

## Mulmprobenuntersuchung mit Haaranalyse zur Feststellung der Nutzung von Baumhöhlen durch Fledermäuse

Von BERND MEIER-LAMMERING und MARTIN STARRACH

Mit 6 Abbildungen

### Abstract

The study of tree hollows is now part of the standard program for intervention planning. In general, endoscopic examinations are carried out. However, these are only (conditionally) suitable to determine a current use by bats. Since bats stay in one hollow only for 2-3 days on the average, endoscopy is unsuitable to find out whether a tree hollow is a bat roost, i.e. if it is used by bats during the course of a year. An appropriate method for answering this question is the so-called "Mulmprobenuntersuchung", developed by the authors with the help of hair analysis.

### Zusammenfassung

Die Untersuchung von Baumhöhlen gehört inzwischen zum Standardprogramm bei Eingriffsplanungen. In der Regel werden endoskopische Untersuchungen durchgeführt. Diese sind jedoch nur (bedingt) geeignet um eine momentane Nutzung durch Fledermäuse festzustellen. Da Fledermäuse in der Regel nur 2-3 Tage in einer Höhle über-tagten, ist eine Endoskopie ungeeignet, um festzustellen, ob eine Baumhöhle ein Quartier darstellt, also im Verlaufe eines Jahres von Fledermäusen genutzt wurde. Eine geeignete Methode um diese Fragestellung zu beantworten, ist die von den Autoren entwickelte Mulmprobenuntersuchung mit Haaranalyse.

### Keywords

tree hollow; hair analysis; roost identification.

### 1 Einleitung

Im Naturschutz gilt die Erkenntnis, dass nur das geschützt werden kann, was auch bekannt ist. Daher ist der Nachweis einer Nutzung einer Baumhöhle durch Fledermäuse von großer Bedeutung.

Bei allen Zulassungsverfahren, wie Planfeststellungsverfahren, Bauleitplanungen und Eingriffen, müssen auch Baumhöhlen als mögliche Fledermausquartiere gemäß der artenschutzrechtlichen Regelungen des §44 Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) untersucht werden. Dabei stellt sich die Frage, ob eine Baumhöhle nur ein potentielles Quartier darstellt oder tatsächlich Fledermäuse beherbergt.

Bislang wird diese Frage nach Erfahrung der Autoren aber oft stiefmütterlich behandelt. Es werden Baumhöhlen nur oberflächlich erfasst, im besten Fall wird noch eine endoskopische Untersuchung durchgeführt.

Letztlich ist es jedoch auch eine rechtlich bedeutsame Frage, ob eine Baumhöhle von Fledermäusen genutzt wird, da es gemäß §44 Abs.1 Satz 3 BNatSchG verboten ist, die Fortpflanzungs- und Ruhestätten der Fledermäuse zu zerstören. Hierbei ist es unerheblich, ob die Baumhöhle gerade zu diesem Zeitpunkt genutzt wird. Die regelmäßig genutzten Lebensstätten, wie Wochenstuben, Ruhe-, Zwischen- oder Winterquartiere, unterliegen bei ortstreuen Lebewesen wie den Fledermäusen auch dann den Artenschutzbestimmungen, wenn sie nicht ständig besetzt sind (KAISER 2009). Auch wenn Baumhöhlen also aktuell nicht genutzt werden, stehen sie unter dem Schutz des §44 (1) Satz 3, BNatSchG, da es sich bei Fledermäusen um ortstreuere Tiere handelt.

Daher ist es von wesentlicher Bedeutung im Rahmen von Eingriffsplanungen festzustellen, ob eine Baumhöhle durch Fledermäuse genutzt wird.

Als eine Möglichkeit des Nachweises von Fledermäusen in Baumhöhlen wird in der Literatur die direkte Beobachtung des Aus- oder Einflugs, insbesondere beim Schwärmen morgens und ggf. auch abends, genannt (BRINKMANN 2008). Hierbei können auch die Anzahl der Tiere und teilweise die Nutzungsart (z. B. als Wochenstubenquartier) festgestellt werden.

Die Aus- bzw. Einflugkontrolle ist jedoch sehr zeitaufwendig und der Erfolg stark vom Zufall abhängig. Denn besonders baumhöhlenbewohnende Fledermäuse wechseln im Sommer sehr häufig ihre Quartiere (DIETZ et al. 2007). Daher müssen die Baumhöhlen zum richtigen Zeitpunkt kontrolliert werden, damit ein Nachweis gelingt.

