

## Abschluß

Wie aus den Profilen ersichtlich ist, wurde weder der erste noch der zweite Raum der Höhle vollständig ausgegraben. Im ersten blieb ein großer Teil des Materials unberührt, und zwar im nördlichen Teil. Es besteht durchaus die Möglichkeit, dort noch wichtige Fundstücke zu ergraben.

Im südlichen Teil des zweiten Raumes verblieb weiters ein Profil, in dem sehr gut die beiden oberen Kulturschichten in Form von Aschenlagen zu erkennen sind.

Der dritte Raum, der sehr niedrig ist, blieb — von einer Probegrabung abgesehen — unberührt; einige Knochenfragmente und Tonscherben wurden geborgen, die der mittleren Kulturschichte angehören.

Manche Frage blieb offen, und es ist nicht anzunehmen, daß sie durch einen restlosen Abbau der Höhlenfüllung geklärt worden wäre. Hingegen wäre durch einen solchen Abbau künftigen Forschergenerationen die Möglichkeit genommen, ihre sicher besseren und noch verfeinerten Grabungsmethoden zu praktizieren.

## Literaturhinweise

Niederösterreichischer Höhlenkataster.

G. Bibby, The Testamony of the Spade.

F. Eppel, Fund und Deutung.

R. Pittioni, Urgeschichte des österreichischen Raumes. 1954.

M. Wheeler, Moderne Archäologie.

L. Zotz, Altsteinzeitkunde der Südostalpenländer.

## Résumé

La petite grotte „Promenadensteighöhle“ se trouve en Basse-Autriche, dans une région montagneuse environ 60 kilomètres au Sud de Vienne qui est assez riche en petites cavernes. Des fouilles réalisées entre 1961 et 1964 par l'auteur ont montrées que cette grotte a été visitée quelquesfois par les hommes préhistoriques. Il semble qu'il ne s'agit pas d'un habitat; il n'y a que très peu d'artefacts. La base des sédiments dans la première salle est formée par une couche qui représente vraisemblablement un magdalénien très tard.

## Beiträge zum Problem der Speläogenese im Gips unter besonderer Berücksichtigung der Unterwasserphase

Von *Stephan Kempe (Hamburg)*

Die von F. Reinboth (7) erneut begonnene Diskussion der Gips-höhlengenesse möchte ich im folgenden fortführen. Dabei liegt eine größere Arbeit zugrunde, die im Jahre 1969 im Rahmen des Wettbewerbes „Jugend forscht“ angefertigt wurde.

In der folgenden Übersicht wird eine Neuordnung der Gips-höhlentypen, welche die alte auf Biese (1931) zurückgehende Teilung in Kluft-, Laug- und Quellungshöhlen erweitert und verfeinert, versucht.

Der Laughöhlenzweig läßt sich in acht verschiedene, genetisch im Idealfall aufeinanderfolgende Stadien zergliedern.

Die Kluft, die sich im Extremfall zu einer begehbaren Klufthöhle

erweitert, bildet als die Voraussetzung dieser Entwicklung den ersten Typ. Der zweite Typ ist dann die Phase, in der die Auslaugung unter Wasser beginnt. Die Segeberger Höhle ist z. B. zum größten Teil eine Höhle dieses Stadiums, die durch eine Wasserstandsschwankung leergelaufen ist. Durch Einbrüche der Decke fällt im dritten Stadium Versturzmateriale in das Wasser, das aber langsam wieder aufgelöst wird. Dabei entstehen Sedimentschichten aus Material, das schwerer löslich ist als Gips, meist Kalk; sie erreichen schließlich im vierten Typ den Wasserspiegel von unten her; die Höhle liegt dann trocken. Erfolgen im folgenden fünften Typ erneute Verstürze, lösen sich diese nicht mehr. Dies ist nach den bisherigen Erfahrungen die stabilste Phase. Als sechster Typ würde sich der Erdfall anschließen, bei dem siebentens Überdeckungshöhlen neu entstehen können (die dann den ganzen Zyklus noch einmal durchlaufen können) oder achtens eine Resthöhle übrigbleibt als Zeuge eines einst größeren Hohlraumes.

