150 m / 30 m	526 m	22.03.2018 – 24.06.2018
Teufelsküche	Wenslingen	80 m / 11 m	556 m	09.03.2019 – 27.03.2020.
Bueberg 1	Laufen	75 m / 22 m	420 m	28.03.2020 – 04.07.2020

Teufelsküche, Wenslingen

Die Höhle befindet sich oberhalb des Dellenbachs, nahe am Dorfrand. Aellen und Strinati (1962) schreiben von unbestätigten Funden von Grossem Mausohr (*Myotis myotis*) sowie Kleiner und Grosser Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*, *R. ferrumequinum*). Aktuellere Informationen zu allfälligen Fledermausvorkommen in der Höhle fanden wir vor dem Start unserer Erhebung keine.

Im Jahr 1986 wurde die Teufelsküche durch die ehemalige Arbeitsgemeinschaft für Speläologie Liestal (AGS Liestal) mit der Genehmigung der Gemeinde Wenslingen mit einem Gitter verschlossen und ist seither in der Winterzeit, seit den 1990er-Jahren sogar ganzjährig, für die Öffentlichkeit verschlossen. Sie wird nur für begleitete Exkursionen geöffnet (E. Plattner, pers. Mitt.).

Bueberg 1, Laufen

Am 16.11.2018 wurde eine Kleine Hufeisennase von T. Singeisen und E. Plattner (Schweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung, Sektion Basel) in der Höhle Bueberg 1 fotografiert (E. Plattner, pers. Mitt.). Weitere Kenntnisse zum Vorkommen und zur Nutzung der Höhle durch Fledermäuse waren vor dem Untersuchungsstart nicht vorhanden.

2.2 Überwachungsanlage

Zur Datenerhebung wurde ein nicht invasives Monitoringverfahren mit einem Lichtschrankensystem gewählt. Dazu wurde am Höhleneingang eine von ChiroTEC, Deutschland, entwickelte Überwachungsanlage installiert (Kugelschafter et al. 2014a).

Die Überwachungsanlage (Abb. 2) besteht aus:

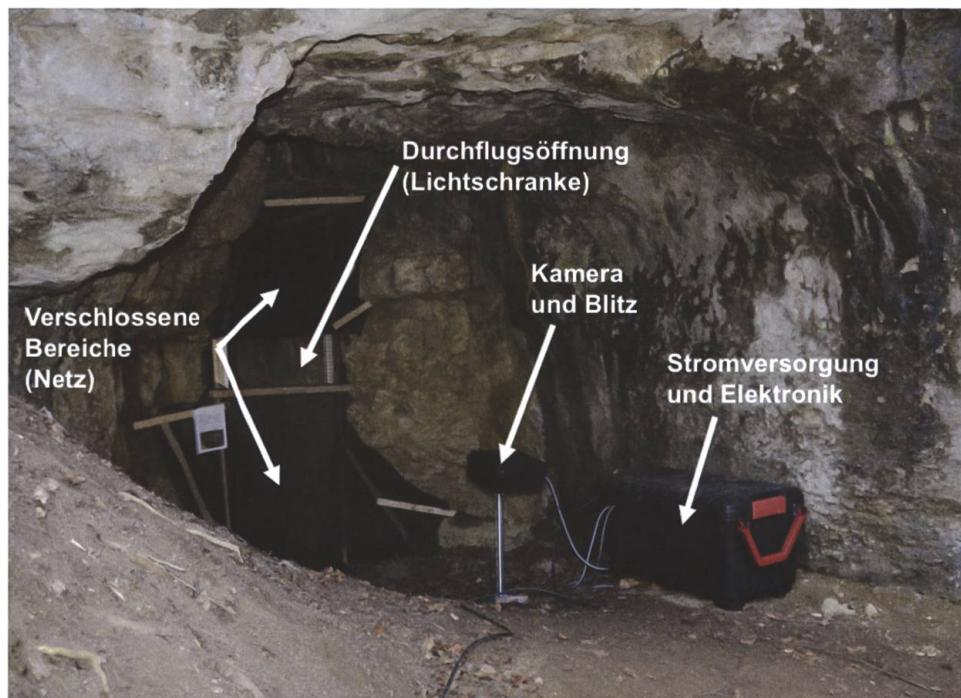


Abb. 2: Installierte Überwachungsanlage an der Teufelsküche in Wenslingen BL. Die Anlage wurde regelmässig, ca. alle zwei Wochen, kontrolliert und gewartet. Dabei wurden die Fotos von der Speicher-karte der Kamera kopiert und die auf dem Tricorder gespeicherten Daten von den Registrierungen der Lichtschanke mit dem Programm TricController (ChiroTEC) ausgelesen. Foto: C. Martinez.

- Lichtschrankensystem: zwei hintereinander gekoppelte Lichtschranken (Durchflugsöffnung 80 x 38 cm), welche die Detektion der Fledermäuse inklusive deren Durchflugrichtung ermöglichen.
- «Tricorder»: Gerät zur Datenregistrierung (Ein- und Ausflüge) und zum Auslösen der Kamera mit Blitz bei Unterbrechung der Lichtschranken.
- Panasonic DMC-G5 Systemkamera mit externem Blitz, jeweils in einer witterfesten Kiste mit Silicagel als Feuchtigkeitsschutz. Mit der Kamera werden alle ausfliegenden, nicht aber die in die Höhle einfliegenden Fledermäuse fotografiert.
- Drei bis fünf Autobatterien, welche je über einen Spannungsumwandler mit Tricorder, Blitz und Kamera verbunden sind und der Energieversorgung der Geräte dienen. Die Batterien wurden regelmässig ausgewechselt, um eine lückenlose Stromversorgung und damit Überwachung sicherzustellen. Eine Ausnahme bildete die Höhle in Wenslingen, die in unmittelbarer Nähe zu einem Pumpwerk liegt. Uns wurde freundlicherweise erlaubt, von dort Strom für die konstante Aufladung der Batterien zu beziehen. Zusätzlich erforderlich waren dazu drei Batterieladegeräte, eine Mehrfachsteckdose und Erdkabel zum Pumpwerk.

Der Höhleneingang wurde bis auf den Bereich in der Lichtschranke mit einem Netz verschlossen (Abb. 2). Auf diese Weise bleiben Luftströmungen und damit das Höhlenklima unverändert, alle ein- und ausfliegenden Fledermäuse müssen aber die Lichtschranke passieren.

2.3 Artbestimmung

Die Artbestimmung erfolgte anhand morphologischer Merkmale ab Foto. Bei einigen Arten ist mit dieser Methode keine eindeutige Artbestimmung möglich. Für diese Arten wurden Artkomplexe gebildet (Tab. 2). Diese werden im weiteren Verlauf der Arbeit der Einfachheit halber ebenfalls als Arten behandelt.

2.4 Verwendete Daten

Für die Auswertung der Netto-Ein- resp. -Ausflüge (ohne Artbezug) wurden die durch den Tricorder registrierten Ein- und Ausflugsereignisse mit der Software TricController ausgelesen und mit dem Analyseprogramm ChiroGraph ausgewertet (ChiroTEC).

Die Basis der übrigen Datenauswertung bilden die Fotos (inklusive Metadaten), welche an der Überwachungsanlage durch ausfliegende Tiere ausgelöst worden sind. Dies bringt den Vorteil, dass die Ereignisse den einzelnen Arten zugeordnet werden können. Eine Artzuweisung war bei 95 % der Bilder mit Fledermäusen möglich. Da der Blitz nach Auslösung für eine sehr kurze Zeit blockiert ist, besteht theoretisch die Möglichkeit, dass bei zeitnah hintereinander ausfliegenden Tieren nicht jedes Tier fotografiert wird. Bei einer Kontrolle von 921 registrierten Ausflügen in 14 Nächten (darunter diejenigen mit den höchsten Aktivitäten) zeigte sich aber, dass die Anzahl Fotos zu 98 % mit den Ausflugszahlen des TricControllers übereinstimmt.

Von jeder ausfliegenden Fledermaus, bei welcher eine Bestimmung möglich war, wurden

Artkomplex	Dazugehörige Arten (deutsch)	Wissenschaftlicher Name
Bartfledermäuse	Bartfledermaus	<i>Myotis mystacinus</i> (Kuhl 1817)
	Brandtfledermaus	<i>Myotis brandtii</i> (Eversmann 1845)
	Nymphenfledermaus	<i>Myotis alcathoe</i> (Helversen & Heller, 2001)
Fransenfledermäuse	Fransenfledermaus	<i>Myotis nattereri</i> (Kuhl 1817)
	Kryptisches Mausohr	<i>Myotis crypticus</i> (Juste et al. 2019)
Langohrfledermäuse	Braunes Langohr	<i>Plecotus auritus</i> (Linnaeus 1758)
	Graues Langohr	<i>Plecotus austriacus</i> (Fischer 1829)
Zwergfledermäuse	Zwergfledermaus	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> (Schreber 1774)
	Mückenfledermaus	<i>Pipistrellus pygmaeus</i> (Leach 1825)
	Rauhautfledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i> (Keyserling & Blasius 1839)
	Weissrandfledermaus	<i>Pipistrellus kuhlii</i> (Kuhl 1817)

Tab. 2: Verwendete Artkomplexe für nicht eindeutig ab Foto identifizierbare Arten.

Tab. 3: Arten resp. Artkomplexe, welche an den drei untersuchten Höhlen im jeweiligen Überwachungszeitraum nachgewiesen worden sind. Rote-Liste-Status (RL): Bohnenstengel et al. 2014, National Prioritäre Arten: BAFU 2019. Hinweis: Für die neu beschriebene Art *Myotis crypticus* (Ruedi et al. 2019) existiert noch keine Einschätzung bezüglich Rote-Liste-Status und Nationaler Priorität.

Art / Artkomplex Deutsch	Arten	RL- Status	Nationale Priorität	Pfaderloch 22.03. – 24.06.2018	Teufelsküche 09.03.2019 – 27.03.2020	Bueberg 128.03. – 04.07.2020
Grosse Hufeisennase	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber 1774)	CR	1	X	X	
Kleine Hufeisennase	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein 1800)	EN	1	X		X
Grosses Mausohr	<i>Myotis myotis</i> (Borkhausen 1797)	VU	1	X	X	X
Bechsteinfledermaus	<i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl 1817)	VU	4	X	X	X
Fransenfledermäuse	<i>Myotis nattereri / crypticus</i>	NT / ?	1 / ?	X	X	X
Wimperfledermaus	<i>Myotis emarginatus</i> (Geoffroy 1806)	EN	1	X	X	X
Barffledermäuse	<i>Myotis mystacinus / brandtii / alcathoe</i>	LC / VU / DD	n / 1 / 4		X	X
Wasserfledermaus	<i>Myotis daubentonii</i> (Kuhl 1817)	NT	n	X	X	X
Langohrfledermäuse	<i>Plecotus auritus / austriacus</i>	VU / CR	1	X	X	X
Breitflügelfledermaus	<i>Eptesicus serotinus</i> (Schreber 1774)	VU	1	X		
Zwergfledermäuse	<i>Pipistrellus kuhlii / nathusii / pipistrellus / pygmaeus</i>	LC / NT	n	X	X	

Datum und Uhrzeit (MEZ) aus der dazugehörigen Bilddatei ausgelesen.

Folgende zusätzliche Daten wurden für die Auswertungen verwendet: Meteodataen (Temperatur, Niederschlag, Globalstrahlung) der jeweils nächstgelegenen Wetterstationen Aesch BL (Pfaderloch), Breitenhof BL (Teufelsküche) und Courtelemont JU (Bueberg 1; www.agrometeo.ch) und Sonnenunter- und Sonnenaufgangsdaten für Basel (www.sunrise-and-sunset.com).

3. Ergebnisse

3.1 Artenspektrum und Anzahl Tiere

Es wurden gesamthaft mindestens 11 Arten an den drei Höhleneingängen nachgewiesen (10 Pfaderloch, 9 Teufelsküche, 8 Bueberg 1), davon mind. 7 Arten der höchsten Nationalen Prioritätsstufe (7 Pfaderloch, je 5 Teufelsküche und Bueberg 1) [Tab. 3].