Die Mitglieder einer Kolonie nutzen während eines Sommers u.U. mehr als 50 verschiedene Baumhöhlen als Tagesquartiere und wechseln häufig, oft alle 2-3 Tage zwischen den Quartieren (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG - ABTEILUNG STRASSENBAU 2011; KERTH et al. 2011). Daraus folgt, dass die Wahrscheinlichkeit, Fledermäuse an einem bestimmten Tag in einer bestimmten Baumhöhle anzutreffen, sehr gering ist.

Eine Ein- bzw. Ausflugkontrolle ist daher sinnvoll im Zusammenhang mit telemetrischen Untersuchungen, aber nicht zielführend für die Beantwortung der Frage nach einer Nutzung, da das Fehlen eines Nachweises nicht gleichzusetzen ist mit der Nicht-Nutzung der Baumhöhle.

Als weitere Untersuchungsmethode wird von etlichen Gutachtern die Kontrolle per Endoskop oder Baumhöhlenkamera (BRINKMANN 2008) durchgeführt. Jedoch ist diese Methode aus den o.g. Gründen ebenso wenig geeignet, die generelle Nutzung einer Baumhöhle festzustellen. Um sicher zu sein, ob eine Baumhöhle irgendwann einmal im Verlaufe eines Jahres genutzt wird, müsste sie fast täglich untersucht werden. Dies ist jedoch nicht einmal ansatzweise leistbar.

Somit ist die Baumhöhlenkontrolle per Endoskop nur geeignet, um festzustellen, ob eine Baumhöhle aktuell besetzt ist. Nach den Erfahrungen der Autoren ist auch dies nur bedingt möglich, denn zerklüftete und stark ausgefaulte Höhlen sind in der Regel per Endoskop nicht ausreichend kontrollierbar. So konnten die Autoren in einer Wochenstube der Bechsteinfledermaus per Endoskop 3 Individuen entdecken. Bei der darauffolgenden abendlichen Ausflugszählung per Infrarotvideokamera wurden jedoch 54 ausfliegende Tiere gezählt. Bei Baumfällungen sind auch schon Ausfaltungen festgestellt worden, die sich mehr als drei Meter oberhalb der Öffnung erstreckten.

Eine wesentlich sicherere Nachweismethode, ob eine Baumhöhle durch Fledermäuse im Verlaufe eines Jahres genutzt wurde, stellt die von den Autoren angewandte Untersuchung von Mulmproben aus Baumhöhlen auf Haare dar. Denn Säugerhaare bestehen aus  $\alpha$ -Keratin, einem langkettigen Gerüsteiweiß, aus dem z. B. auch Nägel, Hufe und Krallen bestehen. Kennzeichnend für Keratin ist ein hoher Gehalt an der schwefelhaltigen Aminosäure Cystein. Dadurch kommt es zu einer häufigen Bildung von sehr stabilen Disulfidbrücken zwischen nebeneinanderliegenden Keratinmolekülen. Diese sorgen zusammen mit der  $\alpha$ -Helixstruktur der Proteinketten für eine extreme Widerstandsfähigkeit, sodass Haare sogar der Zersetzung durch Magensäure widerstehen. Durch das regelmäßige Putzen nehmen die Fledermäuse ihre eigenen Haare in den Magen-Darm-Trakt auf und die Haare finden sich dann im Kot der Tiere wieder. Es finden sich in so gut wie jeder Kotpille Haare.

Auch wenn der Kot in den Baumhöhlen durch Gliederfüßer, Würmer und Bakterien weiterverwertet wird, bleiben die Haare über einen sehr langen Zeitraum erhalten, denn nur wenige Insektenarten, wie Kleidermotten und Speckkäfer, sind in der Lage Keratin zu verdauen (CZIHAK et al. 1984). Vermutlich sind Haare auch noch nach weit über einem Jahr erhalten. Damit stellt der Nachweis von Haaren eine ideale Methode dar, um eine Nutzung von Baumhöhlen durch Fledermäuse und auch andere Säuger festzustellen.

## 2 Untersuchungsmethodik

Fledermäuse hinterlassen in ihren Quartieren Kot, dies lässt sich zum Nachweis nutzen. Aufgrund der kleinklimatischen Bedingungen und des Abbaus durch Zersetzer finden sich in Baumhöhlen in der Regel allerdings keine Kotkrümel, die direkt als Hinterlassenschaften von Fledermäusen identifizierbar sind, so wie dies bei Kastenkontrollen oder auf Dachböden oftmals der Fall ist (SKIBA 2004). In Baumhöhlen findet sich häufig Mulm.

Um an den Mulm aus Baumhöhlen heranzukommen, wenden die Autoren zwei Verfahren an.

Beim ersten Verfahren wird ein so bezeichneter „Mulmsauger“ genutzt.

