

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Graz  
Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Erich REISINGER

# Studien an Baumhöhlen in der Steiermark

Von Wolf SIXL

Mit 4 Abbildungen und 2 Tabellen (im Text)

Eingelangt am 21. März 1969

Die Untersuchungen wurden durch das Amt der Steiermärkischen Landesregierung im Rahmen der Autobahnenteignung, Abt. Autobahn, sowie durch meinen Vater Dr. A. SIXL stets gefördert.

— Besonderen Dank schulde ich meinem Freund cand. phil. Peter GOLLMANN, der mich auf vielen Exkursionsfahrten begleitete. Dank seiner Hilfe konnte ein umfangreicheres Vergleichs- und Tiermaterial gesammelt werden. —

In den Jahren 1965/1966 und 1967 wurden in der Steiermark entlang der Autobahntrasse der Oststeiermark, in Brunnsee und Pöls (Zwaring) Untersuchungen an Baumhöhlen durchgeführt.

In den Untersuchungsgebieten selbst wurden die Höhlen mechanisch geöffnet und nach dem Vorbild der Kleiber mit Baumwachs und Lehm bis auf die ursprüngliche Einflugöffnung verklebt. Höhlen, die fortlaufend kontrolliert wurden, waren mit einem eigenen Zugang versehen, um nicht die Wirte bei Brut- und Schlafverhalten zu stören.

## Material und Methodik

Bei der ökologischen Arbeitsmethodik wurden bei Temperaturmessungen ein Tastomedgerät verwendet (Meßgenauigkeit  $0,2^{\circ}\text{C}$ ). Für Feuchtigkeitsmessungen stand ein eigens konstruierter „Hygrometer für Substratmessungen“ zur Verfügung. pH-Messungen wurden in feucht-nassem Nistmaterial mit Spezialindikatorpapier und  $\text{O}_2$ -Messungen im Höhlenraum mit der Sauerstoffsonde nach GRASSHOFF (Hydro-bios Kiel) durchgeführt.

## Die Baumhöhle als Lebensraum

### 1. Entstehung

Baumhöhlen entstehen auf mehrfache Art, bedingt durch die natürliche Wuchsform des Stammes und durch Vermoderungs- und Fäulnisvorgänge in Rinde und Holzkern. Durch das Ausbrechen morscher Äste, durch Wild- und Insektenfraß, sowie Frosteinwirkungen und Blitzschlag wird der Zutritt von Pilzen und Bakterien erleichtert (RHONERT 1951). Haben diese parasitischen Pilze und Bakterien den Holzteil angegriffen, dann treten drei Erscheinungsformen in der Höhlenbildung auf. 1. können die Höhleneingänge durch Verwachsung und Umwallung der Rinde wieder verschlossen werden; das Pilzwachstum dringt bis in die Wurzelregion im Inneren des Stammes vor. Damit ist der Stamm kernfaul geworden. 2. Die Höhle wird nicht verschlossen und wird, angefüllt mit Wasser, als „aquatic microsera“ oder Phytotelme bezeichnet.

In diesen Höhlen entwickelt sich eine eigene Fauna und Flora. 3. unterscheidet man die sogenannten „terrestrial microsere“ oder „trockenen“ Baumhöhlen. Die letzteren entstehen durch Aufsaugen des Höhlenwassers durch das Nistmaterial oder durch Versickern und Abfließen des Wassers bei starker Kernfäule. Eine Baumhöhle trocknet auch dann aus, wenn der regelmäßige Nachschub von Feuchtigkeit ausbleibt. Ob eine Höhle bei der Entstehung zu einer „aquatic“ oder „terrestrial“ microsere wird, hängt vor allem von der Höhlenneigung und der Vitalität des Baumes ab. Diese „trockenen“ Baumhöhlen zeigen jedoch bis zu 90 % R. L. F.

Neben diesen durch Ausfaulen und Vermoderung entstandenen Baumhöhlen unterscheiden wir solche, die durch Höhlenbewohner selbst angelegt wurden. Bei diesen wiederum zwischen solchen, für deren Anlage durch den späteren Bewohner kein äußerer sichtbarer Anlaß gegeben war und solchen, die schon von Natur aus (Blitzschlag und Frostrisse) vorgegeben waren. Für die Art der Höhlenanlage gibt es verschiedene Meinungen. Nach Sir Thomas BROWN (Zitat nach TRACY 1938) legen Spechte Höhlen ohne Rücksicht auf Wind und Himmelsrichtung an. Der Eingang zu einer Spechthöhle hängt davon ab, wo der kürzeste Weg zur inneren Schadstelle des Stammes liegt (BLUME 1961). Eigene Untersuchungen zeigen entlang eines Espenbestandes von rund 3 Kilometer, daß nur dort Spechthöhlen angelegt werden, wo die Bäume in kleinen Talsenken und an Quellaustritten stehen. „Die Espe, die in Finnland den häufigsten Spechtbaum darstellt, tritt immer dort als Spechtbaum auf, wo die Umgebung mehr oder weniger versumpft ist“ (BLUME 1961). Diese Spechtbäume sind immer stark kernfaul. Außerdem ist bei den von mir als „nicht von Natur vorgegeben“ bezeichneten Höhlen eine deutliche Dominanz der Richtung Südosten und Südwesten herauszustreichen (Tab. 1/Abb. 1).

Baumhöhlen, die durch das Ausbrechen morscher Äste vorgegeben sind, werden als „vorgegebene Höhlen“ bezeichnet = (v. H.) Als „nicht vorgegebene Höhlen“ (n. v. H.) werden solche beschrieben, für deren Anlage optisch dem Beobachter kein erkennbarer Grund vorliegt.