Insgesamt wurden über den gesamten Beobachtungszeitraum an der Höhle Pfaderloch 3'016, an der Teufelsküche 2'284 und an der Höhle Bueberg 1 7'111 Ausflüge registriert, bei denen anhand der Fotos eine Art- resp. Artkomplexzuordnung möglich war.

Vergleicht man die Aktivität und die Artenzusammensetzung im gemeinsamen Überwachungszeitraum vom 28.03. bis 24.6., so fallen grosse Unterschiede zwischen den drei Höhlen

auf: In Bueberg 1 war die Anzahl der Ausflüge mit 7'008 mehr als doppelt so hoch wie am Pfaderloch (2'977) und im Vergleich mit der Teufelsküche (456) wurden sogar rund 15-mal mehr Ausflüge festgestellt.

Auch in Bezug auf die Artenzusammensetzung gibt es Standortunterschiede (Abb. 3). Die Kleine Hufeisennase wurde an beiden Höhlen im Laufental nachgewiesen und ist dort für den grössten Teil der Gesamtaktivität verantwortlich. Mit 96 % der Gesamtaktivität war die Dominanz der Kleinen Hufeisennase an der Höhle Bueberg 1 überdeutlich. Die restlichen 4 % der Fotos aus der Höhle Bueberg 1 stammen von Vertretern der Gattung *Myotis* (3,9 %) sowie vereinzelt von Langohrfledermäusen (*Plecotus* spp., 0,1 %).

Auch am Pfaderloch war die Kleine Hufeisennase mit 67 % der Gesamtaktivität die dominante Art, es wurde aber auch eine grosse Aktivität der Gattung *Myotis* festgestellt (28 %), wovon die Bechsteinfledermaus, das Grosses Mausohr und die Wasserfledermaus den grössten Teil ausmachten. Nur an dieser Höhle wurde auch die Breitflügelfledermaus (0,7 %) nachgewiesen. Weitere festgestellte Arten waren die Grosse Hufeisennase (3 %) sowie vereinzelt Zwergfledermäuse (0,2 %).

An der Teufelsküche stammten 52 % der Fotos von *Myotis*-Arten, hauptverantwortlich dafür waren die Fransenfledermäuse (44 % der Ge-

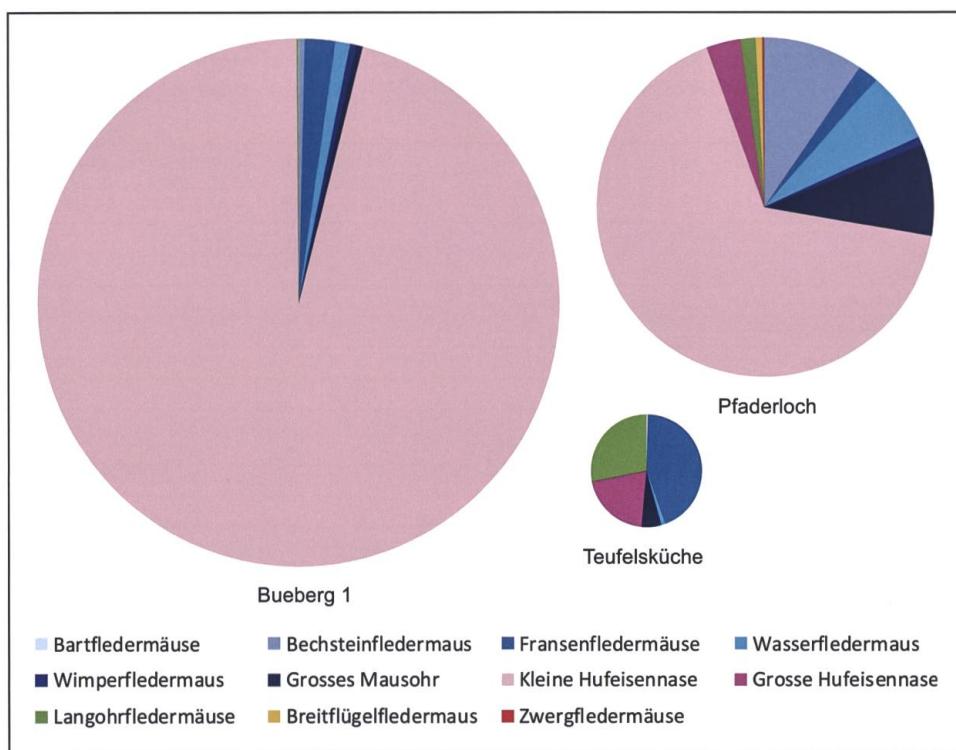


Abb. 3: Unterschiedliche Artzusammensetzung und Häufigkeiten an den drei untersuchten Höhlen im vergleichbaren Überwachungszeitraum (Pentade 26.03.–24.06.). Die Grösse der jeweiligen Flächen ist proportional zur Gesamtaktivität (Anzahl Fotos: Bueberg 1 = 7'008, Pfaderloch = 2'977, Teufelsküche = 456). Hinweis für diese und die folgenden Abbildungen: Folgende Farben wurden den verschiedenen Gattungen zugeordnet: *Rhinolophus*: Pink / Rosa, *Myotis*: Blautöne, *Plecotus*: Grün, *Eptesicus*: Gelb, *Pipistrellus*: Rot.

samtaktivität), gefolgt von Grossem Mausohr, Wasser- und Wimperfledermaus sowie den Bartfledermäusen. An zweiter Stelle kamen die Langohrfledermäuse (*Plecotus* spp., 28 %) und die Grosse Hufeisennase (20 %). Wenige Nachweise (1 %) stammten von Zwergfledermäusen.

Die Anzahl der Tiere, welche die Höhle im Frühling verlassen haben (Einflüge/Ausflüge) unterschied sich von Höhle zu Höhle. An der Teufelsküche wurden im Vergleich zu den anderen beiden Höhlen aber deutlich weniger Netto-Ausflüge im Frühling gemessen. Während der ersten Frühlingshälfte (Überwachungsstart bis Mitte April) haben in allen drei Höhlen netto mehr Tiere die Höhle verlassen. Bei der Teufelsküche und der Höhle Bueberg 1 setzte sich dieser Netto-Ausflug auch in der zweiten Früh-

lingshälfte fort (bis Ende Mai), während dann am Pfaderloch ein Netto-Einflug in die Höhle stattgefunden hat (Tab. 4).

3.2 Jahreszeitliche Nutzung

3.2.1 Überblick

An der Teufelsküche erlaubte die ganzjährige Überwachung eine detaillierte Betrachtung der Fledermausaktivität im Jahresverlauf. Dabei zeigten sich Veränderungen der Aktivität und der Artzusammensetzung. Die meisten Ausflüge wurden in den Herbstmonaten registriert, insbesondere im November (ein Drittel aller Ausflüge). Dafür waren vor allem die Fransenfledermäuse (95 % der Monatsaktivität) verantwortlich (Abb. 4). Die geringste Fledermausaktivität wurde im Januar und Februar festgestellt, gefolgt von den Sommermonaten Juni und Juli.

Am meisten Arten wurden im September (8), am wenigsten im Februar (3) gezählt. Neben der Diversität ändert auch die Häufigkeitsverhältnisse zwischen den Arten. So waren, anders als im November, zum Beispiel im März vor allem Langohrfledermäuse aktiv (50 %). In den Sommermonaten fällt der im Vergleich zum restli-

Tab. 4: Anzahl vom TriCorder registrierte Netto-Einflüge/-Ausflüge im Frühling. Eine negative Zahl entspricht dabei einem Netto-Ausflug aus der Höhle, eine positive Zahl einem Netto-Einflug

Höhle	Netto 1 (Überwachungsstart bis 15.04.)	Netto 2 (Überwachungsstart bis 31.05.)
Pfaderloch	-47	+186
Teufelsküche	-6	-17
Bueberg 1	-32	-72

chen Jahresverlauf geringe Anteil an Fransenfledermäusen auf (z.B. 14 % im August). Dafür stammen 35 % der Ausflüge im August von der Wasserfledermaus.

3.2.2 Frühling

Zum Frühling liegen Daten aus allen drei untersuchten Höhlen vor. Nach tiefen Werten im Januar und Februar steigt die Aktivität (Anzahl Ausflüge) im Frühling an, jedoch nicht bei allen Fledermausarten zur gleichen Zeit. Bei den Fransenfledermäusen, den Langohrfledermäusen, der Wasserfledermaus und der Grossen Hufeisennase waren bereits im März 20 % der ge-

samten Frühlingsaktivität erreicht, beim Grossen Mausohr, der Kleinen Hufeisennase, der Bechsteinfledermaus und der Breitflügelfledermaus war dieser Wert erst im April, bei der Wimperfledermaus erst gegen Ende Mai erreicht (Abb. 5).

3.2.3 Sommer und Herbst

Während der Schwärmerperiode im Sommer und Herbst lassen sich bei drei Arten resp. Artkomplexen Aktivitätspeaks erkennen. Diese sind zeitlich gestaffelt mit einem Aktivitätsmaximum bei der Wasserfledermaus im August, den Langohrfledermäusen im Oktober und den Fransenfledermäusen im November (Abb. 6).

3.2.4 Winter

Auch während der Winterschlafzeit wurden an der Teufelsküche Fledermausaktivitäten registriert. Die Ausflugsfotos während dieser Zeit stammen von Fransenfledermäusen, Langohrfledermäusen, der Wasserfledermaus, den Bartfledermäusen sowie Zergfledermäusen (Abb. 4).

3.3 Tageszeitliche Nutzung

Betrachtet man die ganzjährig vorhandenen Daten der Teufelsküche zur tageszeitlichen Nutzung, fallen Unterschiede zwischen den Jahresabschnitten und den Arten auf.

Die Fransenfledermäuse waren insgesamt für die grösste Fledermausaktivität verantwortlich (vgl. 3.1). Von ihnen konnten über die gesamte Nachtdauer und in allen Jahresabschnitten Ausflüge registriert werden. In der «Aktivphase» (Sommer und Herbst) wie auch im Winter wurde bei den Fransenfledermäusen die grösste Aktivität 5 Stunden nach Sonnenuntergang gemessen, im Frühling jedoch in der Zeit direkt nach Sonnenuntergang (Abb. 7).

Ein etwas anderes Aktivitätsmuster zeigen die Langohrfledermäuse. Im Frühling wurde die grösste Aktivität in der Zeit direkt nach Sonnenuntergang gemessen. Die Aktivität nahm danach aber ab, es wurden jedoch im ganzen Nachtverlauf weiterhin Ausflüge registriert. In der «Ak-

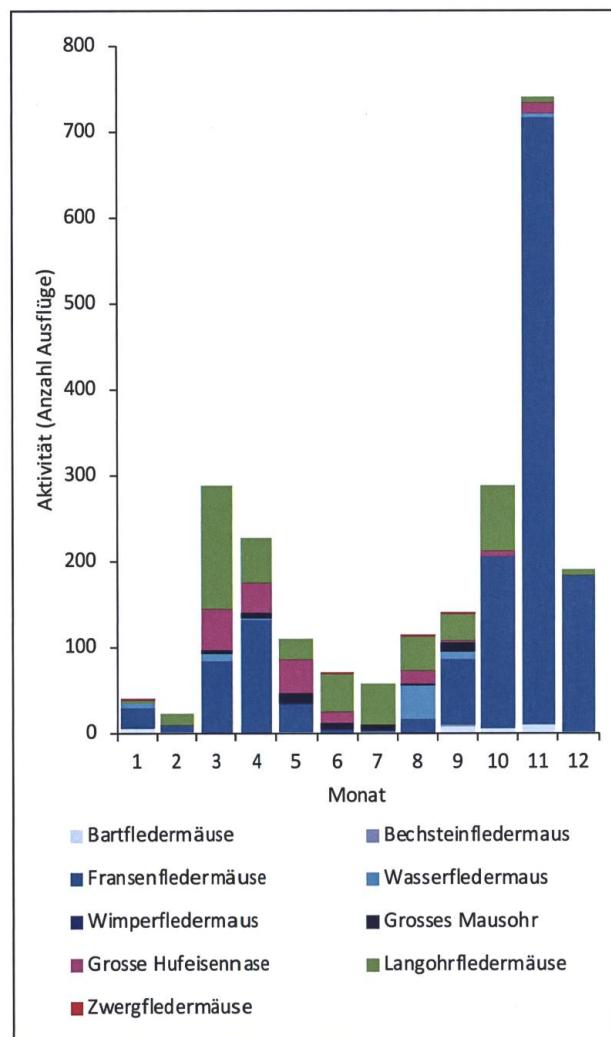


Abb. 4: Fledermausaktivität an der Teufelsküche im Jahresverlauf, unterteilt auf die verschiedenen Arten resp. Artkomplexe (Monat 1: Januar, Monat 12: Dezember, n = 2'284 Ausflüge).