Das Funktionsprinzip entspricht einem Exhaustor, der nur wesentlich größer dimensioniert ist. Mittels einer Saugpumpe wird in einem Eimer ein Unterdruck erzeugt, so dass über einen Schlauch Mulm aus der Baumhöhle in den Eimer gesaugt werden kann. Der „Mulmsauger“ ist gut geeignet um größere Mengen Mulm aus einer Höhle zu bekommen, hat aber einige gravierende Nachteile. So kann der „Mulmsauger“ nicht von einer einzelnen Person bedient werden und auch die Reinigung des Saugschlauchs und des Auffangbehälters ist aufwändig. Für jede zu untersuchende Baumhöhle müssen die eingesetzten Geräte sauber sein, um eine eventuelle Kontaminierung zu verhindern.

Da zur Untersuchung nur kleine Mengen Mulm benötigt werden, haben sich für den Regelfall flexible, ca. 60 cm lange Greifer bewährt (s. Abb. 1). Hiermit wird Mulm aus der Baumhöhle entnommen und in ein Transportgefäß (z. B. feuchtigkeitsbeständige Pergamenttüten) getan (s. Abb. 2). Der Greifer wird nach jedem Einsatz in Alkohol (75 %) gewaschen, um eine Kontaminierung der nächsten Probe mit Haaren aus der vorhergehenden Baumhöhle zu verhindern.

Auf den ersten Blick lässt sich beim Mulm nicht erkennen, ob Fledermäuse die Höhle besiedelt haben. Hierzu ist eine mikroskopische Untersuchung notwendig. (s. Abb. 3).



Abb. 1: Flexibler Greifer zur Entnahme von Mulmproben.



Abb. 2: Funktionsweise des Greifers.



Abb. 3: Getrockneter Mulm aus einer Baumhöhle. (Alle Fotos: Martin Starrach)

Die weiteren Schritte zur Untersuchung erfolgen nun im Labor.

Zunächst wird die Probe zur weiteren Bearbeitung vorbereitet. Um Infektionsgefahren, auch wenn sie nur gering sein sollten, auszuschließen, wird die Probe zunächst desinfiziert.

Hierzu können zwei verschiedene Methoden angewendet werden, auch abhängig davon, wie die Probe weiter behandelt werden soll. Um die Probe zu desinfizieren, kann sie entweder im Trockenschrank auf 180 °C für 30 Min. erhitzt und somit gleichzeitig getrocknet werden oder mit 75 %igem Alkohol übergossen werden (VAN DEN HEUVEL 2004).

Die weitere Bearbeitung der trockenen Probe hat den Vorteil, dass sie schneller geht als die Bearbeitung einer Nassprobe. Nasses Arbeiten hat den Vorteil, dass die Probe nicht staubt und die Haare ihre Elastizität wiedergewinnen. Soll eine Trockenprobe nass weiterbearbeitet werden, kann sie in der Petrischale mit Aqua dest. oder 75%igem Alkohol eingeweicht werden (Brennspiritus kann auch verwendet werden).

Im nächsten Schritt werden die Proben unter dem Binokular auf Haare untersucht. Bereits bei 20 - 40facher Vergrößerung lassen sich in der Probe Haare gut erkennen. Da Haare als Körperbedeckung ein synapomorphes Merkmal der Säugetiere sind, also nur bei Säugern vorkommen (SCHMITT 1989), sind sie eindeutig zuzuordnen. Dementsprechend gibt es nur zwei Möglichkeiten, wie Haare in eine Baumhöhle gelangen. Entweder wurde die Baumhöhle von einem Säuger genutzt, oder die Haare wurden durch andere Organismen (vermutlich meist Vögel) eingetragen. Der Eintrag von Fledermaushaaren durch Vögel oder andere Tiere dürfte allerdings extrem unwahrscheinlich sein, sodass beim Vorhandensein von Fledermaushaaren auch davon ausgegangen werden kann, dass die Baumhöhle Fledermäusen als Quartier dient.

Fledermäuse nehmen regelmäßig bei der Fellpflege Haare auf, sodass auch in kleinen Proben meist Haare vorhanden sind. Ob es sich allerdings bei Haarfundem um die Haare von Fledermäusen handelt, lässt sich erst durch

eine weitere mikroskopische Untersuchung feststellen.

Die gefundenen Haare werden hierzu aus der Probe herausgesucht und zur mikroskopischen Untersuchung in Aqua dest. auf einen Objektträger übertragen. Das Präparat sollte, wenn möglich, aus mehreren kompletten Haaren bestehen. Hierbei ist zu beachten, dass es sich um Deckhaare und nicht um Wollhaare handelt.