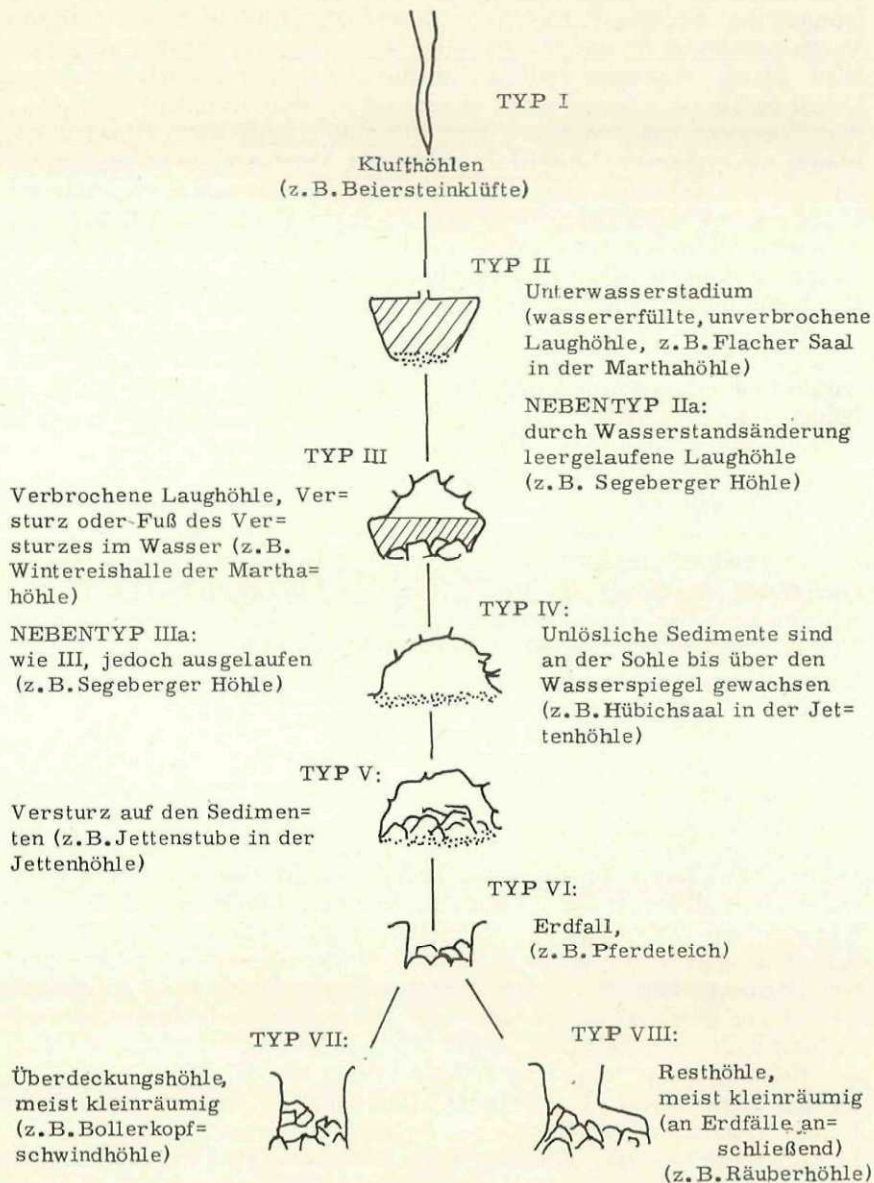
Selbstverständlich gibt es zwischen diesen Typen allerlei Übergänge; manchmal werden auch einige Glieder der Reihe in der Entwicklung übersprungen. Neben dieser Hauptentwicklungslinie der Gipshöhlen gibt es noch die Quellungshöhlen, die als völlig isolierte und ganz anders entstandene Hohlräume dastehen, sowie die Ufergrotten und die Höhlen, die durch ein mehr oder weniger frei fließendes Gravitationsgerinne entstanden sind.

Strittig ist nun eigentlich nur die Art der Erweiterung während der Unterwasserphase (Typ II). Zunächst hat Gripp (4) eine Modellvorstellung entwickelt, die besagt, daß der für Laughöhlen des zweiten Stadiums so charakteristische dreieckige Gangquerschnitt durch Kippung der Kluftwände von der Senkrechten bis (theoretisch) in die Horizontale entsteht. Diese Kippung beruht nach Gripp auf der mit der Tiefe des Ganges abnehmenden Lösungsgeschwindigkeit des Wassers. Hiernach ließen sich Doppelfacetten, das sind Seitenwände (Facetten), die von einer zweiten Laugdecke mit weiterer Facette unterschritten sind, nur auf Grund von Wasserstandsschwankungen erklären. Reinboth (7) weist aber auf kolkartige Doppelfacetten hin, deren unterschneidende Laugdecke mitten in einer anderen Facette ansetzt, ohne rechts und links des Kolkes eine Markierung des Wasserstandes auf dieser Höhe zu hinterlassen. Er schließt daraus, daß die Laugung nur auf Grund einer Verletzung einer die Facette sonst vor dem Ablaugen bewahrenden Schutzschicht hier angreifen konnte. Diese Schutzschicht sieht er in den Lösungsrückständen, deren Böschungswinkel von etwa  $45^{\circ}$  dann auch die Facettenneigung bestimmt (tatsächlich findet man nur Böschungswinkel um diesen Wert herum). Nach der Reinbothschen Modellvorstellung erfolgt die Laugung immer nur an den Deckenteilen. Um größere Hohlräume zu schaffen, müßte die Laugung sehr weit unterhalb des Wasserspiegels ansetzen, die flache Laugdecke müßte sich unabhängig vom Wasserspiegel entwickeln.



## SCHEMA DER ENTWICKLUNG EINER GIPSHÖHLE

(Hauptlinie der Entwicklung)



Wenn man allein den Querschnitt eines Laugganges betrachtet, könnte man beide Erklärungen gutheißen. Betrachten wir aber einen Gang in der Natur im Längsschnitt, und nehmen wir an, daß die kleinräumigen Teile auch die entwicklungsmäßig jüngeren sind, so finden wir, daß sich der Boden zur Decke hebt und die Facetten bis zum kaum handhohen Ende eine Neigung von etwa  $45^{\circ}$  besitzen



Abb. 1: Segeberger Höhle (Holstein): Nach hinten sich verengender Gang.

(Abb. 1), also nicht nach Gripp durch eine Kippung der Kluftwände entstanden sein können. Nach Reinboth müßte sich aber die Decke senken und nicht der Boden heben. Projizieren wir die aufeinanderfolgenden Querschnitte eines sich in der beschriebenen Weise verengenden Raumes in eine Ebene, so erhalten wir Abb. 2, die klar macht, daß der Gang durch *parallele Rückversetzung der Facetten* vergrößert wurde.

Wenn man sich die einzelnen Faktoren des Lösungsvorganges an einem dreieckigen Gangquerschnitt klarmacht, kommt man tatsächlich zu der Erkenntnis, daß es lösungstechnisch möglich ist, diese parallele Rückversetzung anzunehmen.

#### *Schema der Entwicklung einer Giphöhle:*

In dem vorliegenden Schema ist nur die „Hauptlinie der Entwicklung“ dargestellt. Daneben gibt es im Gips auch Quellungshöhlen (z. B. die Zwerglöcher auf dem Sachsenstein, Harz), sogenannte „Ufergrotten“ (z. B. Jettenufergrotten) und Giphöhlen, die auf ein Gravitationsgerinne zurückgehen. Unter den letzteren gibt es a) unverbrochene (z. B. Trogsteynzufußhöhle) und b) verbrochene (z. B. das System der Himmelreichhöhle).