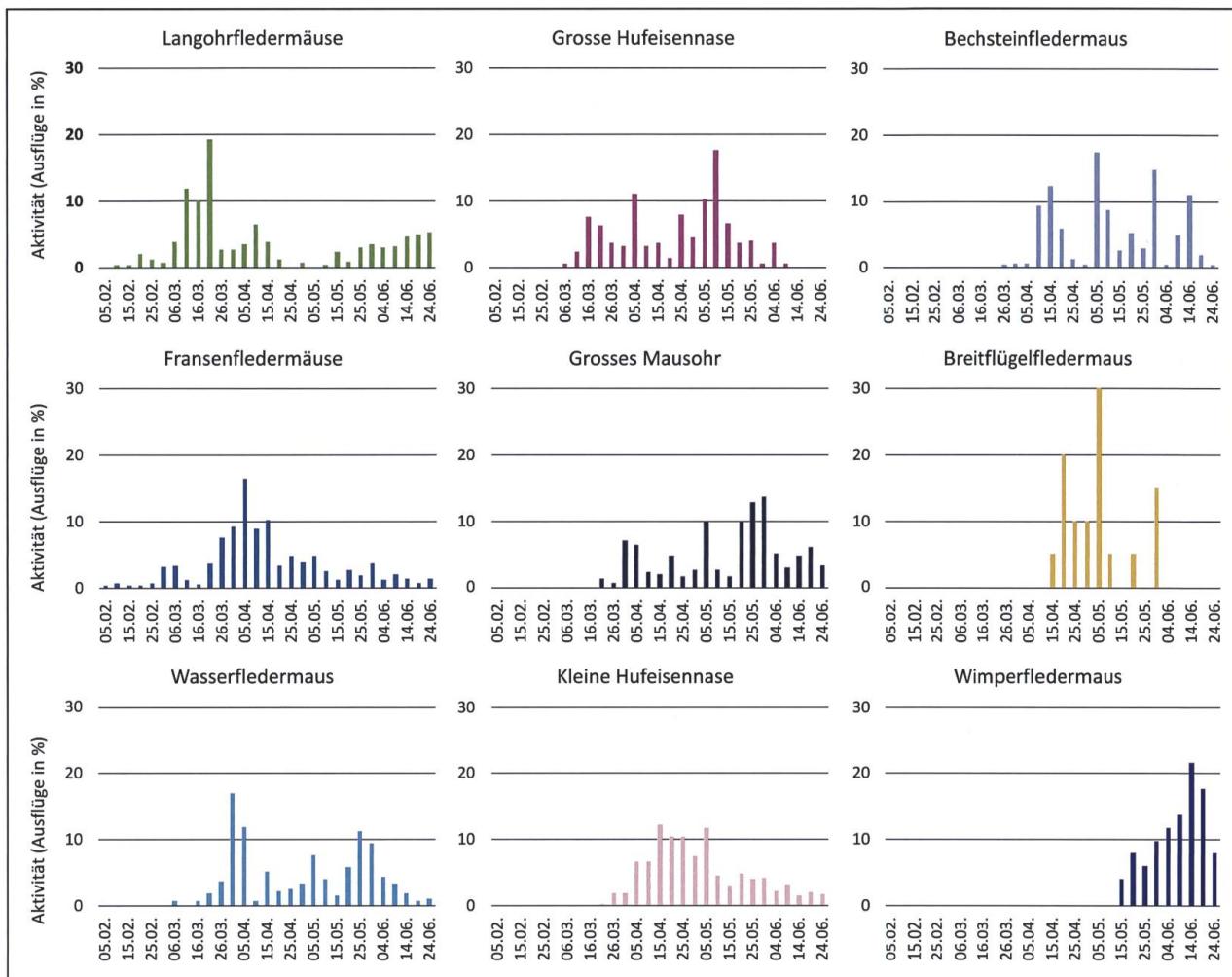


Abb. 5: Aktivität während der Aufwachphase nach dem Winterschlaf für die neun Arten resp. Artkomplexe mit mindestens 20 Frühlingsausflügen in Prozent. Berücksichtigt sind die 5-Tages-Intervalle (Pentaden) vom 05.02. bis 24.06., dargestellt sind jeweils die prozentualen Werte aller vorhandener Ausflugszahlen (alle drei Höhlen) pro Pentade (Anzahl Fotos: Langohrfledermäuse = 348, Grosse Hufeisennase = 228, Bechsteinfledermaus = 312, Fransenfledermäuse = 451, Grosses Mausohr = 316, Breitflügelfledermaus = 20, Wasserfledermaus = 277, Kleine Hufeisennase = 8'717, Wimperfledermaus = 51).

tivphase» im Sommer und Herbst wiesen die Langohrfledermäuse hingegen drei klar getrennte Aktivitätspeaks auf: nach Sonnenuntergang, in der zweiten Nachthälfte und nochmals direkt vor Sonnenaufgang. Die geringe Aktivität im Winter konzentrierte sich auf die erste Nachthälfte, jedoch nicht direkt auf die Zeit nach Sonnenuntergang.

Die Grosse Hufeisennase wurde im Frühling schwerpunktmässig direkt nach Sonnenuntergang beim Höhlenausflug registriert, aus der «Aktivphase» im Sommer/Herbst liegen von dieser Art nur wenig Ausflüge aus der Höhle vor, aus dem Winter gar keine.

Von der Wasserfledermaus gab es über das ganze Jahr 75 Ausflüge an der Teufelsküche. Die meisten stammten aus der «Aktivzeit» im Sommer/Herbst, mit einem klaren Aktivitätspeak in der zweiten Nachthälfte. Wenige Ausflüge direkt nach Sonnenuntergang fanden über das gesamte Jahr verteilt statt (Abb. 7).

3.4 Wetterfaktoren

In der Aufwachphase im Frühling wurde bei hohen Temperaturen eine grössere Fledermausaktivität gemessen als bei tiefen Temperaturen, obwohl tiefe Temperaturen in Bezug auf die

Gesamtdauer des Beobachtungszeitraums überwogen (Median aller Ausflüge: 12,1°C, Median aller Nachtstunden: 8,5°C). Im Herbst zeigt sich ein gegenteiliges Muster, hier war eine höhere Fledermausaktivität bei tieferen Temperaturen (Median aller Ausflüge: 6,4°C) erkennbar, obwohl Nachtstunden mit wärmeren Temperaturen in diesem Zeitraum überwogen (Median aller Nachtstunden: 10,2°C; alle Angaben stammen aus der Teufelsküche).

Betrachtet man die Fledermausaktivität in Abhängigkeit des Niederschlags, so fällt auf, dass die Tiere bei Trockenheit leicht überproportional aktiv waren, bei Regen nimmt die Aktivität hingegen deutlich ab und fällt auf durchschnittlich 50 % der Aktivität, die angesichts der vorhandenen Zeit mit Niederschlag zu erwarten wäre. Bei starkem Regen liegt die Aktivität nur noch bei 42 % des erwarteten Wertes (Abb. 8).

4. Diskussion

Nachgewiesenes Artenspektrum

An den drei untersuchten Höhlen sind je 8 bis 10 verschiedene Fledermausarten resp. Artenkomplexe nachgewiesen worden. Dies entspricht ca. einem Drittel bis der Hälfte der regional vor-

kommenden Arten (Swissbat, Datenbank für Fledermausfaunadaten der Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz). Jeweils etwas mehr als die Hälfte der an jeder Höhle nachgewiesenen Arten gehört der höchsten Nationalen Prioritätsstufe an. Die von uns angewendete Methode scheint somit sehr geeignet, um Kenntnislücken zum Vorkommen sehr seltener und mit anderen Methoden nur schwer nachweisbaren Arten zu schliessen. Aufgrund des grossen Höhlenangebots in der Region vermuten wir, dass es sich bei den nachgewiesenen Tieren tendenziell auch um Tiere aus «lokalen» Populationen handelt. Zu beachten ist allerdings, dass die Aktionsradien zwischen Winter- und Sommerquartier je nach Fledermausart sehr stark variieren können (Dietz und Kiefer 2014, Dietz et al. 2016) und dadurch je nach Art ein unterschiedliches «Einzugsgebiet» abgedeckt wird.

Einschätzungen zum effektiven Artenspektrum

Aufgrund der Tatsache, dass 4 Komplexe mit insgesamt 11 Fledermausarten gebildet wurden, ist es durchaus möglich, dass die effektive Artenzahl etwas höher liegt als ausgewiesen. So liegen bisher noch keine Kenntnisse zum exakten Ver-

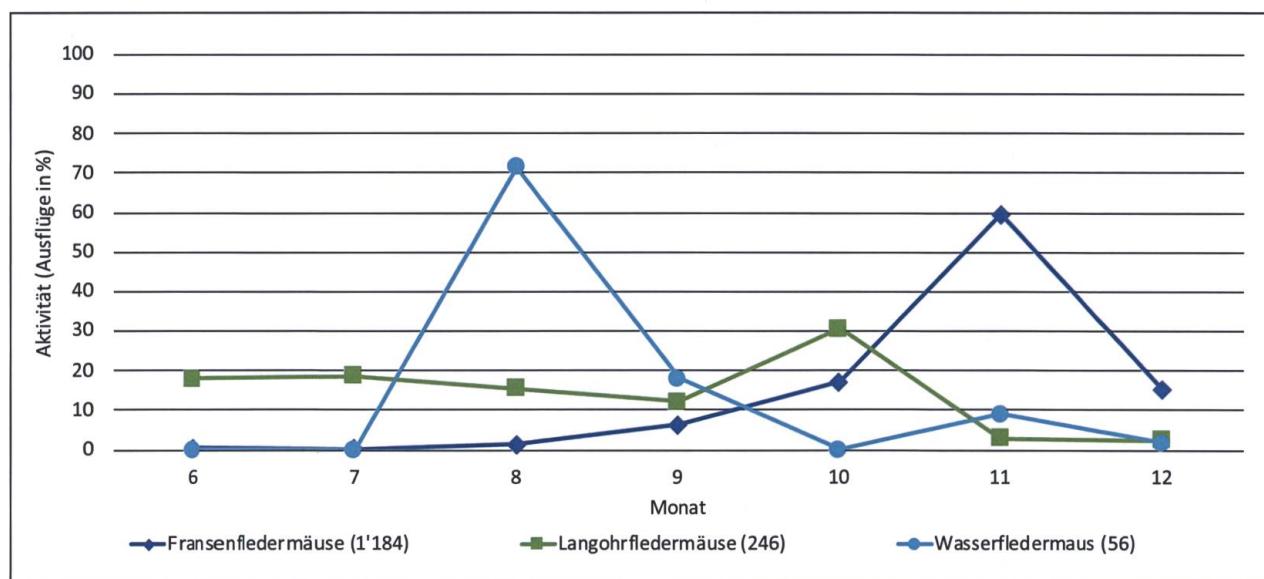


Abb. 6: Aktivität der Arten resp. -komplexe an der Teufelsküche im Sommer und Herbst in Prozent. Berücksichtigt sind die Daten der Monate Juni bis Dezember 2019 und die Arten resp. -komplexe mit mindestens 50 Ausflügen aus diesem Zeitraum. Die jeweilige Gesamtzahl der registrierten Ausflüge im entsprechenden Zeitraum ist hinter jedem Artnamen notiert.

lauf der nördlichen Verbreitungsgrenze des neu beschriebenen Kryptischen Mausohrs (*Myotis crypticus*) vor. Die Art weist ein südlicheres Verbreitungsgebiet als die Fransenfledermaus auf, wurde aber auch nördlich der Alpen nachgewiesen (Juste et al. 2018, Çoraman et al. 2019). In der Region ist deswegen das Vorkommen beider dieser bisher nur genetisch sicher voneinander unterscheidbaren Arten (Juste et al. 2018) denkbar.

Die drei Arten der Bartfledermäuse sind sich morphologisch sehr ähnlich, für eine Bestimmung müssen unter anderem Zahnmerkmale beigezogen werden (Dietz et al. 2016). Die Bartfledermaus ist mit Abstand die häufigste dieser

drei Arten in der Region (Swissbat, Datenbank für Fledermausfaunadaten der Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz) und auch in der gesamten Schweiz (Graf und Fischer 2021). Es ist daher wahrscheinlich, dass auch die Mehrzahl der Fotos von dieser Art stammen. Diese Hypothese deckt sich mit den Ergebnissen von Abfangstudien an Höhlen aus der Schweiz, bei welchen die Bartfledermaus die häufigste gefangene Art des Komplexes war (91 %: Patthey und Maeder 2014, 93 %: Bader 2016a, 99 %: Progin 2021).

Bei den Langohrfledermäusen dürfte es sich grossmehrheitlich um das Braune Langohr handeln, welches besonders im Winter eine Vielzahl

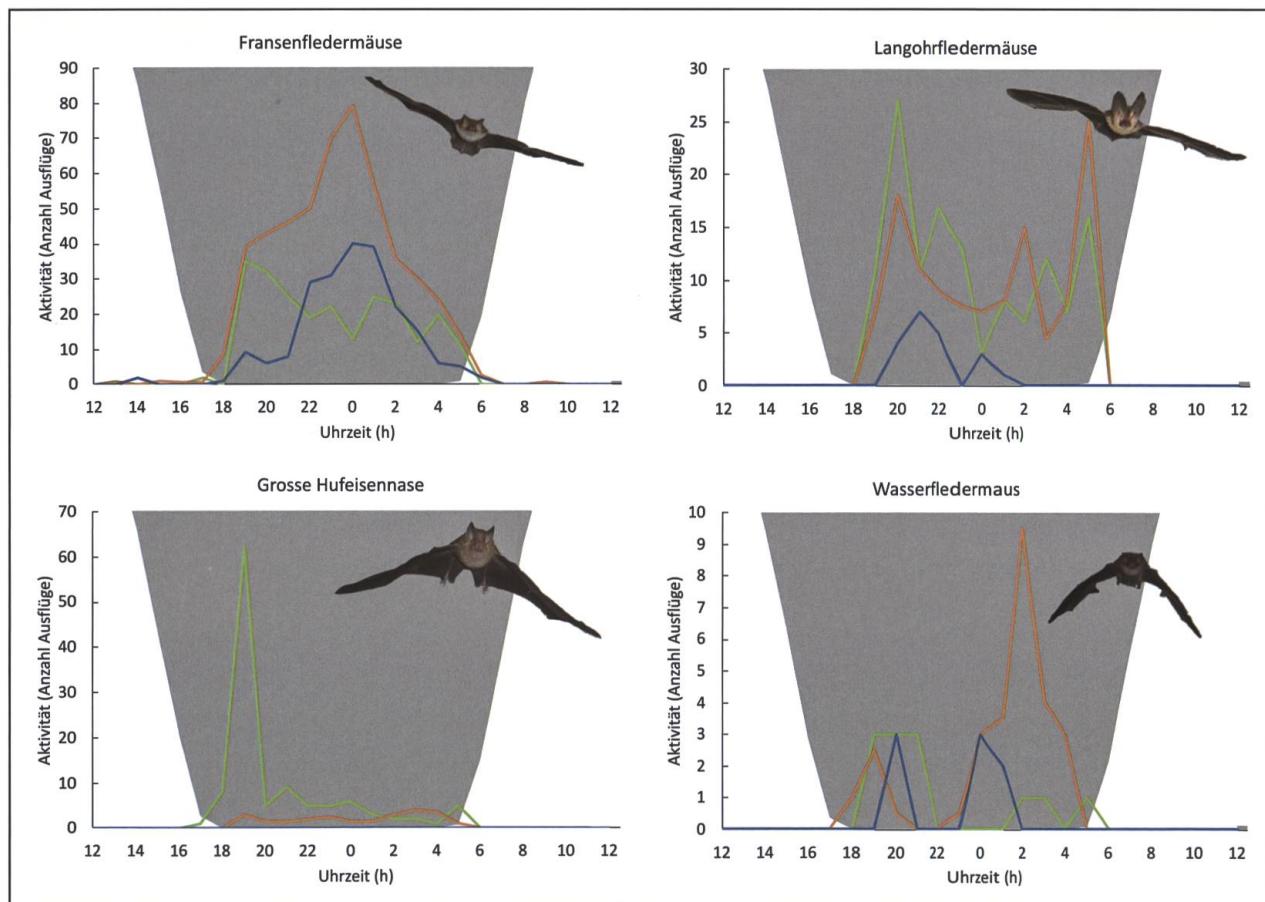


Abb. 7: Aktivität der vier häufigsten Arten resp. Artkomplexe an der Teufelsküche im Nachtverlauf für die drei biologisch unterscheidbaren «Jahresabschnitte» bei Fledermäusen (grün: «Aufwachphase» von März bis Mai, orange: «Aktivphase» von Juni bis November, blau: «Winterschlafphase» von Dezember bis Februar). Hintergrund: Tag/Nacht, basierend auf Angaben zur Globalstrahlung (grau: Nacht, weiß: Tag). Zu beachten sind die unterschiedlichen Skalen der y-Achsen und Stichprobengrössen je nach Art (Anzahl Ausflüge: Fransenfledermäuse = 1'458, Langohrfledermäuse = 391, Grosse Hufeisennase = 164, Wasserfledermaus = 75). Damit die Angaben der verschiedenen Phasen vergleichbar sind, wurden die Werte der Aktivitätsphase halbiert (im Vergleich zur Aufwach- und Winterschlafphase ist die Aktivitätsphase doppelt so lang). Alle Ausflugszeiten wurden auf den 01.04. genormt, um die unterschiedlichen Tageslängen (Helligkeit bei einer bestimmten Uhrzeit) zu berücksichtigen.

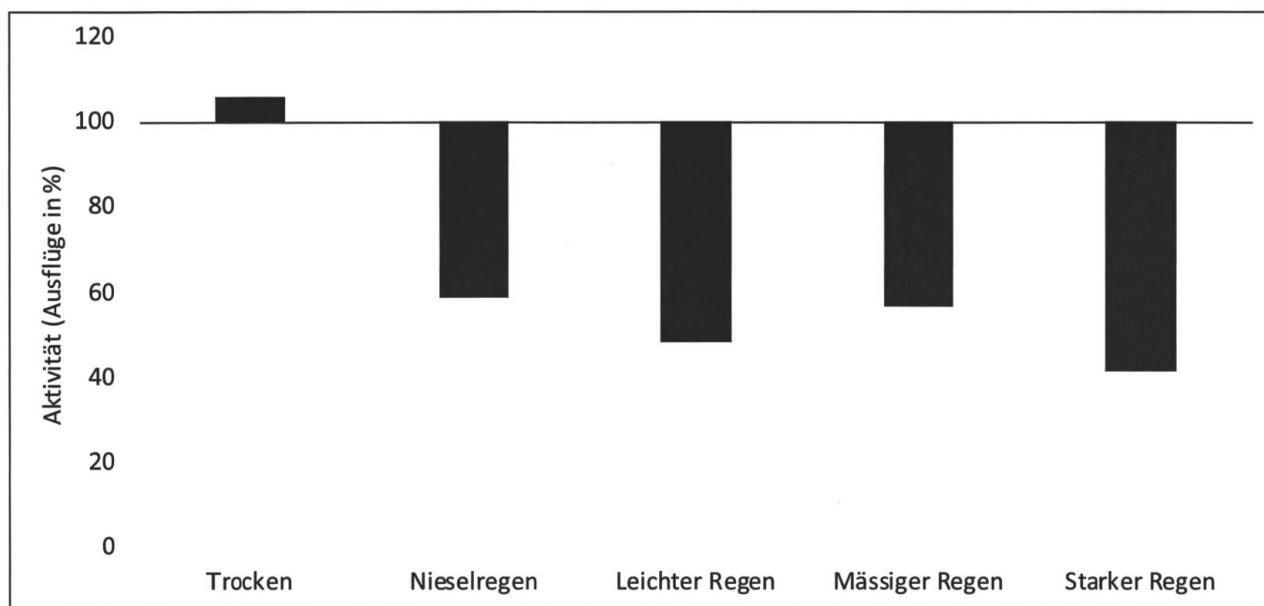


Abb. 8: Fledermausaktivität bei zunehmendem Niederschlag, proportional zum Anteil Stunden mit der jeweiligen Niederschlagskategorie in Prozent. Berücksichtigt wurden die Daten aller drei Höhlen, aber lediglich die Daten von 18 bis 6 Uhr (skalierte Uhrzeit), da dies der grundsätzlichen Aktivitätszeit der Tiere entspricht. Die Niederschlagskategorien wurden nach der Niederschlagsmenge in der entsprechenden Stunde erstellt: Trocken: 0 mm (11'408 Ausflüge in 6'522 h), Nieselregen: 0,2 mm (319 Ausflüge in 329 h), leichter Regen 0,4–1,4 mm (323 in 407 h), mässiger Regen 1,6–3,8 mm (86 in 92 h), starker Regen 4,0–9,8 mm (13 in 19 h).

an unterirdischen Quartieren nutzt (Dietz und Kiefer 2014). Obwohl Höhlen auch für das Graue Langohr als mögliche Überwinterungsquartiere angegeben werden (Dietz und Kiefer 2014, Martíková et al. 2020), werden unterirdische Quartiere von dieser Art nur zu einem geringen Prozentsatz besiedelt (Heidecke 1983). In bisherigen Abfangstudien aus der Schweiz an Höhlen nördlich der Alpen wurden ausschliesslich Braune Langohren gefangen (Patthey und Maeder 2014, Bader 2016a).

Von den Zwergfledermäusen wurden in der vorliegenden Untersuchung insgesamt nur 10 Ausflüge registriert. Am ehesten scheint es sich hier aufgrund der Häufigkeit und Verbreitung in der Region (pers. Beob.) um die Zwergfledermaus zu handeln, welche selten auch von Patthey und Maeder (2014) an Höhleneingängen gefangen worden ist. Besonders die Rauhautfledermaus oder die Mückenfledermaus lassen sich aber nicht ausschliessen, während wir Nachweise der Weissrandfledermaus aufgrund ihrer bevorzugten Nähe zu Stadtgebieten in der Region Basel (Swissbat, Datenbank für Fledermausfaunadaten der Koordinationsstelle Ost für

Fledermausschutz) und ihrer etwas anderen Färbung als unwahrscheinlich erachten.

Spezielle Nachweise

Der Nachweis der schweizweit vom Aussterben bedrohten Grossen Hufeisennase an der Teufelsküche in Wenslingen konnte aufgrund der Nähe zur letzten bekannten Schweizer Wochenstube mit 5 resp. 6 erwachsenen Weibchen auf der Alpennordseite in Wegenstetten AG (Swissbat, Datenbank für Fledermausfaunadaten der Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz) in Kombination mit den historischen Beobachtungen von Aellen und Strinati (1962) erwartet werden. Eher unerwartet waren allerdings die Nachweise dieser Art am 25 km weit entfernten Pfaderloch im Laufental. Die einzigen Nachweise dieser Art aus der Umgebung von Höhlen stammen von Höhlenbeobachtungen aus Hochwald und Gempen (beide Kanton SO) aus den frühen 1980er-Jahren, wobei jeweils 1 bis 2 Individuen beobachtet wurden (Gebhard 1983), sowie dem Nachweis an einer Höhle in der Nähe von Dornach SO (Bader 2016a). Am Pfaderloch konnten

wir mindestens zwei verschiedene Individuen nachweisen und eines davon anhand seiner dunklen Fellfärbung auch eindeutig als Jungtier aus dem Vorjahr bestimmen (Abb. 9). Auffallend war zudem, dass die Fotos des mehrjährigen Tieres alle aus derselben Nacht sind (08.04.), während diejenigen der/des Jungtiere/s aus mehreren Nächten im Zeitraum vom 02.04. bis 24.05. stammen. Das adulte Tier hat die Höhle daher vermutlich direkt nach Aufwachen aus dem Winterschlaf verlassen oder die Höhle nur einmalig besucht, während das/die noch nicht reproduzierende/n einjährige/n Tier/e etwas länger in der Höhle resp. deren Umgebung verbrachte/n. Eine Herkunft aus Wegenstetten ist aufgrund der Fluglinien-Distanz theoretisch denkbar. Die Art folgt bei saisonalen Quartierwechseln sehr gerne Flusstälern (Dietz et al. 2016), was den wahrscheinlichsten Flugweg zum Pfaderloch etwas verlängern würde. Da auch im angrenzenden Ausland gegenwärtig keine Kolonien mehr bekannt sind (Braun und Dieterlen 2003, <https://gepma.org/mammifera/grand-rhinolophe>, https://agf-bw.de/50_fledermaeuse_in_bw/50_index.html), wäre die einzige alternative Herkunft eine gegenwärtig nicht bekannte Wochenstube.

Die schweizweit stark gefährdete Kleine Hufeisennase zeigte eine hohe Aktivität an den beiden Höhlen im Laufental (Pfaderloch und Bueberg 1), fehlte an der Teufelsküche im Oberbaselbiet hingegen komplett. Dies erstaunt insofern nicht, da sich die einzige bekannte Wochenstubenkolonie der Region auf Schweizer Boden in ca. 7 (Bueberg 1) resp. 12 km (Pfaderloch) Entfernung der beiden Höhlen des Laufentals befindet (Swissbat, Datenbank für Fledermausfaunadaten der Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz) und aus jeder Höhle zudem bereits eine Sichtung eines winterschlafenden Tieres bekannt war (siehe 2.1). Auch die bekannten Kolonien im angrenzenden Elsass liegen deutlich näher zum Laufental als zum Oberbaselbiet (<https://gepma.org/mammifera/petit-rhinolophe/>). Die Sommer- und Winterquartiere der Kleinen Hufeisennasen befinden sich in der Regel in weniger als 20 km Entfernung (Roer und Schober 2001). Die in den beiden Höhlen nachgewiesenen Tiere können so-

mit von einer der bekannten Wochenstuben stammen. Aber auch die Existenz einer zusätzlichen, noch nicht entdeckten Wochenstube im Laufental ist durchaus möglich.

Nachdem die Kleine Hufeisennase in der Mitte des 20. Jahrhunderts noch in der Teufelsküche in Wenslingen nachgewiesen werden konnte (Aellen und Strinati 1962), wurde die Art nun nicht mehr gefunden. Dies war angesichts der fehlenden Nachweise im gesamten Oberbaselbiet nach 1962 (<http://lepus.unine.ch/carto/70701>) zu erwarten und es ist davon auszugehen, dass die Kleine Hufeisennase aus dieser Region verschwunden ist. Gebhard (1983) berichtet, dass er im Jahr 1979 in einer ehemaligen Wochenstube in Ormalingen, in welcher 1953 noch ca. 30 Individuen gezählt worden waren, keine Spuren mehr auffand. Auch im benachbarten Kanton Aargau wird die Kleine Hufeisennase als ausgestorben betrachtet (Beck und Schelbert 2018).

Auffallend sind bei dieser Art die hohen Ausflugszahlen im Frühling am Pfaderloch und der Höhle Bueberg 1. Diese kommen durch sehr hohe «Aktivitätspeaks» an wenigen Nächten (max. 272 Ausflüge am 19.4. am Pfaderloch resp. 390 Ausflüge an der Höhle Bueberg 1 am 08.05.) zustande. Eine mögliche Erklärung hierfür ist das von Dietz und Kiefer (2014) erwähnte Paarungsverhalten, bei welchem sich die Partner in den unterirdischen Quartieren oder im Winterquartier hinterherjagen. Obwohl dieses Verhalten gemäss Dietz und Kiefer (2014) primär vom Herbst her bekannt ist, könnte es auch bis ins Frühjahr beobachtet werden. Dem gegenüber stellten Davison und Tomas (2017) an zwei Höhlen in England im Frühling sogar höhere Aktivitäten als im Herbst fest. Die jahreszeitlichen und tageszeitlichen Muster im Frühling decken sich dabei weitgehend mit denen aus der vorliegenden Arbeit. Als mögliche Erklärung für dieses «Frühlingsschwärmen» nennen Davison und Tomas (2017) auch hier Balz- resp. Paarungsverhalten und begründen dies mit sichtbar ausgeprägten Nebenhoden bei abgefangenen Tieren. Diese Erklärung scheint zumindest fraglich, wenn der Zeitpunkt mit dem von Roer und Schober (2001) im März/April einsetzenden Eisprung bei den Weibchen und dem ebenfalls zu dieser



Abb. 9: Zwei Individuen der Grossen Hufeisennase, welche am Pfaderloch nachgewiesen worden sind. Das Jungtier aus dem Vorjahr (rechts) ist durch die dunklere Färbung als solches erkennbar.

Zeit stattfindenden Wechsel in die Wochenstundenquartiere verglichen wird. Das Schwärzerverhalten kann aus unserer Sicht höchstens auf einen Teil der reproduzierenden Tiere (mit spätem Eisprung und späten Geburten) zutreffen und sollte wohl als ergänzende Strategie zur Paarung im Herbst gesehen werden. Schwärzerverhalten im Frühling inklusive Balzverhalten ist bereits vom Braunen Langohr beschrieben, dort wurde dieses Verhalten aber deutlich früher, Ende März/Anfang April, beobachtet (Furmankiewicz et al. 2013).

Die ebenfalls stark gefährdete Wimperfledermaus konnte an allen drei Höhlen nachgewiesen werden. An der Teufelsküche war sie mit 3 registrierten Ausflügen innerhalb eines ganzen Jahres aber eine äußerst seltene Höhlenbesucherin und wäre wohl ohne lückenlose Überwachung nicht «entdeckt» worden. Die drei Nachweise stammen alle aus der zweiten Nachhälfte, was klar gegen eine Nutzung der Höhle als Tagesschlafquartier spricht. An den beiden Höhlen im Laufental wurde die Art mit 22 resp. 28 Nachweisen nicht sehr oft, aber immer wieder nachgewiesen. Dazu passt, dass aus den letzten Jahren mehrere Quartiermeldungen von einem oder wenigen Tieren unter Dachvorsprüngen im unteren Baselbiet inklusive Laufental vorliegen (Daten Kantonaler Fledermausschutz BL), wie sie auch von Steck und Brinkmann (2015) als typische Wimperfledermausquartiere für Männchen und nicht reproduzierende Weibchen beschrieben werden. Solche Nachweise sind aus dem Oberbaselbiet deutlich seltener (Daten

Kantonaler Fledermausschutz BL). Auffallend ist, dass die registrierten Ausflüge der Wimperfledermaus frühestens eine Stunde nach Sonnenuntergang nachgewiesen wurden. Dies kann an der eher kleinen Stichprobengröße liegen; erstaunt aber insofern, als dass die Wimperfledermaus nicht als spät ausfliegende Art bekannt ist (Topál 2001). Aufgrund zweier Fotos von aus der Höhle ausfliegenden Wimperfledermäusen mit Beutetieren im Mund, wohl beide Male Spinnen (Abb. 10), ist bei dieser Art die Nutzung der Höhle als Jagdgebiet denkbar. Für diese Hypothese spricht, dass die Wimperfledermaus als einzige europäische Fledermausart eine Nahrungsspezialisierung auf Spinnen und nachtruhende Insekten wie Fliegen zeigt (Topál 2001). Höhlen könnten dazu durchaus interessante Jagdgebiete sein, da Beutetiere vor resp. an Felswänden einfacher zu erkennen sein dürften als in der dichten Vegetation.

Der Winterschlaf der Wimperfledermaus kann im Extremfall bis Ende Mai dauern. Kugelschaffer und Hensle (in Steck und Brinkmann 2015) vermuten, dass es sich bei so spät ausfliegenden Tieren um Männchen handelt. Auch in der vorliegenden Studie wurde die Art an keiner Höhle vor Mitte Mai nachgewiesen.

Die Bechsteinfledermaus wurde an allen drei Höhlen nachgewiesen, allerdings mit einer deutlich höheren Aktivität im Laufental und dort insbesondere am Pfaderloch, wo die Art 10 % der Gesamtaktivität im Frühling ausmachte.

Gebhard (1983) beschreibt für die Region Basel sechs Einzelfunde der Bechsteinfleder-

maus (je zwei Nachweise aus Basel-Stadt und Basel-Landschaft, je einer aus dem Aargau und aus Süddeutschland) sowie einen Nachweis aus einem Winterquartier, ebenfalls aus Süddeutschland. Seither sind in der Region wenige weitere Nachweise an Höhleneingängen erbracht worden (Swissbat, Datenbank für Fledermausfaunadaten der Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz). Daneben existiert aus dem Kanton Basel-Landschaft aus dem Jahr 2020 ein Nachweis aus einem Fledermauskasten (Daten Kantonaler Fledermausschutz BL). Aus dem Kanton Basel-Stadt liegt ein Freifund aus dem Jahr 2017 vor (L. Wyss, pers. Mitt.), davor wurde die Art bei den Aufnahmen für das Naturinventar des Kantons Basel-Stadt 2008/09 im Wald bei St. Chrischona und in den Langen Erlen nachgewiesen (Reisner und Plattner 2011). Ebenfalls nur wenige Nachweise existieren aus dem Kanton Aargau (Beck und Schelbert 2018). Aus den angrenzenden Bereichen des Kantons Solothurn liegen, abgesehen von den Höhlennachweisen, keine Nachweise vor (Swissbat, Datenbank für Fledermausfaunadaten der Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz). Fortpflanzungsnachweise und Kenntnisse zur Verbreitung und Häufigkeit der Art im Kanton Basel-Landschaft gibt es nicht, der einzige Fortpflanzungsnachweis aus der Nordwestschweiz durch den Fund eines frisch flüggen Jungtieres stammt aus dem Kanton Aargau (Beck und Schelbert 2018). Das

beinahe vollständige Fehlen von Fortpflanzungsnachweisen ist dadurch erklärbar, dass die Bechsteinfledermaus als typische Waldart eine sehr heimliche Lebensweise führt und nur selten beobachtet wird (Steck und Brinkmann 2015). Aufgrund der Lebensraumansprüche der Art sowie der vorliegenden Daten ist davon auszugehen, dass sie in der Region besonders in den wärmebegünstigten Lagen (unterer Kantonsteil) mit Mischwald vorkommt. So sind aus dem, im Hinblick auf diese Art gut untersuchten angrenzenden Baden-Württemberg, über 60 Wochenstubenkolonien der Art bekannt (Steck und Brinkmann 2015).

Anzahl Tiere

Nach dem Winterschlaf verlassen Fledermäuse ihr Winterquartier und siedeln in ein Zwischen- oder direkt ins Sommerquartier über (Dietz et al. 2016). Dementsprechend findet in dieser Zeit ein Verlassen der Höhlen statt, welches sich mithilfe der registrierten Netto-Ausflüge im Frühling auch quantifizieren lässt. In der vorliegenden Studie zeigte sich dieses Muster bis zum 15. März an allen drei Höhlen und setzte sich an der Teufelsküche und der Höhle Bueberg 1 auch im folgenden Monat fort. Anders am Pfaderloch: Der bis Ende Mai beobachtete Netto-Einflug von 186 Tieren ist ungewöhnlich und zeigt eine Besiedlung der Höhle in diesem



Abb. 10: Wimperfledermaus beim Ausflug aus der Höhle Bueberg 1, vermutlich mit einer Spinne im Mund.

Zeitraum an. Methodische Fehler bei den Registrierungen der Ausflugsereignisse erscheinen unwahrscheinlich, da die Ausflugsfotos mit den Registrierungen übereinstimmen. Da wir aber die Einflüge nicht mittels Fotofalle dokumentiert haben, können wir diesbezüglich keine Aussage machen, ob auch hier methodische Fehler ausgeschlossen werden können. Theoretisch möglich wäre, dass aussen an der Höhle schwärmende Tiere bei engen Kurven die Lichtschranke gestreift und dadurch Einflüge, aber keine Ausflüge generiert haben. Angesichts der Situation vor Ort können wir uns dies beim Pfaderloch gut vorstellen, welches vor dem Höhleneingang eine «Arena» besitzt. Bei Schwärzerverhalten im Herbst, bei Vorkommen der Kleinen Hufeisennase und evtl. der Langohrfledermäuse, aber auch im Frühling, sind die automatisch erfassten Individuenzahlen bei der Überwachung mit dem Lichtschrankensystem aus den oben genannten Aspekten mit Vorsicht zu interpretieren. Nähere Informationen könnten z. B. mittels eines Abfangs gesammelt werden, bei welchem auch das Geschlecht und der reproduktive Status erfasst werden können. Alternativ resp. ergänzend könnte eine Videoüberwachung Aufschluss über das Verhalten der Tiere vor dem Höhleneingang liefern.

Aufgrund unserer Ergebnisse könnte das Pfaderloch eine grössere Bedeutung als Zwischenquartier für nicht reproduzierende Tiere aufweisen. Die grosse Anzahl der Netto-Einflüge lässt diese Hypothese allerdings als eher unwahrscheinlich erscheinen.

Jahreszeitliche Nutzung

Die ganzjährige Überwachung an der Teufelsküche lässt klar zwei Aktivitätspeaks erkennen, welche hauptsächlich durch das Aufwachen und Schwärmen im Frühling sowie das herbstliche Schwärmen bedingt sind. Dieselben Trends im Hinblick auf die Fledermausaktivität im Jahresverlauf an Höhlen sind auch in der Literatur zu finden (Degn et al. 1995, Berkova und Zukal 2006). Bei der Interpretation darf nicht vergessen werden, dass eine hohe Aktivität nicht zwangsläufig mit einer erhöhten Anzahl Tiere einher-

geht, da schwärmende Tiere mehr Ereignisse in kurzer Zeit auslösen können, als solche, die beispielsweise zum Jagen ausfliegen. Die grossen Unterschiede in der Artenzusammensetzung zeigen klar, dass die Höhlen nicht in jedem Monat und von jeder Art gleichermaßen genutzt werden. Bei nicht ganzjährigen Untersuchungen ist diesen Umständen Rechnung zu tragen.

Winterschlafdauer

Die verschiedenen Fledermausarten halten unterschiedlich lange Winterschlaf. Dies zeigt sich durch unterschiedliche Aktivitätszunahmen im Verlaufe des Spätwinters und Frühlings. Unsere Daten entsprechen dabei weitgehend den Angaben aus der Literatur (vergl. Niethammer und Krapp 2001, Braun und Dieterlen 2003, Kugelschafter et al. 2014b). Dabei ist zu beachten, dass die Dauer des Winterschlafs neben den bekannten arttypischen Unterschieden auch durch das Wetter und die geografische Situation der Höhlen beeinflusst wird (Niethammer und Krapp 2001).

Schwärzerverhalten

Durch die Beobachtung der Teufelsküche über den gesamten Jahresverlauf war es möglich, Aktivitätspeaks einiger Arten resp. Artengruppen im Sommer und Herbst zu eruieren. Wir beobachteten Aktivitätspeaks bei der Wasserfledermaus, den Langohrfledermäusen und den Fransenfledermäusen. Diese decken sich mit den Zeiträumen, in welchen die jeweiligen Arten an Höhlen schwärmen (Parsons et al. 2003a, Rivers et al. 2006, Glover und Altringham 2008, Piksa et al. 2011, Furmarkiewics et al. 2013, Kugelschafter et al. 2014a, van Schaik et al. 2015, Vlaschenko und Naglov 2018), wobei die Peaks der Langohrfledermäuse und der Fransenfledermäuse bei uns eher spät erscheinen. Dies kann sowohl am Wetter wie auch an der Lage der Höhle liegen. So haben Piksa et al. (2011) einen um ca. drei Wochen verzögerten Peak der herbstlichen Schwärzaktivität an Höhlen in tieferen Lagen festgestellt, als dies bei Höhlen in höheren Lagen der Fall war. Zu beachten ist dabei, dass die oben erwähnten Stu-

dien aus dem Verbreitungsgebiet der Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*) stammen, während in der vorliegenden Untersuchung auch das Kryptische Mausohr (*Myotis crypticus*) denkbar wäre (Çoraman et al. 2019).

Während die Fransenfledermäuse sowie die Wasserfledermaus ihre grösste Aktivität im Herbst zeigten, war der sommerliche Aktivitätspeak bei den Langohrfledermäusen über einen längeren Zeitraum verteilt und zeigte keinen so klaren Peak wie bei den beiden anderen Arten. Dies wurde auch von van Schaik et al. (2015) beobachtet. Der herbstliche Aktivitätspeak war kleiner als der im Frühling gemessene. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Furmankiewicz et al. (2013), welche beim Braunen Langohr eine höhere Schwärmbaktivität im Frühling als im Sommer festgestellt haben.

Van Schaik et al. (2015) haben aufgezeigt, dass die Arten, welche während der Schwärmezeit an Höhleneingängen registriert wurden, im ähnlichen Verhältnis auch während Winterzählungen in der Höhle entdeckt worden sind. Zumindest die oben genannten Arten dürften dementsprechend in der Teufelsküche auch überwintern.

Interessant ist, dass auch bei Arten mit nur wenigen Registrierungen während der Schwärmsaison der Zeitpunkt der Beobachtungen mit den Literaturangaben zum Aktivitätspeak der jeweiligen Arten übereinstimmt. Dies deutet darauf hin, dass auch Einzeltiere an Höhlen ein jeweils arttypisches Aktivitätsmuster zeigen, welches mit dem von schwärmenden Tieren vergleichbar ist.

Winter

Auch in den Wintermonaten wurden am Höhlausgang der Teufelsküche ausfliegende Fledermäuse fotografiert. Verhältnismässig hoch war hierbei die Aktivität der Fransenfledermaus im Dezember, was wohl mit dem Ausklingen der Schwärmbaktivität zusammenhängt. Die Ausflüge im Januar und Februar belegen hingegen, dass der Winterschlaf bei vielen Fledermausarten nicht ohne Unterbruch erfolgt. Neben eher seltenen Quartierausflügen finden auch innerhalb des Winterquartiers regelmässige Hang-

platzwechsel statt (Niethammer und Krapp 2001, Vlaschenko und Naglov 2018).

Tageszeitliche Nutzung

Die tageszeitliche Aktivität einer Fledermausart am Höhleneingang lässt Rückschlüsse auf die Nutzung der Höhle zu. So deuten Ausflugsergebnisse direkt nach Sonnenuntergang stark auf eine Nutzung der Höhle als Tagesquartier hin (Rivers et al. 2006). In der Teufelsküche trifft dies im Frühjahr unter anderem auf die vier häufigsten Arten, die Fransenfledermäuse, die Grosse Hufeisennase, die Langohrfledermäuse sowie die Wasserfledermaus, zu. Besonders die Grosse Hufeisennase nutzte die Höhle im Frühling nach dem Winterschlaf schwerpunktmässig als Tagesquartier. Im Sommer und Herbst ist die Aktivität dieser Art direkt nach Sonnenuntergang deutlich tiefer. Die Fotos aus dem Frühling entstanden meist im Abstand von 10 bis 20 Minuten und zeigen, wo erkennbar, ein männliches Tier. Denkbar ist, dass es sich um ein einzelnes Männchen handelt, welches die Höhle im Rahmen eines späten Balzverhaltens in regelmässigen Abständen frequentierte. Auch Gaisler (2001) stellt für diese Art fest, dass Höhlen im Herbst und erneut im Frühjahr von immer denselben Männchen als Paarungsteritorien besetzt werden.

Ein etwas anderes Aktivitätsmuster zeigten die Langohrfledermäuse. Die grosse Anzahl Ausflüge in der ersten Stunde nach Sonnenuntergang im Frühling deckt sich mit den Ergebnissen von Abfängen an Höhleneingängen (Furmakiewics 2008). Die dort gefangen Tiere waren hauptsächlich Männchen, was auch bei dieser Art darauf hindeutet, dass männliche Tiere die Höhle im Frühling als Tagesquartier nutzen oder diese nach dem Eindunkeln von nahe gelegenen Tagesquartieren aus gezielt aufsuchen, um dort zu schwärmen (Furmakiewics 2008). Die von uns festgestellten nächtlichen Aktivitätspeaks passen zu deren beschriebenem Schwärmerhalten im Frühling (Furmakiewics 2008) und Herbst (Parsons 2003b, Furmakiewics 2008). Eine mögliche Erklärung für die unterschiedlichen «Peakzeiten» im Frühling resp. Sommer und Herbst könnten eine grössere

Distanz zwischen Höhle und Tagesquartier resp. ein grösseres «Einzugsgebiet» im Herbst und damit verbunden eine längere Transferflugdauer sein. Eine Rolle könnten auch das Wetter und die saisonale Nahrungsverfügbarkeit spielen. So ist es je nach Nahrungssituation sinnvoller, direkt nach Ausflug oder aber erst nach einer ersten Jagdsequenz in der ersten Nachthälfte zum Schwärmlquartier zu wechseln (Parsons 2003b). Eine alternative Erklärung für die beobachteten Aktivitätsmuster während der Nacht ist die Nutzung der Höhlen als Nachtquartier, wie dies z. B. von der Kleinen Hufeisennase bekannt ist (Knight und Jones 2009).

Auffällig ist ein ausschliesslich bei den Langohren beobachteter Aktivitätspunkt kurz vor Sonnenaufgang, welcher an das von dieser Art bekannte frühmorgendliche Schwärmen vor Aufzuchtsquartieren erinnert (z. B. Furmarkiewics 2016). Die Beobachtung dieses Musters vor einer Höhle ist eher ungewöhnlich und wurde von uns in der Literatur so nicht gefunden. Denkbar wäre, dass dieses Verhalten auch an Höhlen gezeigt wird und sich im Sommer verstärkt, wenn Jungtiere dabei sind und wenn die Höhle auch als Tagesquartier genutzt wird.

Das tageszeitliche Aktivitätsmuster der Fransenfledermäuse im Herbst und bis in den Winter hinein unterscheidet sich deutlich von demjenigen im Frühling und belegt die grosse Bedeutung der Höhle als Schwärmlquartier für diesen Artkomplex. Die Unterschiede zwischen Frühling und Herbst zeigen klar, dass die Fransenfledermaus im Gegensatz zu den Langohrfledermäusen vor allem im Herbst schwärmt. Nach dem bereits erwähnten Aktivitätsanstieg direkt nach Sonnenuntergang steigt die Aktivität im Sommer/Herbst und auch im Winter weiter an und erreicht den für das Schwärmen dieser Art typischen Peak in der Nachtmitte (Parsons et al. 2003b, Rivers et al. 2006). Die Tatsache, dass die Aktivität in der zweiten Nachthälfte kontinuierlich abnimmt, zeigt an, dass zumindest ein Teil der Tiere die Höhle wieder verlässt (Rivers et al. 2006).

Auch bei der Wasserfledermaus ist im Sommer/Herbst ein zweiter Peak ca. sieben Stunden nach Sonnenuntergang zu beobachten. Zu

beachten ist hierbei aber die verhältnismässig kleine Stichprobe.

Wetterfaktoren

Im Frühling sind Fledermäuse bei wärmeren Temperaturen aktiver als bei kalten. Bei Temperaturen unter 0°C konnte keine oder nur eine sehr geringe Fledermausaktivität am Höhleneingang gemessen werden, was auch von Berkova und Zukal (2010) bestätigt wird. Ab ca. 10°C scheint die Temperatur dann keinen hemmenden Effekt mehr auf die Aktivität zu haben. Berkova und Zukal (2010) geben an, dass sie ab einer Temperatur von 6,2°C keine Nächte mehr ohne Fledermausaktivität gemessen haben. Bei kalten Temperaturen sind deutlich weniger Futterinsekten vorhanden und auch der Wärmeverlust über die grossen Flächen der Flughäute ist gross. Daher dürfte sich eine energieaufwendige Jagd mit wenig Erfolgsaussichten gerade nach dem Winterschlaf kaum lohnen. Es ist vorstellbar, dass in dieser Situation auch das Schwärmen als alternative Verhaltensweise zu viele Energiereserven verbraucht.

Im Sommer konnten wir keinen Zusammenhang zwischen Temperatur und Aktivitätsmustern feststellen, weswegen wir davon ausgehen, dass andere Faktoren wie beispielsweise die Nahrungsverfügbarkeit oder die Präsenz anderer Individuen entscheidend für die Aktivität am Höhleneingang sind. Zum selben Schluss kommen auch Berkova und Zukal (2010).

Anders als im Frühling waren im Herbst die warmen Nächte diejenigen mit der geringsten Aktivität. Strategisch gesehen könnte es sinnvoll sein, dass bei wenig Nahrung in kühlen Nächten eher die Höhle zum Schwärmen aufgesucht wird, die wärmeren Nächte mit mehr Futter hingegen zum Jagen und Aufbauen von Energiereserven für den Winter genutzt werden. Dabei muss beachtet werden, dass im Gegensatz zum Frühling für den Herbst nur Daten von einer Höhle (Teufelsküche) vorliegen und dort die Aktivität der Fransenfledermäuse sehr dominant war. Unsere Schlussfolgerung gilt somit primär für die Fransenfledermäuse. Parsons et al. (2003b) haben gerade ein gegenteiliges Muster als das von uns beobachtete beschrieben. Das bei

ihnen untersuchte Schwärmen fand allerdings deutlich früher im Jahr (September vs. November bei unserer Studie) statt. Es ist denkbar, dass die von uns beschriebene Strategie von den Fledermäusen erst befolgt wird, wenn der Winterschlaf unmittelbar bevorsteht. Es ist ebenfalls möglich, dass die Temperatur so stark mit dem Datum korreliert, dass eigentlich nicht die jeweils aktuelle Temperatur der entscheidende Faktor für die Aktivität ist, sondern das Datum resp. die Saison die Aktivitätsmuster bestimmen.

Die in unserer Studie festgestellte Abnahme der Fledermausaktivität bei Regen scheint z. B. aufgrund der geringen verfügbaren Nahrung, stärkerer Wärmeverluste sowie geringerer Reichweite der Ultraschallrufe naheliegend. Parsons et al. (2003b), welche die Schwärmeaktivität an einer Höhle mit einer vergleichbaren Artenzusammensetzung untersuchten, kamen zum gleichen Ergebnis. Tatsächlich existieren aber sehr viele widersprüchliche Angaben zum Einfluss von Regen auf die Fledermausaktivität (Berkova und Zukal 2010) und es ist noch nicht restlos geklärt, inwiefern andere Faktoren wie z. B. Nahrungsverfügbarkeit, Absenz von Prädatoren die Motivation zum Ausflug bei Regen beeinflussen.

Hinweise zur Bedeutung der Höhlen für Fledermäuse

Die Artenzusammensetzung und die Individuenzahl sind relevant für die Einschätzung der Bedeutung einer Höhle für den Fledermausschutz. Nach Mitchell-Jones et al. (2010) ist ein Untergrundquartier ab einem Nachweis von 4 oder mehr Arten und 50 oder mehr Tieren von Europäischer Bedeutung (European Key Underground Site). Dieses Kriterium erfüllen gemäss den hier präsentierten Daten das Pfaderloch und die Höhle Bueberg 1. Hierzu ist allerdings anzumerken, dass die entsprechenden Kriterien zu einer Zeit formuliert wurden, in welcher die Überwachung mittels Lichtschrankensystem noch nicht voll etabliert war. Dadurch, dass mit der angewendeten Methode deutlich mehr Individuen gezählt werden als mit anderen Erhebungsmethoden (Kugelschafter et al. 2014a), ist die entsprechende «Schwelle», welche zum Er-

langen dieses Prädikats nötig ist, sicherlich schneller erreicht. In der Schweiz sind bisher erst fünf unterirdische Quartiere als «European Key Underground Sites» deklariert (https://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/Underground_sites/Switzerland.pdf).

Im Hinblick auf den Nationalen Status von «Fledermaus-Höhlen» existieren keine einheitlichen Kriterien. Gemäss Richtlinien aus der Westschweiz würden alle drei Höhlen wegen der Anwesenheit der Rote-Liste-Arten Wimperfledermaus, Grosse und/oder Kleine Hufeisennase (Status: CR oder EN) in die höchste Prioritätsstufe «Importance patrimoniale majeure» fallen (Patthey und Maeder 2014). Laut Kriterien der Stiftung Fledermausschutz (2014) erlangt ein unterirdisches Quartier automatisch die «Nationale Bedeutung», wenn die Eurobats-Bedingungen erreicht sind (siehe oben), ansonsten erhält es bei Fledermausnachweisen die «Regionale» Quartier-Bedeutung, kann aber aufgrund von Expertenwissen in begründeten Ausnahmefällen zu einem «National bedeutenden Quartier» hochgestuft werden.

Die Teufelsküche zeigt im Vergleich mit den anderen beiden Höhlen die geringste Fledermausaktivität im Frühling. Dies lässt sich durch das Fehlen der Kleinen Hufeisennase erklären, welche an den anderen beiden Höhlen mit Abstand die meisten Ausflugsregistrierungen verursacht hat. Aufgrund der Netto-Ausflugszahlen (-17) verpasst die Teufelsküche die Kriterien zur «European Key Underground Site» klar. Die Höhle zeigt im Frühling im Vergleich mit den anderen beiden Höhlen aber die grösste Langohr-Aktivität und ist ein Schwärmequartier der Fransenfledermäuse im Herbst. Sie ist weiter ein möglicher Überwinterungsort und/oder Balzrevier von mindestens einem Männchen, welches wohl in Verbindung steht mit der letzten Schweizer Kolonie nördlich der Alpen der vom Aussterben bedrohten Grossen Hufeisennase. Eine Winterzählung zur Erfassung der Anzahl Tiere dieser Art in der Höhle ist geplant.

Die von uns untersuchten Höhlen sind also wohl geeignete Kandidaten für die Zuweisung der Bedeutung «International Key Underground Site» und/oder Objekt von Nationaler Bedeutung. Eine rechtliche Verankerung des Schutz-

status würden wir begrüssen. Um den Schutz von wichtigen Höhlen für Fledermäuse in der gesamten Schweiz voranzutreiben, empfehlen wir eine vorgängige Analyse der bisher durchgeführten nationalen Untersuchungen. Darauf basierend könnten einheitliche Kriterien erarbeitet werden, welche die Einstufung der Bedeutung von Höhlen unter Berücksichtigung der angewandten Erhebungsmethode erlauben.

5. Dank

Ein besonderer Dank geht an Nicolas Martinez für seine grosse Hilfe und die Unterstützung sowohl beim Auf- und Abbau der Anlagen an mehreren Standorten wie auch beim Batteriewechsel am Pfaderloch. Besonders bedanken wir uns aber für die wertvollen Diskussionen und Anregungen sowie die Unterstützung bei der Datenauswertung, welche wesentlich zum Gelingen dieser Publikation beigetragen haben. Karl Kugelschafter möchten wir sehr herzlich für den technischen Support, seine grosse Hilfsbereitschaft beim Aufbau und der Optimierung der Anlage, sowie für seinen äusserst grosszügigen Materialersatz danken. Elias Bader von der Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz danken wir für die Hilfe beim Aufbau der Anlage am Pfaderloch und seine Einführung in die Methodik. Erich Plattner von der Speläologischen Gesellschaft, Sektion Basel, gebührt ein grosses Dankeschön für seine vielfältige Unterstützung, sei es für die Beratung bei der Suche nach geeigneten Höhlen, für Literaturhinweise und wertvolle Informationen zu den Höhlen, aber auch für die Meldung von Fledermausbeobachtungen aus Höhlen und die aktive Mithilfe beim Aufstellen der Anlage am Pfaderloch. Christine Baader und Ambros Hänggi und ha-

ben als Gutachter/Gutachterin wertvolle Kommentare zu einer früheren Version des Artikels vorgelegt. Ein herzliches Dankeschön geht auch an alle Helfer/-innen, welche beim Aufbau der Anlage an den verschiedenen Standorten mitgeholfen haben. Dies sind: Ueli Schaffner (Lokaler Fledermausschützender des Kantons BL), Petra Czech und Max Wirz (Natur- und Vogelschutzverein Wenslingen), Leo Plattner und Thomas Singeisen (SGH-Basel) sowie Sevgi Topalca. Hüseyin Süer und Ümmü Tuana Süer sowie Salomé und Lucas Pestalozzi Feiner danken wir für die Fahrdienste bei den Kontrollen und Batteriewechseln an der Teufelsküche und Bueberg 1. Sabrina Joye, Elias Bader und Jérôme Gremaud haben uns Literatur zu Untersuchungen an Höhlen zur Verfügung gestellt, vielen Dank dafür. Ein grosser Dank geht an die Stiftung Fledermausschutz, welche uns die Überwachungsanlage freundlicherweise zur Verfügung gestellt hat. Bei der Abteilung Natur- und Landschaft, Ebenrain, speziell bei Helen Rutishauser und Markus Plattner, bedanken wir uns für den Auftrag, eine Artenliste zum Vorkommen verschiedener Fledermausarten an den drei Höhlen zu erstellen. Dadurch wurde der Grundstein für die vorliegende Arbeit erst gelegt. Helen Rutishauser danken wir ebenfalls für ihr Feedback zum Manuskript. Die Naturforschende Gesellschaft BL hat die Untersuchung an der Teufelsküche finanziell unterstützt, was eine ganzjährige Überwachung der Höhle erst möglich gemacht hat. Für diese Unterstützung möchten wir uns ebenfalls herzlich bedanken. Ebenfalls danken wir dem Amt für Umwelt und Energie des Kanton Basel-Landschaft für den ermöglichten Strombezug über das Pumpwerk Wenslingen sowie die Übernahme der Stromkosten.

Literaturverzeichnis

- Aellen V, Strinati P (1962): Nouveaux matériaux pour une faune cavernicole de la Suisse. *Revue Suisse de Zoologie* 69: 25-66.
- Agosta SJ, Morton D, Marsh BD, Kuhn KM (2005): Nightly, Seasonal, and Yearly Patterns of Bat Activity at Night Roosts in the Central Appalachians. *Journal of Mammalogy* 86: 1210-1219.
- Bader E (2016a): Populationsmonitoring verschiedener Fledermausarten an zwei Schwärml- und Winterquartieren im Kanton Solothurn. Interner Bericht z.H. Amt für Raumplanung, Abteilung Natur und Landschaft SO und Pro Natura Aargau/Solothurn.
- Bader E (2016b): Inventarisierung von Fledermäusen an einem Schwärml- und Winterquartier im Solothurner Jura mittels automatisierter Erfassung. Interner Bericht z.H. Amt für Raumplanung, Abteilung Natur und Landschaft SO.
- Bader (2017): Inventarisierung von Fledermäusen am Stollen des ehemaligen Gipswerks Kienberg mittels automatisierter Erfassung. Interner Bericht z.H. Amt für Raumplanung, Abteilung Natur und Landschaft SO und Pro Natura Aargau/Solothurn.
- BAFU (2019): Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1709.
- Balestrieri A, Prigioni C, Pedroni C, Remonti L, Pierallini R, Moretti M (2007): A summer survey of cave-dwelling bats in the southern Ticino Canton (Switzerland). *Hystrix*, 18: 205-214. DOI: 10.4404/hystrix-18.2-4404.
- Beck A, Schelbert B (2018): 30 Jahre Fledermausschutz im Aargau. Sondernummer 50, Umwelt Aargau. Departement Bau, Verkehr und Umwelt.
- Berková H, Zukal J (2006): Flight activity of bats at the entrance of a natural cave. *Acta Chiropterologica* 8(1): 187-195.
- Berková H, Zukal J (2010): Cave visitation by temperate zone bats: effects of climatic factors. *Journal of Zoology* 280: 387-395. DOI: 10.1111/j.1469-7998.2009.00673.x.
- Bitterli T (1996): Speläologisches Inventar der Schweiz. Band III: Höhlen der Region Basel - Laufen. Speläologische Kommission der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften, Basel. ISSN: 0259-321.
- Bogdanowicz W, Piksa K, Tereba A (2012): Hybridization Hotspots at Bat Swarming Sites. *PLoS ONE* 7(12): e53334. DOI: 10.1371/journal.pone.0053334.
- Bohnenstengel T, Krättli H, Obrist MK, Bontadina F, Jaberg C, Ruedi M, Moeschler P (2014): Rote Liste Fledermäuse. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2011. Bundesamt für Umwelt, Bern; Centre de Coordination Ouest pour l'étude et la protection des chauvessouris, Genève; Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz, Zürich; Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg; Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf. Umwelt-Vollzug Nr. 1412.
- Braun M, Dieterlen F (2003): Die Säugetiere Baden-Württembergs. Band 1: Allgemeiner Teil, Fledermäuse (Chiroptera). Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Çoraman E, Dietz C, Hempel E, Ghazaryan A, Levin E, Presetnik P, Zagmajster, M, Mayer F (2019): Reticulate evolutionary history of a Western Palearctic Bat Complex explained by multiple mtDNA introgressions in secondary contacts. *Journal of Biogeography* 46:343–354. DOI: 10.1111/jbi.13509
- Davison SP, Thomas RJ (2017): Apparent spring swarming behaviour of Lesser Horseshoe Bats (*Rhinolophus hipposideros*). *Journal of Bat Research & Conservation* 10 (1). DOI: 10.14709/BarbJ.10.1.2017.03.
- Degn HJ, Andersen BB, Baagoe H (1995): Automatic registration of bat activity through the year at Monsted Limestone Mine, Denmark. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 60: 129-135.
- Dietz C, Nill D, von Helversen O (2016): Handbuch der Fledermäuse. Europa und Nordwestafrika. Kosmos Verlag, Stuttgart. ISBN 978-3-440-14600-2.
- Dietz C, Kiefer A (2014): Die Fledermäuse Europas. Kennen, Bestimmen, Schützen. Kosmos Verlag, Stuttgart. ISBN 978-3-440-11560-2.
- Fenton MB (1969): Summer activity of *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae) at hibernacula in Ontario and Quebec. *Canadian Journal of Zoology* 47: 597-602.
- Furmarkiewicz J (2008): Population size, catchment area, and sexinfluenced differences in autumn and spring swarming of the brown long-eared bat (*Plecotus auritus*). *Canadian Journal of Zoology* 86: 207–216. DOI: 10.1139/Z07-134.
- Furmarkiewicz J, Duma K, Manias K, Borowiec M (2013): Reproductive Status and Vocalisation in Swarming Bats Indicate a Mating Function of Swarming and an Extended Mating Period in *Plecotus auritus*. *Acta Chiropterologica* 15(2): 371–385. DOI: 10.3161/150811013X678991.
- Furmarkiewicz J (2016): The Social Organization and Behavior of the Brown Long-Eared Bat *Plecotus auritus*. In: Ortega J: Sociality in Bats. Springer Verlag, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-38953-0_2
- Gaisler J (2001): *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774) - Grosses Hufeisennase. Niethammer J, Krapp F: Handbuch der Säugetiere Europas Bd. 4/I: Fledertiere I. 1. Auflage. Aula Verlag, Wiebelsheim. S. 15-37.
- Gebhard J (1983): Die Fledermäuse in der Region Basel (Mammalia: Chiroptera). *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel* 94: 1-41.
- Gebhard J (1997): Fledermäuse. Birkhäuser Verlag, Basel.

- Glover AM, Altringham JD (2008): Cave selection and use by swarming bat species. *Biological Conservation* 141: 1493-1504. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.03.012.
- Graf R, Fischer C (2021): *Atlas der Säugetiere. Schweiz und Lichtenstein*. Haupt Verlag, Bern.
- Gremaud J, Magnin B, Rey E, Achermann M (2016): *Licht an! : Die Fledermäuse des Kantons Freiburg. FRIbat – CCO Fribourg*. ISBN: 9782970109600
- Heidecke D (1983): Graues Langohr - *Plecotus austriacus* Fischer. In: Hiebsch H: Faunistische Kartierung der Fledermäuse in der DDR. Teil 1. *Nycitalus* (Neue Folge) 1: 501-503.
- Janz W (2016): Höhlen und Höhlenforschung im Baselland und Schwarzbubenland. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel* 16: 35-46. DOI: <http://doi.org/10.5169/seals-676541>.
- Joye S, Blant M, Theubet M (2016): Wintermonitoring in den touristisch genutzten Höhlen von Récilère: Rückblick auf 29 Jahre. Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz: Nationale Tagung Fledermausschutz und Fledermausforschung 2016, Bern, Naturhistorisches Museum (Vortrag 12.03.2016).
- Juste J, Ruedi M, Puechmaille SJ, Salicini I, Ibáñez C (2018): Two New Cryptic Bat Species within the *Myotis nattereri* Species Complex (Vespertilionidae, Chiroptera) from the Western Palaearctic. *Acta Chiropterologica* 20(2): 285-300. DOI: 10.3161/15081109ACC2018.20.2.001.
- Kerth G, Kiefer A, Trappmann C, Weishaar M (2003): High gene diversity at swarming sites suggest hot spots for gene flow in the Endangered Bechstein's bat. *Conservation Genetics* 4: 491-499. DOI: 10.1023/A:1024771713152.
- Klys G, Woloszyn BW (2010): Ecological aspects of bat hibernacula in temperate climate zone of Central Europe. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa»* LIII: 489-497. DOI: 10.2478/v10191-010-0034-3.
- Knight T, Jones G (2009): Importance of night roosts for bat conservation: Roosting behaviour of the lesser horseshoe bat *Rhinolophus hipposideros*. *Endangered Species Research* 8: 79-86. DOI: 10.3354/esr00194.
- Kugelschafter K, Finkernagel F, Horvath T, Spruck B, Volk T (2014a): Non-invasive monitoring of hibernacula using light barrier systems combined with photo technique. Croatian Biospeleological Society: XIIIth European Bat Research Symposium, Sibnik, Croatia. (Posterpräsentation). Book of Abstracts: 106. ISBN 978-953-6904-31-0.
- Kugelschafter K, Dieterich H, Harrje C, Hensle E, Götsche M, Gloza-Rausch F (2014b): Bat activity at Hibernacula throughout the year in Germany. Croatian Biospeleological Society: XIIIth European Bat Research Symposium, Sibnik, Croatia (Vortrag) in: Book of Abstracts: 106. ISBN 978-953-6904-31-0.
- Martíneková N, Baird SJE, Kána V, Zima J (2020): Bat population recoveries give insight into clustering strategies during hibernation. *Frontiers in Zoology* 17: 26. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12983-020-00370-0>.
- Mitchell-Jones T, Bihari Z, Rodrigues L, Masing M (2000): Guidelines for the implementation of Resolution No. 4, adopted by the 2nd Session of the Meeting of Parties Transboundary programme -habitats: Data Compilation. Advisory Committee: 5th Meeting of the Zagreb, Croatia, 21.-23.2.2020. AC5 Report, Annex 3.
- Niethammer J, Krapp F (2001): *Handbuch der Säugetiere Europas* Bd. 4/I: Fledertiere I. 1. Auflage. Aula Verlag, Wiebelsheim.
- Parsons KN, Jones G (2003): Dispersion and habitat use by *Myotis daubentonii* and *Myotis nattereri* during the swarming season: implication for conservation. *Animal Conservation*, 6: 283–290.
- Parsons KN, Jones G, Davidson-Watts I, Greenaway F (2003): Swarming of bats at underground sites in Britain—implications for conservation. *Biological Conservation* 111: 63–70.
- Parsons KN, Jones G, Greenaway F (2003): Swarming activity of temperate zone microchiropteran bats: effects of season, time of night and weather conditions. *Journal of Zoology* 261: 257–264. DOI: 10.1017/S0952836903004199
- Patthey P (2014): Phénologie et déterminants de l'activité d'un important site de rassemblement automnal de chauves-souris : le gouffre de la Cascade (Jura vaudois, Suisse). *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 94.1: 25-37.
- Patthey P, Maeder A (2014): Identification des cavités souterraines d'importance patrimoniale majeure pour les chauves-souris dans le Jura vaudois. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles* 94.1: 3-24. DOI: 10.5169/seals-513637.
- Piksa K, Bogdanowicz W, Tereba A (2011): Swarming of Bats at Different Elevations in the Carpathian Mountains. *Acta Chiropterologica* 13(1): 113–122. DOI: 10.3161/150811011X578660.
- Progrin S (2021): Identification des cavités souterraines d'importance majeure pour le rassemblement automnal des chauves-souris («swarming») dans le canton de Fribourg. Rapport intermédiaire 2020. FRIbat – CCO Fribourg.
- Reisner Y, Plattner M (2011): Unbekannte Schätzungen vor der Haustür - Ergebnisse des Naturinventars im Kanton Basel-Stadt. Schlussbericht zum Inventar der schutzwürdigen Naturobjekte im Kanton Basel-Stadt. Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt Stadtgärtnerei.
- Rey E, Gremaud J, Magnin B, Jutzel J-M (2016): Bioakustisches Monitoring zweier Höhlen in den Freiburger Voralpen - Methodische Übersicht eines Langzeit-Monitoring-Programms und erste Analysen. Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz: Nationale Tagung Fledermaus-

- schutz und Fledermausforschung 2016, Bern, Naturhistorisches Museum (Vortrag 12.03.2016).
- Rivers NM, Butlin RK, Altringham JD (2006): Autumn swarming behaviour of Natterer's bats in the UK: Population size, catchment area and dispersal. *Biological Conservation* 127: 215-226.
- Roer H, Schober W (2001): *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800) - Kleine Hufeisennase. In: Niethammer J, Krapp F: Handbuch der Säugetiere Europas Bd. 4/I: Fledertiere I. 1. Auflage. Aula Verlag, Wiebelsheim. S. 38-58.
- Ruedi M, Puechmaille JS, Ibáñez C, Juste J (2019): Unavailable names in the *Myotis nattereri* species complex. *Journal of Biogeography* 46: 2145–2146. DOI: 10.1111/jbi.13665.
- Rydell J, Russo D (2015): Photography as a low-impact method to survey bats. *Mammalian Biology* 80: 182–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2014.11.003>.
- Steck C, Brinkmann R (2015): Wimperfledermaus, Bechsteinfledermaus und Mopsfledermaus. Einblicke in die Lebensweise gefährdeter Arten in Baden-Württemberg. Haupt Verlag, Bern.
- Stiftung Fledermausschutz (2014): Kriterien «Unterirdische Quartiere von europäischer Bedeutung». Stiftung Fledermausschutz, Zürich.
- Topál G (2001): *Myotis emarginatus* (Geoffroy, 1806) - Wimperfledermaus. In: Niethammer J, Krapp F: Handbuch der Säugetiere Europas Bd. 4/I: Fledertiere I. 1. Auflage. Aula Verlag, Wiebelsheim. S. 38-58.
- van Schaik J, Janssen R, Bosch T, Haarsma A-J, Dekker JJA, Kranstauber B (2015): Bats Swarm Where They Hibernate: Compositional Similarity between Autumn Swarming and Winter Hibernation Assemblages at Five Underground Sites. *PLoS ONE* 10(7): e0130850. DOI: 10.1371/journal.pone.0130850.
- Veith M, Beer N, Kiefer A, Johannessen J, Seitz A (2004): The role of swarming sites for maintaining gene flow in the brown long-eared bat (*Plecotus auritus*). *Heredity*: 1–8.
- Vlaschenko A, Naglov A (2018): Results of the 10-Year Monitoring of Bat Winter Aggregation from the North-Eastern Ukraine (Liptsy Mines, Kharkiv Region). *Vestnik Zoologii* 52(5): 395–416. DOI: 10.2478/vzoo-2018-0042.