Die Haare werden möglichst entwirrt in ihrer natürlichen Streckung auf dem Objektträger fixiert.

Sie können dann bei 100-400facher Vergrößerung mikroskopiert werden (s. Abb. 4).



Abb. 4: Untersuchung von aus der Mulmprobe entnommenen Haaren unter dem Mikroskop.

Fledermaushaare weisen eine deutlich andere Struktur auf als die Haare der übrigen Säugetiere (s. Abb. 5). Während die Fledermaushaare marklos sind und meist deutlich geschuppte Kutikulastrukturen aufweisen, ist die Kutikula der sonstigen Säugetierarten relativ glatt und sie sind markhaltig.

Die Haare der verschiedenen Fledermausarten unterscheiden sich in der äußeren Struktur, sodass mittels der Haaranalyse auch ggf. eine Art-diagnose möglich ist (vgl. APPELT 1979; MEYER et al. 1995 u. 2002; TEERINK 1991).

Die Unterschiede sind jedoch bei verwandten Arten nicht so deutlich wie bei den Haaren der beiden in der Abb. 6 dargestellten Arten, der

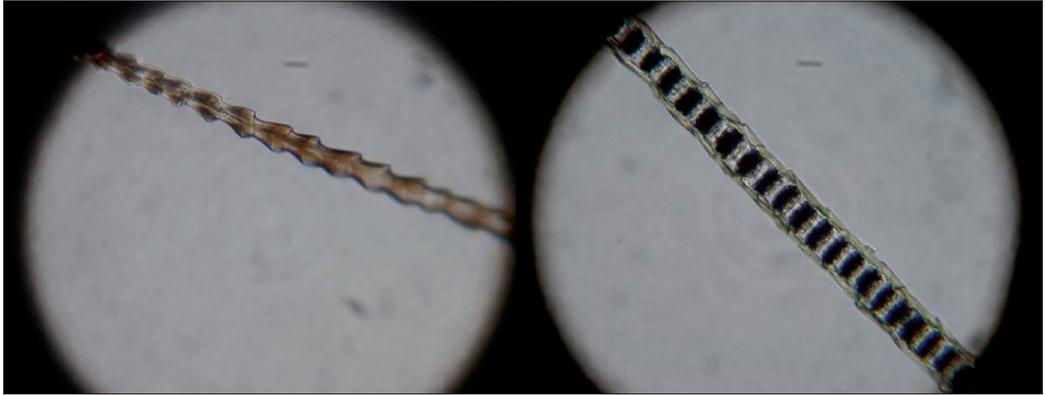


Abb. 5: Struktur eines typischen Fledermaushaars (links) im Vergleich mit der Haarstruktur eines sonstigen Säugetieres (rechts).

Kleinen Bartfledermaus (*Myotis mystacinus*) und der Rauhauffledermaus (*Pipistrellus nathusii*). Die Haarspitze der Bartfledermaus ist, wie für Arten der Gattung *Myotis* typisch, recht glatt, während die Haarspitzen der Rauhauffledermaus wie auch anderer Arten der Gattung *Pipistrellus* „ausgefranst“ sind.

Wie anhand der Abbildungen gut erkennbar ist, unterscheidet sich die Haarstruktur innerhalb eines Haars deutlich und auch verschiedene Haare einer Art können sich in der Struktur unterscheiden. Daher sollten zur Identifikation auch immer die Haare komplett – von der Wurzel bis zur Spitze – betrachtet werden.

Eine definitive Artbestimmung benötigt viel Erfahrung und sollte Experten vorbehalten bleiben. Die Erkennung von Artgruppen/Gattungen

ist aber nach einer Einarbeitung und unter zu Hilfenahme einer Vergleichssammlung durchaus möglich.

### 3 Fazit

Die Untersuchung von Mulmproben stellt eine sehr gut geeignete Methode dar, um Baumhöhlen auf die Nutzung durch Fledermäuse zu untersuchen. Vorteil dieser Methode ist, dass für einen positiven Nachweis, die Baumhöhle zum Untersuchungszeitpunkt nicht aktuell von Fledermäusen genutzt werden muss, sondern auch noch nach längerer Zeit (z. B. im Winter) der Nachweis von genutzten Quartieren gelingt. Zum Teil ist es auch möglich, eine Art- bzw. Gattungsdiagnose durchzuführen.