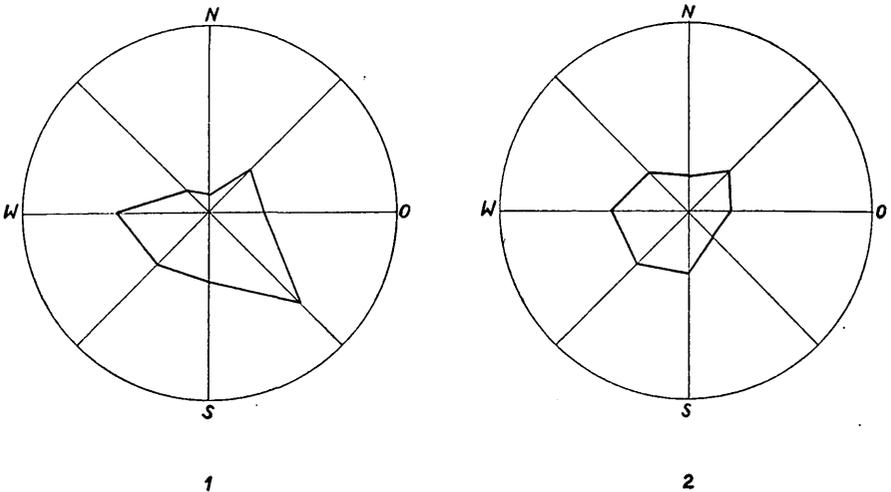


Abb. 1: Verteilung der Einflugöffnungen nach Himmelsrichtungen  
(1: nicht vorgegebene Höhlen; 2: vorgegebene Höhlen)

Tabelle 1

	n. v. H.	v. H.
nach Norden	4	9
Nordosten	16	15
Osten	14	11
Südosten	33	9
Süden	18	16
Südwesten	19	19
Westen	24	20
Nordwesten	8	14
	<hr/> 136	<hr/> 113

BLUME erklärt sich das Bevorzugen der Richtung West, Süd und Ost bei der Höhlenanlage nicht durch irgendwelche Rücksicht auf den Wind oder die Himmelsrichtung, sondern allein durch die Bequemlichkeit, in kernfaulen Baumstämmen Höhlen anzulegen. — Viel eindeutiger sind dagegen die Beziehungen zwischen Höhlenanlage und forstpathologischen Erscheinungen. Bei aufgesägten Baumstämmen zeigt sich, daß der Eingang dort angelegt wurde, wo sich der kürzeste Weg zur Schadstelle (z. B. Kernfäule) befindet. Wenn bestimmte Himmelsrichtungen für die Anlage der Fluglöcher bevorzugt werden, so liegt dies daran, daß sich infolge klimatischer Einflüsse die Schadstellen nach bestimmten Richtungen besonders dicht unter der Rinde befinden. Somit sind Windrichtungen und Sonneneinwirkung primär für die Schadstellen und sekundär für die Höhlenanlage verantwortlich.

Spechtbäume mit „nicht von der Natur vorgegebenen Höhlen“ zeigen äußerlich keine Schadstellen. Sie scheinen jedoch im Spätwinter und Frühjahr durch einseitiges Erwärmen und Ausdehnen der Rinde durch Frostrisse vorgegeben zu sein. Frostrisse, auch Eisklüfte oder Kälterisse und Frostspalten genannt, sind gewöhnlich Radialrisse, die von der Rinde ausgehen und bis in das Mark reichen können. Vor allem bei Laubhölzern treten diese Schädigungen häufig auf. Die äußeren Schichten des Stammes werden stärker abgekühlt als die inneren, weshalb sie sich auch stärker zusammenziehen. In den Morgenstunden, wenn die Kälte am größten ist, insbesondere in nördlichen und östlichen Lagen, sowie besonders auf feuchten Böden (Standorten) löst sich die Spannung im Holz durch die Frostrisse auf der Ost-, Süd- oder Südwestseite. Bei Erwärmung schließt sich die Radialspalte wieder (DURST 1955). Diese äußerlich nicht auffallenden Schädigungen werden von den Spechtarten akustisch, taktil und optisch geortet und bei der Höhlenanlage bevorzugt (BLUME 1961). Wenn diese Schadstellen als Ritzen, Spalten und Rinnen sichtbar werden, könnte die Gestalt der Oberfläche des Stammes als auslösender Reiz wirken. Wahrscheinlich wirken auch taktile und akustische Wahrnehmungen beim Abklopfen der Stämme für die Wahl des Höhleneinganges mit. Bei der Höhlenanlage und der Bevorzugung der Richtung Ost und West ist für das Auftreten der Rinden- und Holzschäden die längere Bestrahlungsdauer maßgebend. Ob jedoch die längere Sonnenbestrahlung bei diesen Richtungen auch indirekt auf das Sonnen der Spechte und das Bestrahlen der angelegten Höhle Einfluß hat — und dadurch die Spechte diese Richtung mitbevorzugen — kann nicht gesichert behauptet werden.

Von den Höhlenbewohnern haben nur wenige die Fähigkeit, selbst Höhlen anzulegen. Von den Vögeln wurden Fliegenschnäpper, Rotschwänzchen, Spechte, Meisen, Kleiber, Sperlinge, Dohlen, Wiedehopfe, Stare, Blauracken und Baum-

läufer untersucht. Jedoch legen davon nur Spechte und einige Meisen selbstständig Höhlen an. So bilden auch ehemals angelegte Spechtschmieden, die durch Pilzfäulnis weiter ausgehöhlt wurden, für Kleiber und Meisen willkommene Brut- und Schlafplätze (Beobachtungen aus Aotal und Brunensee). Von Haubenmeisen weiß man (AICHHORN mündliche Mitteilung), daß sie selbstständig Höhlen anlegen und bei Blaumeisen konnte 1967 im Untersuchungsgebiet von Aotal ein selbständiges Anlegen einer Nisthöhle in einem morschen Espenast beobachtet werden (GOLLMANN mündl. Mitteilung und eigene Beobachtungen). Fliegenschmäpper, Rotschwänzchen, fast alle Meisenarten wie Kohlmeise, Blaumeise, Weidenmeise, Tannenmeise, auch Baumläufer und Kleiber beziehen meist alte Spechthöhlen. Unter den höhlenbewohnenden Säugern leben in unseren Breiten 13 verschiedene Fledermausarten (NATUSCHKE 1960) sowie Gelbhalsmäuse, Eichhörnchen und verschiedene Schläferarten in vorgefertigten Höhlen.

Somit sind Spechte bei den durch Höhlenbewohnern angelegten Höhlen als Primärbesiedler anzusprechen. In diese Spechthöhlen, die einerseits der Brut und der Aufzucht der Jungen dienen und andererseits als Schlafhöhlen angelegt werden, folgen die anderen höhlenbewohnenden Vögel und Säuger als Sekundärbesiedler nach. Spechthöhlen im engeren Sinn, das sind solche, die nur von Spechten bewohnt werden, zeigen kein Nistmaterial. Am Höhlengrund sind nur einige feine Holzspäne und Holzmoder anzutreffen. Bei mehrfrühen und immer bewohnten Höhlen kann man von der Besiedlungsfolge auf das Nistmaterial und umgekehrt vom Nistmaterial auf die Besiedlungsfolge schließen.

## 2. Mikroklima

Zwischen dem Klima des bodennahen Raumes und dem Klima in Baumhöhlen sind auffallende und bedeutungsvolle Unterschiede vorhanden. Bestimmend für das Mikroklima der Baumhöhlen sind vor allem die Faktoren Temperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und in geringem Maße die Lichtverhältnisse. Diese Faktoren werden beeinflusst durch die verschiedenartige Zusammensetzung des Nistmaterials, dem Zersetzungsgrad desselben sowie Form und Anlage der Höhle, ferner die Lage der Höhle in Bezug auf die Hauptwindrichtung und die Neigung zum Sonnenstand.

### Temperatur

Die Temperatur in einer Baumhöhle wird durch direkte Sonnenbestrahlung, durch die Wärmeleitung, durch die Ein- und Ausstrahlung und indirekt durch die Windverhältnisse beeinflusst, sowie durch die physikalischen Eigenschaften des Nistmaterials und durch die Anwesenheit von Wirtstieren mitbestimmt. In den Vogelnestern, die typische Höhlennester (Cavernellen) sind, bleibt die Temperatur, wie schon NORDBERG (1937) feststellt, bis zu einem sehr hohen Grad konstant. Das Nistmaterial in Baumhöhlen ist oft aus zwei Schichten mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften, dem Nest und den Höhlenmulm zusammengesetzt. Die Grenze zwischen diesen Schichten ist nicht abgesetzt, sondern geht ineinander über und so verhalten sich auch die Temperaturen entsprechend. Da die Luft ein recht schlechter Wärmeleiter ist, wird die quantitative Wärmeleitfähigkeit des Nestes dadurch, daß die Poren, d. h. die Zwischenräume des Nistmaterials mit Luft gefüllt sind, stark herabgesetzt. Die Wärmeleitfähigkeit des Nistmaterials wird wegen des Gehaltes an Gras und sonstigen pflanzlichen Überresten, die ebenso wie der Torf schlechte Wärmeleiter sind, bedeutend geringer. Ganz anders verhält sich die Wärmeleitfähig-

keit im Höhlenmulm, da das Material des Mulms sehr feucht ist und bis zu 100 % R. L. F. gemessen wurde. Auf diese Weise wird die Wärmeleitfähigkeit im feuchten Bodensubstrat bis über das 20fache gegenüber Luft erhöht (BERENYI 1967). — Da die Wärmeleitung maßgebend den Nidicolonbestand beeinflusst, müssen wir zwischen den Bruthöhlen, den besuchten Höhlen und den kaum besuchten oder „leeren“ Höhlen unterscheiden. Beobachtungen können leichter in verlassenen Höhlen gemacht werden, da es hier zu einem gleichmäßigen Erwärmen und Abkühlen während des Jahres kommt. Diese verlassenen Höhlen sind auch deshalb von größtem Interesse, weil sie die ursprünglichen Bedingungen für den Nidicolonbestand aufzeigen und wertvolle Rückschlüsse auf Temperaturpräferenda bzw. Grenztemperaturen geben können. Der Nidicolonbestand kann sich auch in unbesuchten Höhlen weiterentwickeln, wird jedoch in besuchten Höhlen begünstigt. Die Erwärmung bzw. der Temperaturgang aller Höhlen ist aber vor allem von der Dauer der Sonnenbestrahlung und der Lage des Höhleneinganges abhängig. Laub und Mischwald, in denen die meisten Baumhöhlenmessungen vorgenommen wurden, zeigen einen geringen Albedo von 9 % bis 4,5 % und somit eine große Absorption der Wärmestrahlung. Das Nest in einer direkt sonnenbestrahlten Baumhöhle wird langsam sowohl vom Höhlenraum über dem Nest aus als auch vom umgebenden Holz her erwärmt. Diese Erwärmung geht jedoch so langsam vor sich, daß bei Außentemperaturen im Luftraum zwischen Kronendach und Boden von plus 12 bis 15 Grad Celsius (Pöls, Februar/März 1967) an der Höhlenwand noch Eiskristalle auftreten können. Daher hinkt die Temperatur der verlassenen Höhle den Außentemperaturen nach; dabei schaltet sich der Tages- und Jahresgang der Temperaturen ein. Die Erwärmung einer unbewohnten Höhle hängt von der Dauer und der Intensität der Sonnenbestrahlung ab. — Wenn wir die Nesttiefe und somit die Meßtiefe als konstant betrachten, ändert sich die Temperatur in den verschiedenen Tiefen als Funktion der Zeit. Der Temperaturhöchstwert stellt sich am frühesten in der Nestmulde ein. Nach der Tiefe zu wird die Verzögerung immer größer und diese wird auch bei Abkühlung erkennbar. Die kalte Luft strömt durch den Höhleneingang ein und bildet schließlich in den kalten Herbstmonaten, wo die Erwärmung schon geringer als die Abkühlung ist, am Höhlengrund eine Art „Kältesee“ (Abb. 2/3).

Die Sommerdurchschnittstemperaturen in Baumhöhlennistmaterial von 19 bis 20 Grad bei 170 gemessenen Höhlen in Brunnsee und Autal zeigen im

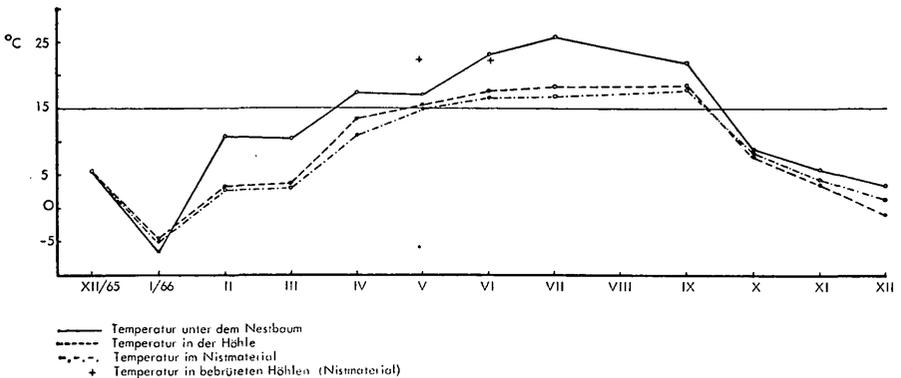
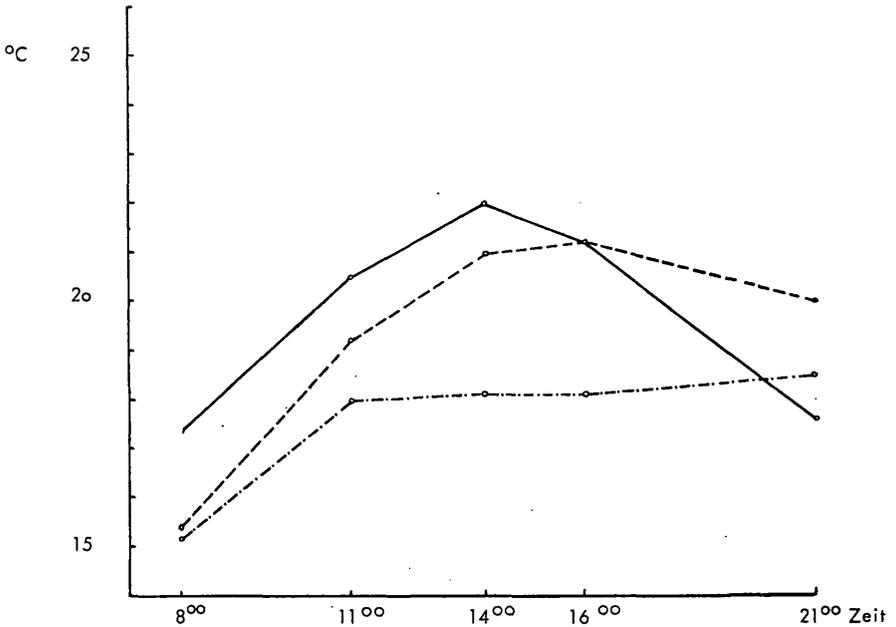


Abb. 2: Jahreszeitliche Temperaturverhältnisse (Durchschnittswerte aus 300 Höhlen)



H 215/Pöls/ 22.7.1966.

— Temperatur unter dem Nestbaum  
 - - - - - Temperatur in der Höhle  
 - . - . - Temperatur am Höhlengrund

Abb. 3: Temperaturverlauf eines Tages, gemessen in Höhle 215 (Pöls).

Nistmaterial ganz geringe Temperaturschwankungen von maximal 2 bis 5 Grad Celsius. Im Nistmaterial der Tag- und Nachtgreifvögel kommt es infolge des raschen Zerfalles von organischem Futterabfall, dem Kot der Brut und dem starken bakteriellen Abbau zu stärkeren Schwankungen.

Winterdurchschnittstemperaturen von  $-5$  Grad Celsius bis  $-8$  Grad Celsius zeigen in Baumhöhlen die relative Unempfindlichkeit der Baumhöhlenfauna gegenüber niedrigen Temperaturen, wenn die Abkühlung langsam stattfindet. Die gesamte Baumhöhlenfauna ist gegen tiefe Temperaturen so unempfindlich, daß sie, eingefroren im Nistmaterial, eingesammelt und im Labor langsam aufgetaut, ihre volle Aktivität wieder aufnehmen kann.

So gleicht sich sowohl im Winter als auch im Sommer die Temperatur der Baumhöhle langsam an die Außentemperatur an. Vergleicht man die Durchschnittswerte der Außentemperaturen der Untersuchungsgebiete von Aulal und Laßnitzhöhe sowie von Brunsee und Pöls, so erkennt man deutlich, daß die gefundenen Durchschnittswerte der Sommer- und Wintertemperaturen in Baumhöhlen ungefähr den Durchschnittswerten des Jänner- bzw. Julimittels entspricht (vgl. Tabelle „Klima der Steiermark“, Tab. 2).

Alle Erwärmungs- und Abkühlungsvorgänge in Baumhöhlen werden durch Gärungs- und Zersetzungsprozesse im Nistmaterial und durch den zeitweiligen Aufenthalt der Vögel und Kleinsäuger in den Höhlen verkompliziert.

Es entwickelt sich also ein starker Temperaturgradient mit den höchsten Temperaturen in der Nestmulde und den tiefsten am Höhlengrund.

Tabelle 2  
Klima der Steiermark  
(aus „Atlas der Steiermark“)

Mitteltemperaturen	von Aotal	Laßnitzhöhe	Brunnsee	Pöls
im Jänner	-4 ° C	-3 ° C	-2 ° C	-3 ° C
Juli	19 ° C	17—19 ° C	20 ° C	19 ° C
Jahresmittel	8—9 ° C	8—9 ° C	unter 9 ° C	8—9 ° C
Niederschlag	700—900 mm	700—900 mm	900—1000 mm	900—1000 mm

Mikroklima in Baumhöhlen (je 20 Messungen um 8, 13, 18 Uhr)

Mitteltemperaturen	von Aotal	Laßnitzhöhe	Brunnsee	Pöls
im Jänner 1966/67	-5 ° C	-2 ° C (-10 ° C)	+3,5 ° C	+1 ° C
Extremwert: (+2 ° C/-17 ° C)				
Juli 1966/67	17 ° C	16 ° C	18 ° C	16,3 ° C
bei einer R. L. F. in %	90—100 %	90—100 %	90—100 %	90—100 %

## Feuchtigkeit

Bei der Temperatur und der Feuchtigkeit spielt die Oberflächenstruktur des Nistmaterials in einer Baumhöhle eine große Rolle. — Ein durch Verdunstung sinkender Feuchtigkeitsspiegel in einer Höhle wird durch Kondensationsvorgänge wieder gehoben. Die Kondensation hängt mit dem Tages- und Jahresgang eng zusammen. — Primär entfällt ein Makroniederschlag — wie Regen — in Baumhöhlen. Sekundär können jedoch Regen, Schnee und Eis, vielleicht auch Tau, durch Spaltensysteme, wie sie Frostrisse, Blitzspalten und Wildfraß hervorrufen, eindringen und die Luftfeuchtigkeit erhöhen.

Die Feuchtigkeit in einer Baumhöhle ist auch stark abhängig von der Vitalität eines Baumes. In typischen Spéchtbiotopen, also versumpften Wiesen und bei Quellaustritten fanden wir, bedingt durch das Auftreten der Kernfäule, stets nahezu abgestorbene Bäume. Am Höhlengrund sammelt sich Wasser an, welches das Nestmaterial auslaugt, wodurch organische und anorganische Substanzen gelöst werden.

Baumhöhlenwasser (n. Ass. Dr. RABER, Inst. f. anorg. Chemie, Graz)  
(H 183 Kastanie/H 108 Espe)

Dichte (bei 18 ° C) D	= 1,0045
pH-Wert (bei 18 ° C) pH	= 7,71 (elektrometrisch)
Trockenrückstand bei 120 ° C	= 0,604 %
Glührückstand bei 600 ° C	= 0,05 %

In alkalischer und saurer Lösung sind organische Verbindungen ausschüttelbar.

FeCl<sub>3</sub> Reaktion (in wässriger Lösung) positiv als Nachweise für Gerbsäuren und Phenole. Qualitativ nachgewiesen konnte werden: Kohlenstoff, Schwefel, Stickstoff, Kalzium, Magnesium, Eisen (in Spuren) und Kalium.

Wenn sich in den Höhlen während des Tages die Temperatur erhöht, könnte eine Austrocknung und somit die Herabsetzung der relativen Feuchtigkeit eintreten. Da jedoch die Temperaturzunahme sehr langsam erfolgt, kann sich der relative Feuchtigkeitsspiegel rasch wieder einstellen. Dieselben Verhältnisse sind bei Abkühlung, bei der Kondensation eintritt, zu finden. Die

R. L. F.

%

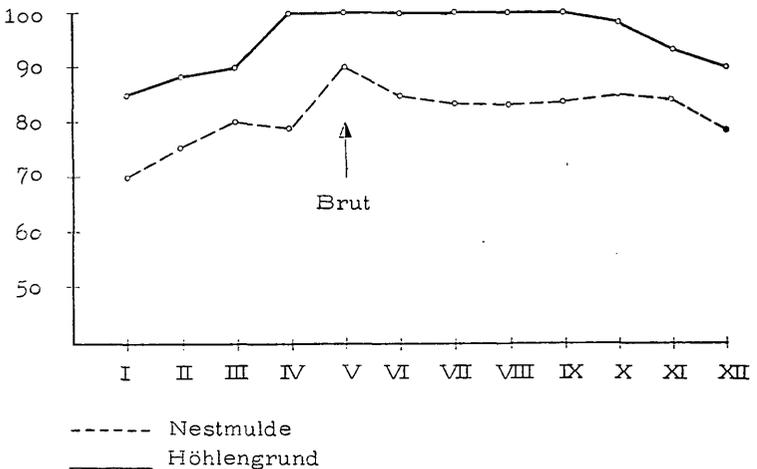


Abb. 4: Relative Luftfeuchtigkeit (Jahres-Durchschnittswerte).

Höhe der relativen Feuchtigkeit ist in Höhlen verschiedener Baumarten stark unterschiedlich. So fanden wir in Espen und Kastanien immer eine relative Feuchtigkeit von 90 bis 100 %, (bei denen am Höhlengrund meist Wasseransammlungen auftraten). In Linden und Buchen erreicht die relative Feuchtigkeit meist Durchschnittswerte von 40 bis 70 %, während man in Eichen alle Feuchtigkeitsstufen antreffen kann. Das Nestmaterial und der Höhlenmulm hält in den Höhlen die Werte der R. L. F. (Abb. 4).

### pH - Wert

Die Aussagen über die pH-Abhängigkeit der Bodentiere sind sehr widersprechend. BLUNCK 1925 hält bei Drahtwürmern, die auf saurem Boden angetroffen wurden, weniger die Azidität des Bodens als vielmehr seine höhere Feuchtigkeit für ihr Auftreten verantwortlich. Auch SUBKLEW (1934) kam bei seinen eingehenden Untersuchungen an Elateriden zur Erkenntnis, daß ihre Entwicklung durch verschiedene Wasserstoffjonenkonzentrationen nicht beeinflußbar ist. Andererseits konnte ALLEE (1930) an Lumbriciden und MAC LAGAN (1933) an Collembolen zeigen, daß sie zu ihrem Gedeihen einen mehr oder weniger begrenzten pH-Bereich benötigen. THIELE (1959) meint, daß bei manchen Arten die Unterscheidung der Bodenreaktion unwesentlich ist, und daß eher dem pH-Wert andere Bodeneigenschaften vorgezogen werden (zit. nach SCHWERTFEGER).

*Ascoshöngastia latyshevi* (SCHLUGER), eine Trombiculidae, die in unseren Breiten nur in Baumhöhlen lebt und der Großteil der Begleitfauna, wie verschiedene Collembolen und Milben wurden immer in neutralen oder schwach alkalischen pH-Bereichen gefunden. Wieweit Kohlensäure, Ammoniak, Gerbsäure und Humussäure und die aeroben und anaeroben Zersetzungsprozesse den pH-Wert im Nistmaterial der Baumhöhlen mit hohem Feuchtigkeitsgehalt beeinflussen, ist nicht untersucht. Vermutlich müssen alle Faktoren wie Temperatur, relative Feuchtigkeit und pH eine für die verschiedenen Bodentiere optimale Kombination aufweisen.

Der Lichtfaktor kann nahezu ausgeschlossen werden. Diffuses Licht trifft nur die Nidicolen am Höhleneingang, die aber auch dort, wenn sie negativ phototaktisch sind, in Spaltensystemen Zuflucht finden.

Luftbewegungen finden in Höhlen nahezu keine statt. Zu Unterschichtungen der Höhlenluft kommt es nur bei stark andauernder Abkühlung.

### O<sub>2</sub>-Gehalt der Höhlenluft

Der relative Sauerstoffgehalt der Höhlenluft nimmt nach der Höhlentiefe hin ab. Die Geschwindigkeit der Abnahme ist abhängig von der Anwesenheit eines Wirtes, vom Nistmaterial und dem Zersetzungsgrad desselben. Die folgende tabellarische Übersicht zeigt den % O<sub>2</sub>-Partialdruck in verschiedenen Schichten zweier exkrementfreier Kontrollhöhlen (H 108 und H 183).

Angaben in Prozenten:

	Raum über dem Nest	Nestmulde	Nistmaterial	
			5 cm	15 cm (Höhlengrund)
H 108	95	93	80	75 %
H 183	90	88	82	70 %

Inwieweit die Sauerstoffunterschiede in der Höhlenluft den Nidicolenbestand beeinflussen, bleibt noch zu klären.

### 3. Begleitfauna

Die Artzusammensetzung der Höhlenfauna zeigt starke Unterschiede in ekrementhaltigen und ekrementfreien Höhlen.

Die zersetzende Bodenfauna stellt den größten Anteil dar; in mehrjährigen Höhlen treten Nidicole auf, die

1. mit dem Baustoff in das Nest gelangen und nach der Zersetzung des Materials weiterleben.
2. zufällig in die Höhle gelangen, d. s. solche, die sich in der Nähe der Höhle aufhalten;
3. als Parasiten (Ekto- und Entoparasiten), mit den Wirtstieren in das Nest geraten und
4. solche Arthropoden, die das Nest aktiv aufsuchen.

In Höhlen mit genügender Luftzufuhr finden sich in großer Zahl Larven von Rosenkäfern (*Potosia aeruginosa*, *Cetonia aurata*) und Schnellkäfer (Elate-ridae), die großen Anteil am Abbau des Nistmaterials haben.

Pilzhyphen erreichen in Baumhöhlen keine große Entfaltung (*Cladosporium herbarum*, *Penicillium* spec.). Pilze dienen einigen Collembolen als Nahrung und dadurch wird die Konidienbildung stark eingedämmt. Dieser Umstand ist für solche Tiere in Höhlen bedeutungsvoll, deren Feinde Pilze sind (z. B. Trombiculide, Oribatide und Julide sowie Pseudoskorpione).

Einige Bodentiere wie Flagellaten, Amöben und Ciliaten schlüpfen erst bei genügender Feuchtigkeit in Höhlen aus den Zysten. Actinomyceten, die z. T. Feinde der Trombiculiden sind, traten in älteren Baumhöhlen auf und hatten in Zuchtschalen ihre günstigste Entfaltung. In Nestern mit Moosen und Laub finden sich neben Nematoden und Rotatorien auch Enchytreidae. Collembolen und Milben dient der Kot von anderen Nidicolen und Blattparenchym als Nahrung. In dieser Gemeinschaft sind auch Asseln, Diplopoda, (vor allem *Julius* spec.) Chilopoda und Fliegenlarven (Stratiomyidae und *Eristalis*) zu erwähnen. — In den verschiedenen Vegetationsstufen des Waldes treten in Mitteleuropa ca. 425 Spinnenarten auf. Davon entfallen allein 125 Arten auf den Sproßraum (VITE 1953).

Die Fauna verändert sich meist rasch in ekrement- und aashältigen Höhlen. Fliegen werden eher durch die bakterienzersetzenden Tierleichen angelockt und weniger durch den Ammoniak, Schwefelwasserstoff und die Milchsäure (HENNING 1950). Im Stadium der Verflüssigung des Kadavers finden sich Aaskäfer (Silphidae) und Kotfresser (Scarabaeidae) ein. Wenn die Fäulnis mit dem Einsetzen der Buttersäuregärung in Verwesung übergeht, dann gelangen Dermestidae, parasitforme Milben und bestimmte Collembolen in die Höhle. Auch Staphylinidae und Histeridae gelangen ins Nest und fressen ihrerseits wieder Fliegenmaden der Arten *Calliphora* spec. und *Lucilia* spec. (TISCHLER 1955).

### 4. Nistmaterial der Höhlenbewohner

Von Kleibern (*Sitta europaea*) werden als Nistmaterial nach Beobachtungen von LÖHRL (1956) und eigenen Beobachtungen 1966/67 morsche Holzteile und Rindenstücke eingetragen. Darauf werden dünne Kiefernrinde, Birkenrinde und Flechten geschichtet.

Der Höhleneingang wird mit Lehm verklebt, so daß bei einem Einflugloch von ca. 3 bis 4 cm Durchmesser nur kleinere Vogelarten die Höhle wieder besiedeln können. Manchmal öffnen Spechte solche verklebten Höhleneingänge, werfen das Nistmaterial aus der Höhle und bewohnen sie wieder. Der Kleiber sucht sich seine Brut- und Schlafhöhlen in 3 m — 15 m Höhe. Die relative Feuchtigkeit des Nistmaterials beträgt zwischen 40—100 %.

Das Nistmaterial bei den verschiedenen Meisenarten ist untereinander sehr ähnlich (Haubenmeise, Kohlmeise, Weidenmeise, Tannenmeise, Sumpfmeise und Blaumeise).

*Parus major* L. Die Kohlmeise legt in verschiedener Höhe zwischen 0,25 bis 15 m (H 19/10 m) über der Erde das Nest an. Das Nistmaterial füllt die Baumhöhlen zu ungefähr 50 % aus und besteht aus Moosen mit Zwischenschichten aus Grashalmen. Die Nestmulde ist mit Distelflaum, kleinen Federn und Wildhaaren ausgebetet (R. L. F. 70—100 %).

*Parus ater* L. Die Tannenmeise verwendet Nistmaterial wie *parus major*, brütet aber meist tiefer, zum Beispiel in Holzstümpfen (R. L. F. 80—100 %).

*Certhia familiaris* L. Der Baumläufer legt sein Nest hinter Borke, in Baumspalten und Baumhöhlen an. Als Unterlage für das Nest dienen Zweige. Darauf liegen Birkenrinde, Moos und Grashalme; in Brunnsee konnten im Nistmaterial von *Certhia spec.* auch Föhrennadeln gefunden werden. Innen ist das Nest mit Federn und Haaren ausgekleidet (die R. L. F. liegt meist zwischen 50—80 %).

*Passer montanus* (L.) Feldsperling. Das Nest ist zum größten Teil aus Grashalmen und Stroh zusammengefügt. Oft sind Papierstücke und Hanfschnüre mitverwoben (Beobachtung bei Illmitz und Brunnsee), während innen Haare und vor allem Federn verwendet werden (R. L. F. zwischen 50—80 %).

*Sturnus vulgaris* L. Star. Das Nest ist völlig kunstlos aus Stroh, Gras, Graswurzeln, ferner Kiefernrinde, Spänen, Laub und Flechten zusammengefügt. Beim Bau des Nestes werden frischgrüne Blattriebe verwendet (Brunnsee). Innen ist es mit Haaren, Wolle und Federn gefüttert (50—100 % R. L. F.).

*Ficedula albicollis* (TEMNICK). Halsbandfliegenschnäpper. Als Nistmaterial verwendet der Halsbandfliegenschnäpper Grashalme, Graswurzeln und Rinde der Waldrebe. Innen ist das Nest mit Federn und feinen Grashalmen ausgekleidet (R. L. F. zwischen 50—80 %). — Das Kleinsäugernistmaterial hat dagegen eine größere Korngröße (3—8 cm) und füllt die Höhlen meist ganz aus.

*Sciurus vulgaris* L. Eichhörnchen tragen vor allem trockene Zweige und Gras und Stroh sowie Laub und Moos in Höhlen ein. In diesen Höhlen ist nur eine R. L. F. von 40 bis maximal 60 % anzutreffen.

*Apodemus flavicollis* (MELCHIOR). Gelbhalsmaus. In 23 untersuchten Höhlen lagen in Baumhöhlen neben dem Kugelnest, das aus Laub und Gräsern besteht, Nahrungsvorräte aus Eicheln. (In einer Höhle in Brunnsee wurden, neben zwei Nestern mit 10 Jungen und 6 Adulten Gelbhalsmäusen auch ca. 20 kg Eichelfrüchte gefunden.) In den meisten Gelbhalsmaushöhlen wurden immer hohe Werte von relativer Feuchtigkeit gemessen (ca. 80—90 %).

Werden in Höhlen jährlich von verschiedenen Wirten Nester angelegt und Brutten aufgezogen, so läßt sich klar eine Schichtung der einzelnen Nester erkennen. In diesen Höhlen findet man eine Anhäufung von Nistmaterial, da der Abbau desselben sehr langsam vor sich geht.

### Abbau des Nistmaterials

Das aufgezählte Nistmaterial wird durch Verwesung, Fäulnis und Zersetzung abgebaut und beeinflusst die bestehende Höhlenfauna. Es bildet sich ein neuer Lebensraum für den Nidicolonbestand der alternden Baumhöhlen. Nach der Begleitfauna und den verschiedenen Erscheinungsformen des Nistmaterials in Höhlen zu schließen, handelt es sich um dieselben Vorgänge wie beim Abbau pflanzlicher und tierischer Substanzen im Laubstreu des Bodens. Nach dem Zersetzungsgrad des Nistmaterials können grundsätzlich zwei Schichten unterschieden werden:

a) das Nest

b) der Höhlenmulm, d. h. teilweise oder ganz zersetztes Nistmaterial unter dem Nest selbst.

Bei großen Höhlenspalten mit großen Höhleneingängen und fehlender Feuchtigkeit tritt Verwesung auf. KÜHNELT bezeichnet die Veränderung organischer Stoffe bei reichlich Luftzutritt und Mangel an Feuchtigkeit als Verwesung. Der Abbau des Nistmaterials wird je nach Substrat von verschiedenen Organismen durchgeführt. Höhlenmaterial, das vor allem aus Zweigen, Holzstücken und Bohrmehl (= Holzmehl der verschiedenen Insektenlarven) besteht, wird von Insekten angegriffen. In diesen extrem trockenen Baumhöhlen sind Ameisen anzutreffen, die grob mechanisch das Nistmaterial und das Holz verarbeiten. Der Abbau durch Bakterien ist sehr an Feuchtigkeit gebunden. Dadurch erfolgt die Verwesung sehr langsam und die gebleichten Holzreste bleiben viele Jahre unzersetzt (KÜHNELT 1950).

Der Zerfall organischen Nistmaterials wird in feuchten Höhlen bei geringer oder keiner Luftzufuhr als Fäulnis bezeichnet. Diese Höhlen können durch Verwachsung von Rinde und durch das Verkleben des Höhleneinganges von Kleibern, sowie bei exkrementhaltigen Höhlen zu Fäulnis-Höhlen werden. Dabei bilden sich Methan, Schwefelwasserstoff, Amine und Phenole. Im Nistmaterial selbst kommt es zu Fäulnisvorgängen, wenn der Höhlengrund wasserundurchlässig ist. In vielen Baumhöhlen mit mehr als 90 % R. L. F. im Nistmaterial treten am Höhlengrund Wasseransammlungen auf, die reich an Gerbsäuren und Phenolen sind.

Treten in stark exkrementhaltigen Höhlen Fäulnisvorgänge auf, so vernichten die Endprodukte (Methan, Schwefelwasserstoff und Ammoniak) den Nidicolonbestand.

Zersetzung: Pflanzliche und tierische Stoffe zerfallen bei Zutritt von Wasser und Luft. Der Hauptbestandteil des Nestmaterials ist Zellulose, die im Darmkanal der Nidicolon aufgespaltet wird.

Die physikalisch chemischen Eigenschaften und die Art des Nistmaterials (Laub, Nadeln, Gräser, Rinde, Moose und Samen) und der Anteil der tierischen Substanzen (Hornsubstanzen, Haare, Federn und Harnstoff) beeinflussen die Zersetzungsgeschwindigkeit. So hängt die Zersetzungsgeschwindigkeit vom Verhältnis Kohlenstoff und Stickstoffgehalt des Materials ab, wonach sich bestimmte Bodenorganismen einordnen lassen. Ebenso erleichtert ein hoher Gehalt der wasserlöslichen Substanzen die Zersetzung, während hoher Ligningehalt sie erschwert (KÜHNELT 1950).

### Zusammenfassung

1. Es wurde die Entstehungsweise von Baumhöhlen diskutiert und speziell die „terrestrial microsere“ behandelt.
2. Temperatur und Feuchtigkeitsmessungen zeigen eine große Konstanz und schalten Schwankungen, wie sie außerhalb der Höhle auftreten, weitgehend aus.
3. Die Baumhöhlenfauna bevorzugt schwach alkalische und neutrale pH-Bereiche; so auch *Ascoschöngastia latyshevi* (SCHLUGER), eine Trombiculide, die im Larvenstadium alle Höhlenbewohner (Vögel und Kleinsäuger) parasitiert.
4. Der relative O<sub>2</sub>-Gehalt in Baumhöhlen sinkt zum Höhlengrund hin ab.
5. Die Höhlenfauna zeigt starke Unterschiede zwischen exkrementhaltigen und exkrementfreien Höhlen.

6. Die Zusammensetzung des Nistmaterials und der Abbau desselben wird dargestellt.

### Literatur

- ALLEE W. C. 1930. Influence of soil reaction on earth worms. *Physiol. Zool.*, 3:164-200.
- BEHRENYI D. 1967. Mikroklima der bodennahen Atmosphäre. Stuttgart.
- BLUME D. 1961. Spechtbeobachtungen. *Vogelwelt*, Heft 2:33-50.
- BLUNCK H. & MERKENSCHLAGER F. 1925. Zur Ökologie der Drahtwurmherde. *Nachrl. dtsch. Pflanzenschutzd.*, 5:95-98.
- DURST J. 1955. Taschenbuch der Fehler und Schäden des Holzes. Leipzig.
- HENNING W. 1950. Entomologische Beobachtungen an kleinen Wirbeltierleichen. *Z. hyg. Zool.*, 38:33-88.
- KÜHNELT W. 1950. *Bodenbiologie*. Wien.
- MAC LAGAN S. 1933. The ecological significance of soil reaction (pHvalue) in relation to terrestrial animals. *Proc. R. Phys. Soc. Edinb.*, 22:107-122.
- NATUSCHKE 1960. *Heimische Fledermäuse*. Wittenberg — Lutherstadt.
- NORDBERG S. 1937. Biologisch-ökologische Untersuchungen über die Vogelnidicolen. *Societas pro fauna et flora fennica. Acta zool. fennica*, 21.
- SCHWERDTFEGER F. 1963. *Autökologie*. Hamburg — Berlin.
- SUBKLEW W. 1934. Physiologisch-experimentelle Untersuchungen an einigen Elateriden. *Z. Morph. ökol. Tiere*, 28:184-228.
- THIELE H. U. 1959. Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit bodenbewohnender Tierarten vom Kalkgehalt des Standorts. *Z. angew. Ent.*, 44:1-21.
- TISCHLER W. 1955. *Synökologie der Landtiere*. Stuttgart.
- TRACY N. 1938. Der große Buntspecht. *Beitr. z. Fortpflanzungsbiolog.*, 14.
- VITE J. 1952. Untersuchungen über die ökologische und forstliche Bedeutung der Spinnen im Walde. *Z. angew. Ent.*, 34:313-334.

Anschrift des Verfassers: Dr. Wolf SIXL,  
Universität Graz, Zoologisches Institut, Universitätsplatz 2, A 8010 G r a z.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1969

Band/Volume: [99](#)

Autor(en)/Author(s): Sixl Wolf

Artikel/Article: [Studien an Baumhöhlen in der Steiermark. 130-142](#)