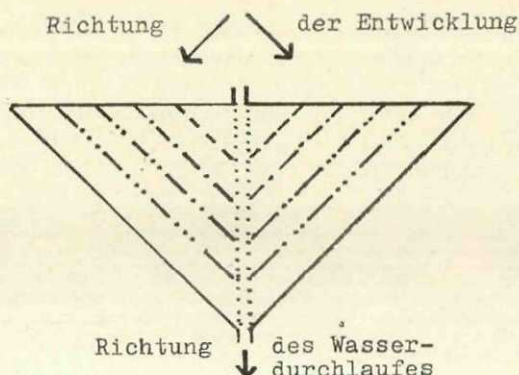


Abb. 2: Mehrere Entwicklungsstadien eines sich durch parallele Rückversetzung der Facetten erweiternden Ganges.

Bei der Annahme, daß das Frischwasser von oben durch die Kluft bis auf den Wasserspiegel gelangt und nach unten gesättigt abgeführt wird, Verhältnisse, wie sie sich am Beispiel der Segeberger Höhle unschwer beweisen lassen, erhalten wir folgende Zustandsgleichung:

$$\frac{(mD_o)^2}{(mD_u)^2} = \frac{M_u(c_s - c_o)}{M_o(c_s - c_u)}$$

oder in Worten:

Es verhält sich das Quadrat der mittleren Diffusionsstrecke (d. i. von der Kluftmitte zur Facette) eines Volumenteiles Wasser des oberen Gangteiles zum Quadrat der mittleren Diffusionsstrecke eines an Volumen gleichen Teiles Wasser am Boden des Ganges wie die Menge des im unteren Teil zu lösenden Gipses multipliziert mit der Differenz von Sättigungskonzentration und der herrschenden Konzentration im oberen Volumen zu der Menge des im oberen Volumen zu lösenden Gipses mal der Differenz der Sättigungs- und der jeweiligen Konzentration im unteren Volumen.

Der mathematische Beweis für die Richtigkeit der Formel und deren genaue Ableitung aus den Gesetzen der Lösungsgeschwindigkeit und der Diffusion würde hier zu weit führen. Wichtig jedoch ist, daß sich die Faktoren, die die Lösung, sei es unten, sei es oben im wassergefüllten Raum, begünstigen, derart aufheben, daß wir oben und unten im Idealfall eine gleiche Lösungsgeschwindigkeit haben.

Die schon von Gripp vermutete, mit der Tiefe der Höhlengewässer zunehmende Gipskonzentration wird nach obiger Gleichung durch die abnehmende Diffusionsstrecke kompensiert. Reinboth hat als erster

diese Konzentrationszunahme direkt nachgewiesen, einige eigene Werte möchte ich aber trotzdem mitteilen:

Jettenhöhle, 2. Pfeilersee: Oberfläche 45 d. H.<sup>0</sup>  
1,20 m Tiefe 69 d. H.<sup>0</sup>  
1,75 m Tiefe 77 d. H.<sup>0</sup>

Jettenhöhle, Rhumegrotte: Oberfläche 80 d. H.<sup>0</sup>  
1,30 m Tiefe 91 d. H.<sup>0</sup>

Alle Proben wurden zu Pfingsten 1968 entnommen.

Auch elektrische Leitfähigkeitsmessungen in verschiedenen Wassertiefen haben deutlich gezeigt, daß die Gesamtionenkonzentration mit der Tiefe zunimmt.

Im Gegensatz zu Reinboth konnte ich auch Kalk im Wasser nachweisen:

Gesamthärte (nach Wartha-Pfeifer)		Karbonathärte (mit HCl titriert)
Jettenhöhle (Kat. Nr. 43 27/12)	41,4 d. H. <sup>0</sup> (Okt. 68)	8,4 d. H. <sup>0</sup>
2. Pfeilersee	44,8 d. H. <sup>0</sup> (Dez. 68)	8,4 d. H. <sup>0</sup>
Rhumegrotte	65 d. H. <sup>0</sup> (Okt. 68)	7,25 d. H. <sup>0</sup>
Hübichsaaal	53,2 d. H. <sup>0</sup> (Dez. 68)	9,75 d. H. <sup>0</sup>
Bachaustritt (Kat. Nr. 43 27/25)	72 d. H. <sup>0</sup> (Okt. 68)	8,95 d. H. <sup>0</sup>
Marthahöhle (Kat. Nr. 43 27/6)	73 d. H. <sup>0</sup> (Dez. 68)	11,7 d. H. <sup>0</sup>

Die Löslichkeit von Gips wird zwar durch Anwesenheit von Kalk herabgesetzt; die dennoch sehr hohen Gipshärten sind wahrscheinlich durch die Anwesenheit von die Löslichkeit steigernden Lösungsgenossen, wie z. B. Chloride (im Mittel um 20 mg/l nachgewiesen) zu erklären.

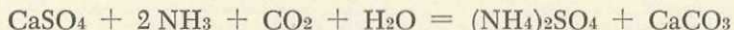
Aus der obigen Formel läßt sich jedoch für den dreieckigen Gangquerschnitt die Facettenneigung nicht ableiten, da die Gleichung für alle Neigungen gilt. Es muß also noch einen Vorgang geben, durch den die Facettenneigung geregelt wird.

Ein Teil dieses Mechanismus dürfte die Sedimentation von Lösungsrückständen sein. Diese bei der Gipslösung zurückbleibenden Stoffe würden aber, da ihre Mächtigkeit proportional zur darüber ausgelaugten Ganghöhe ist, die Facette unten stärker bedecken als oben, somit die Laugung unten stärker behindern und eine Verflachung der Facette bewirken.

Die gegenteilige Beeinflussung, die Versteilung der Facette, wäre dann durch verstärkte Sedimentbildung am oberen Facettenteil erklärlich. Diese sich oben anlagernden Sedimente scheinen mir vor allen Dingen chemischer Natur zu sein, d. h. Kalke, die sich an der



Facette aus dem Wasser auskristallisieren. Sie können sich einmal bei Verschiebungen des CO<sub>2</sub>-Partialdruckes aus dem leichter löslichen Birkarbonat bilden, zum anderen aber, und dies ist noch nie als bedeutungsvoll für den Chemismus der Gipshöhlen angesprochen worden, sich direkt aus dem Gips durch eine chemische Reaktion bilden! Ammoniak, Gips, Kohlendioxyd und Wasser setzen sich nämlich nach folgender Formel miteinander um:



Es gelang nun im Wasser der Rhumegrotte (Jettenhöhle) 28,9 mg NH<sub>3</sub>/l nachzuweisen, eine Menge, die ausreichen würde, 7 Prozent des gelösten Gipses (65 d. H.<sup>0</sup>) in Kalk umzuwandeln. Diese Reaktion dürfte sich vornehmlich direkt an den Facetten abspielen (hier sind Keime gegeben) und darüber hinaus bevorzugt am oberen Ende, da die Reaktion mit fortschreitender Dauer der Berührung der Reaktionspartner, d. h. mit der Wassertiefe, ausklingen wird.

Sobald sich mehr chemische Sedimente ablagern, werden die Facetten steiler und begünstigen eine größere Lösungsgeschwindigkeit an deren Unterende. Hier werden mehr Lösungsrückstände erzeugt, und eine Verflachung der Facette tritt ein. Sollten einmal Sedimente die Facetten so dick abdecken, daß keine Lösung von Gips mehr erfolgen kann, so erhöht sich der Karbonatanteil im Wasser, d. h. die Sedimente selbst werden aufgelöst. Eine Auffüllung der Höhlenteiche durch Sedimente kann erst dann erfolgen, wenn außer den Facetten noch große Flächen an niedergegangenem Versturz zum Ablaugen bereitstehen.

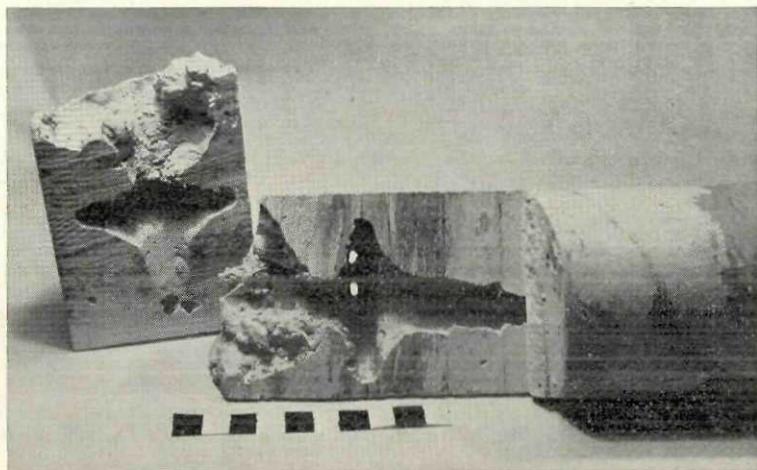


Abb. 3: Laugexperiment. Laufdauer: 3 Wochen.

Neuere Wasseranalysen, für die ich Herrn Dr. Löhnert (Hamburg) zu danken habe, wiesen Ammoniak nicht nach. Es kann somit über die Bedeutung der Ammoniak-Gips-Reaktion noch nichts Endgültiges ausgesagt werden. Laugexperimente an mit Mittelbohrungen versehenen gegossenen Gipsblöcken, die im Wasser standen und durch die Bohrung von oben Frischwasser aus einer Tropfvorrichtung erhielten, ergaben schon nach wenigen Wochen deutlich ausgeprägte Hohlräume im Zentimeterbereich, deren größte Breite an der Wasseroberfläche lag (Abb. 3). Mit der Tiefe nahm die Breite des Hohlraumes dann schnell bis auf die ursprüngliche Bohrweite ab (auf Grund der steigenden Gipskonzentration), obwohl das Wasser ganz durch die Bohrung nach unten abfließen mußte. Dies ist ein deutlicher Beweis dafür, daß sich Giphöhlen tatsächlich in erster Linie an der Wasseroberfläche entwickeln.

Bei Doppelfacetten muß man m. E. zwischen solchen, die klar durch eine Wasserstandsschwankung auf ein niedrigeres Niveau entstanden sind und sich dann über die ganze Wandlänge verfolgen lassen (z. B. Biese 1931, Tafel 3.1), und solchen unterscheiden, die durch eine Erhöhung des Wasserstandes später unter den Wasserspiegel gerieten. An diesen Facetten überprägt dann die Laugung nach dem Reinbothschen Modell die Primärformen bis zur völligen Unkenntlichkeit. Es entstehen dabei z. B. die ungleichmäßigen Facettenansätze.

Grundsätzlich geht natürlich immer dann die Laugung (mit Reinboth) an der Decke vor sich, wenn diese durch eine Wasserstandsschwankung unter den ursprünglichen Spiegel gerät. Wie sich dann allerdings die Laugdecke weiter verhält, ob sie ebenfalls nach oben versetzt wird, oder ob sie nach einiger Zeit zerstört wird, ist noch nicht bekannt.

Für Anregungen und kritische Stellungnahmen habe ich besonders Herrn F. Reinboth (Walkenried) und den Mitgliedern der Speläo-Gruppe des DAV-Hamburg C. Falland, P. Gürtler und W. Twardosz sowie A. Wunsch (Hamburg) zu danken, ebenso wie für ihre Unterstützung auf den Fahrten.

#### *Zusammenfassung:*

Der Verfasser stellt eine neue Gliederung der Giphöhlenentwicklung vor. Während der Unterwasserphase glaubt er an eine Höhlenerweiterung durch parallele Rückversetzung der Facetten, deren Winkel sich durch einen Regelvorgang ergibt, an dem einerseits Lösungsrückstände, andererseits chemische Sedimente (aus der Reaktion von Ammoniak und Gips) beteiligt sind.

#### *Literatur:*

- 1) Biese, W.: Über Höhlenbildung. I. Teil. Abh. d. Preuß. Geol. L. Anst., N. F., Heft 137, Berlin 1931.
- 2) Goodman, Lou R.: Planes of Repose in Höllern/Germany. Cave Notes, Vol. 6, Nr. 3, 1964.



- 3) Gerstenhauer, A. u. Pfeffer, K.-H.: Beiträge zur Frage der Lösungsfreudigkeit von Kalkgesteinen. Abh. der Karst- u. Höhlenkunde, Reihe A, H. 2, Blaubeuren 1966.
- 4) Gripp, K.: Über den Gipsberg in Segeberg und die in ihm vorhandene Höhle, Jb. Hamburg wissenschaft. Anstalt. 30, 1912.
- 5) Kempe, St.: Die Unterwasserphase der Speläogenese im Gips. Hamburg 1969 (unveröffentlicht).
- 6) Regge, J., Hahn, H., Lienau, K.: Der Segeberger Kalkberg und seine Höhle, Bad Segeberg 1962.
- 7) Reinboth, F.: Beiträge zur Theorie der Giphöhlenbildung. Die Höhle, 19. Jg., Nr. 3, Wien 1968, S. 75—83.

#### Summary:

The author introduces a new scheme of the development of Gypsum caves. He suggests that the enlargement during the underwater-stage is due to parallel receding of the facets. The slope of which is regulated by two different kinds of sediments, insolubilities and chemical sediments which are partly delivered by the reaction of ammonia and gypsum.

## Über Fledermausbeobachtungen in österreichischen Höhlen im Jahre 1969

Von Anton Mayer und Josef Wirth (Wien)

Im Jahre 1969 wurden von 37 Mitgliedern des Landesvereines für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich sowie von anderen Mitarbeitern in 159 Objekten, zumeist in Höhlen, in verschiedenen Fällen auch Gebäuden, Stollen und Wochenstuben, zahlreiche Beobachtungen durchgeführt.<sup>1</sup> Dabei konnten 2675 Fledermäuse aus 15 Arten festgestellt bzw. kontrolliert werden. Insgesamt wurden beobachtet:

884 Ex. Kleine Hufeisennase (A) *Rhinolophus hipposideros*  
BECHSTEIN

31 Ex. Große Hufeisennase (B) *Rhinolophus ferrum-equinum*  
SCHREBER

<sup>1</sup> Folgende Mitglieder haben Beobachtungen bekanntgegeben: M. Authried, Dr. K. Bauer, Ch. Biringer, R. Cimburek, H. Furlinger, H. Hille, H. u. W. Hartmann, W. Hollender, L. Hauser, G. Komenda, R. Leuthner, Ing. A. Lang, A. Mayer, J. Maurer, F. u. Dr. K. Mais, A. Obermayer, H. Reich, O. Schmitz, H. Süßenbeck, R. Stummer, Dr. M. Schmid, E. Stoiber, Prof. K. Siebert, R. Seemann, Dr. F. Spitzenberger-Weiss, E. Solar, M. Tuscher, E. Troger, N. Titsch, Dr. H. Trimmel, Dr. H. Urbantke, S. u. J. Wirth, Dipl.-Ing. W. Walter und H. Wladar; ferner K. Baumgartner (Sektion Sierning), R. Eremiasch (Telegraphenamt 1030 Wien), Dr. A. Mikulicz (Wiener Tierschutzverein), W. Wallner (Niederösterreichisches Landesmuseum) sowie O. Reitermaier und K. u. M. Nuck (Mitglieder der Forschergruppe Zeltweg). Allen Beobachtern sei auch an dieser Stelle der herzlichste Dank für ihre Mitarbeit ausgesprochen.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: [021](#)

Autor(en)/Author(s): Kempe Stephan

Artikel/Article: [Beiträge zum Problem der Speläogenese im Gips unter besonderer Berücksichtigung der Unterwasserphase 126-134](#)