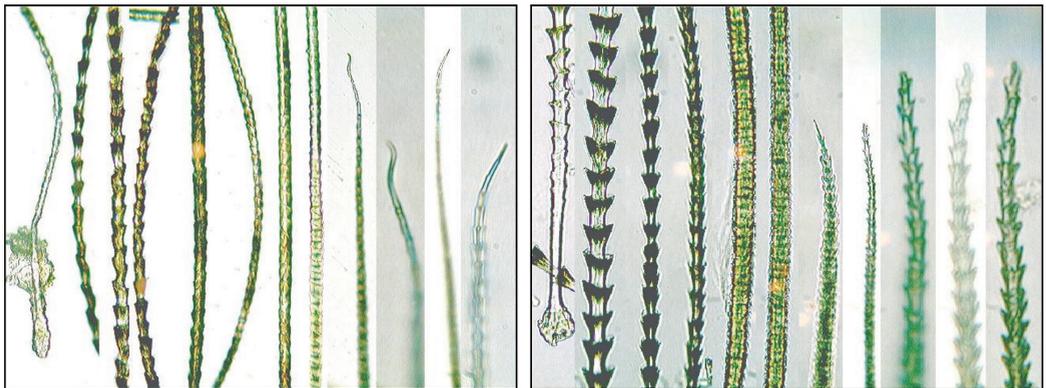


Abb. 6: Vergleich der Haarstrukturen von der Wurzel bis zur Spitze von Kleiner Bartfledermaus (*Myotis mystacinus*) links und der Rauhauffledermaus (*Pipistrellus nathusii*) rechts (lichtmikroskopische Aufnahmen bei 400facher Vergrößerung). Für beide Arten sind im rechten Bereich der Bilder einige Haarspitzen (z.T. bei 1000facher Vergrößerung) abgebildet.

Die Mulmuntersuchung ermöglicht es jedoch nicht, Aussagen über Nutzungsdauer oder Anzahl der Individuen zu treffen. Hierzu sind weitergehende Untersuchungen wie z. B. Videoüberwachung oder Aus- und Einflugzählung notwendig.

### Schrifttum

- APPELT, H. (1979): Lichtmikroskopische Untersuchungen an Fledermaushaaren. – Abh. u. Ber. Naturkundl. Mus. Mauritium Altenburg, 10: 279-295.
- BRINKMANN, R. (2008): Kurzfassung des Vortrags: Fledermäuse und Verkehr (Veranstaltung: Eingriffspläne und Managementpläne für Fledermäuse; Schloss Hagenberg); [fledermausschutz.at/downloads/Vortrag-Brinkmann.pdf](http://fledermausschutz.at/downloads/Vortrag-Brinkmann.pdf).
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG - ABTEILUNG STRASSENBAU (2011): Arbeitshilfe Fledermäuse und Straßenverkehr; Entwurf.
- BUNDESNATURSCHUTZGESETZ (BNATSCHG) vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 6. Oktober 2011 (BGBl. I S. 1986) geändert worden ist.
- CZIHAK, G.; LANGER, H.; ZIEGLER, H. (HRSG.)(1984): Biologie – Ein Lehrbuch, Dritte, völlig neubearbeitete Auflage; Springer-Verlag, Berlin.
- DIETZ, C.; HELVERSEN, O. VON; NILL, D. (2007): Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas; Franckh-Kosmos, Stuttgart.
- KAISER, DR. M. (2009): Rechtliche Grundlagen des Fledermausschutzes in Planverfahren; Vortrag im Rahmen der Veranstaltung der Naturschutzakademie NRW (NUA): Fledermäuse in der Eingriffspläne; Dortmund, 23.04.2009.
- KERTH, G. PERONY N. UND SCHWEITZER, F. (2011): Bats are able to maintain long-term social relationships despite the high fission-fusion dynamics of their groups; *Proc. R. Soc. B* **278**, S.2761–2767.
- MEYER, W., SEGER, H. & HÜLMANN, G. (1995): Remarks on specific adaptive scale structure of the hair cuticle in some European Bats. – *European Journal of Morphology*, **33**(5): 509-513.
- MEYER, W., HÜLMANN, G. & SEGER, H. (2002): REM-Atlas zur Haarkutikulastruktur mitteleuropäischer Säugetiere. – Verlag M.& H. Schaper, Alfeld-Hannover.
- SCHMITT, DR. M. (1989): Evolution der Pflanzen- und Tierwelt; Bd. 5/2; Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen.
- SKIBA, R. (2004): Möglichkeiten und Grenzen der Artbestimmung von Fledermäusen mit Hilfe von Kot – *Nyctalus (N.F.)* **9** (5): 477-488.
- TEERINK, B.J. (1991): Hair of West-European Mammals. – Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- VAN DEN HEUVEL, M. (2004): Hygiene und Desinfektion in Klinik und Haushalt - eine Einführung, GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg.