Beiheft
zum Bericht der Naturhistorischen
Gesellschaft Hannover

# Höhlen im Süntel und Wesergebirge

von

RAINER FABISCH (Hrsg.)

mit Beiträgen von

STEFAN VON BOGUSLAWSKI, BODO SCHILLAT,
RAINER MARCEK, PETER WILLE und der
SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG

mit
30 Abbildungen und 2 Tabellen

| | | | |
|---|---|---|---|
| Beih. Ber. naturhist. Ges. Hannover | 12 | 1–78 | Hannover 1996 |

ISSN 0374-6054

NATURHISTORISCHE GESELLSCHAFT
HANNOVER

Gegründet 1797
Gesellschaft zur Pflege der
Naturwissenschaften

30655 Hannover, Stilleweg 2
Postfach 510153

Vorstand und Beirat

**Vorstand:** gewählt März 1996 bis März 1999
(für 3 Jahre)

| | |
|---|---|
| 1. Vorsitzender: | Dr. Jens Dieter BECKER-PLATEN |
| 2. Vorsitzender: | Dr. Hartmut SCHÜTTE |
| Schatzmeister: | Dr. Wolfgang IRRLITZ |
| Schriftführer: | Dr. Curt H. v. DANIELS (Geowissenschaften) |
| | Prof. Dr. Joachim KNOLL (Biologie) |

**Beirat:** gewählt März 1993 bis März 1998
(für 5 Jahre)

Dr. Gerhard BOENIGK
Priv. Doz. Dr. Bernd HAUBITZ
Dipl.-Ing. Dietrich LÜDERWALDT
Dr. Christian NEUMANN-REDLIN
Prof. Dr. Hannfrit PUTZER
Prof. Dr. Heinrich REXHÄUSER
Dr. Dr. Günther WEGNER
Klaus WÖLDECKE

Beiheft zum Bericht der
Naturhistorischen Gesellschaft Hannover
Nr. 12

Beiheft

zum

Bericht der Naturhistorischen

Gesellschaft Hannover

# Höhlen im Süntel und Wesergebirge

von

**RAINER FABISCH (Hrsg.)**

mit Beiträgen von

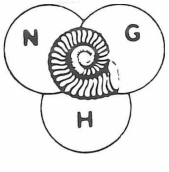
STEFAN VON BOGUSLAWSKI, BODO SCHILLAT, RAINER MARCEK, PETER WILLE und der SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG

mit

30 Abbildungen und 2 Tabellen

Im Auftrag des Vorstandes herausgegeben

von C. H. v. Daniels




| Beih. Ber. naturhist. Ges. Hannover | 12 | 1–78 | Hannover 1996 |
|---|---|---|---|

ISSN 0374-6054

Die Herausgabe dieses Beiheftes ermöglichten durch finanzielle Zuwendungen:

CALENBERG-GRUBENHAGENSCHE LANDSCHAFT, Hannover

KLOSTERKAMMER, Hannover

SSS SCHAUMBURGER STEINBRÜCHE GmbH & Co. KG, Rinteln-Steinbergen

Der Vorstand der Naturhistorischen Gesellschaft dankt für die gewährte Unterstützung.

Gesamtherstellung: Dieterichsche Universitätsdruckerei Kaestner GmbH & Co. KG, 37124 Rosdorf/Göttingen

# VORWORT

Zur Jahreswende 1996/97 legt die Naturhistorische Gesellschaft Hannover ihr 12. Beiheft vor. RAINER FABISCH und seine Mitautoren beschreiben darin die „Höhlen im Süntel und Wesergebirge". Es ist das erste Mal, daß eine solche Zusammenstellung aus der Sicht verschiedener Fachdisziplinen für einen größeren Teil unserer Mittelgebirge erscheint. – Weitere werden folgen. – Höhlenforschung und Höhlenschutz waren der Antrieb für jahrelange Arbeiten vieler begeisterter Menschen. Sie geben uns hiermit Gelegenheit, an ihren Erkenntnissen teilzuhaben, ihre Untersuchungen, ihre Forschungen nachzuvollziehen. Belebte und unbelebte Natur breiten sich vor uns aus. Aspekte, für die unser Interesse und Verständnis z. T. erst geweckt werden muß. Höhlenforschung ist nicht jedermanns Sache, aber hoch interessant, wenn man einmal eingeführt wurde.

Möge dieses Heft helfen, Verständnis zu wecken für die Eigenarten, für die Einmaligkeit, für den Forscherdrang, aber auch für den unbedingt notwendigen Schutz unserer Höhlen und ihres „Innenlebens".

J. D. BECKER-PLATEN

## ABBILDUNGEN


Abb. 1: Lage des Höhlenverbreitungsgebietes
Abb. 2: Das „Urgestein" der Höhlengruppe Nord
Abb. 3: Langenfelder Steinbruch (1957 stillgelegt)
Abb. 4: Alte Höhle als „Tropfsteinhöhle bei Langenfeld" auf einer Postkarte vom 29. 1. 1911
Abb. 5: Höhlenverbreitung und geologische Übersicht
Abb. 6: Höhlentypen im Wesergebirge (Fledermaushöhle) und Süntel (Riesenberghöhle)
Abb. 7: Stalagmiten- und Stalaktitenwachstum (n. GEYH 1983)
Abb. 8: Sedimentverfüllter Höhlengang im zentralen Riesenberg
Abb. 9: Gangrichtungen der Höhlen im Wesergebirge
Abb. 10: Geologische Schnitte durch das Höhlenverbreitungsgebiet
Abb. 11: Höhlen am Amelungsberg
Abb. 12: Karsterscheinungen im Raum um Langenfeld
Abb. 13: Gangrichtungen der Schichtfugenhöhlen am Riesenberg
Abb. 14: Stratigraphisches Profil des Riesenbergsteinbruchs (n. ZIHRUL 1985, ergänzt)
Abb. 15: Fossilschicht-gebundene Schichtfugenhöhlen am Riesenberg
Abb. 16: Riesenberg-Höhlensystem
Abb. 17: Gralsburg (Riesenberghöhle)
Abb. 18: Geistergang (Riesenberghöhle)
Abb. 19: Ramsnacken-Dolinen
Abb. 20: „Hauptdoline" F
Abb. 21: Bergzerreißen am westlichen Riesenberg – am Beispiel der Oberen Höhle
Abb. 22: Stalagmiten-Sägeflächen zur Berechnung der Kalkabscheideflächen
Abb. 23: Abscheidungsgeschwindigkeit einer übersättigten Kalklösung für verschiedene Drucke
Abb. 24: Meßsituation
Abb. 25: Massenzunahme von Stalagmitenkappe und -stumpf von 1978–1989
Abb. 26: Tropfwasserintensität und -frequenz 1986–1989
Abb. 27: Theodolitvermessung mit kleinem Stativ an einer Engstelle
Abb. 28: Großes Mausohr (Myotis myotis)
Abb. 29: Hieracium sylvaticum (Wald-Habichtskraut)
Abb. 30: Biotopentwicklung im Steinbruch (Werk Segelhorst, Süntel)


## TABELLEN


Tab. 1: Höhlenübersicht (Einteilung nach Ganglänge)
Tab. 2: Legende Stratigraphie & Gesteinsausbildung für die Abb. 10–12


## FOTONACHWEIS

Abb. 2-4: Franke
Abb. 8, 17, 18, 20: Fabisch
Abb. 27: Schiller
Abb. 28: Hildebrandt
Abb. 29: Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG
Abb. 30: Fabisch

# INHALT


| | | Seite |
|---|---|---|
| | Vorwort (J. D. BECKER-PLATEN) | 3 |
| | Zusammenfassung / Abstract | 6 |
| 1 | Einführung (R. FABISCH) | 7 |
| 2 | Höhlengruppe Nord e. V. und „ihre" Höhlen (B. SCHILLAT) | 10 |
| 3 | Höhlengeschichtliches (R. FABISCH) | 12 |
| 4 | Höhlen des Süntels und Wesergebirges aus geowissenschaftlicher Sicht (R. FABISCH) | 15 |
| | 4.1 Einführung | 15 |
| | 4.2 Geologisch-geomorphologische Übersicht | 15 |
| | 4.3 Höhlenkundliches | 19 |
| | 4.4 Höhlen des Wesergebirges | 25 |
| | 4.5 Höhlen des Süntels | 31 |
| 5 | Sinterwachstum am Beispiel eines aktiven Stalagmiten aus der Riesenberghöhle (P. WILLE) | 44 |
| | 5.1 Meßablauf und Ergebnisse | 44 |
| | 5.2 Vergleich der Meßresultate mit den errechneten Werten | 45 |
| | 5.3 Diskussion der Ergebnisse und der experimentellen Vorgehensweise | 49 |
| | 5.4 Zusammenfassung | 50 |
| 6 | Deutsches Archiv für Sinterchronologie in Rinteln (S. v. BOGUSLAWSKI & B. SCHILLAT) | 51 |
| | 6.1 Was ist das DASC? | 51 |
| | 6.2 Mögliche Untersuchungen an Sintermaterial | 52 |
| | 6.3 Aktuelle Entwicklungen im DASC | 53 |
| 7 | Höhlenkataster und Höhlenvermessung (S. v. BOGUSLAWSKI) | 54 |
| | 7.1 Aufgaben eines Höhlenkatasters | 54 |
| | 7.2 Traditionelle Methoden der Höhlenvermessung | 54 |
| | 7.3 Die Theodolitvermessung und ihre Einsatzmöglichkeiten in der Höhlenforschung | 55 |
| 8 | Aktiver Fledermausschutz (R. MARCEK) | 63 |
| | 8.1 Lebensweise und Lebensraum der Fledermäuse | 63 |
| | 8.2 Rückgang der Fledermausbestände und durchgeführte Schutzmaßnahmen | 64 |
| | 8.3 Fledermäuse in den Höhlen von Süntel und Wesergebirge | 64 |
| | 8.4 Angewandter Fledermausschutz | 67 |
| 9 | Steinbruchbetrieb und Naturschutz (Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG) | 69 |
| | 9.1 Lagerstätten und Bedarf des Menschen | 69 |
| | 9.2 Eingriff in Natur- und Kulturlandschaft | 69 |
| | 9.3 Steinbrüche als Lebensräume | 70 |
| | 9.4 Rekultivierung | 71 |
| | 9.5 Renaturierung | 71 |
| | 9.6 Schluß | 74 |
| 10 | Schlußwort (R. FABISCH) | 75 |
| | Höhlenfachbegriffe | 75 |

## ZUSAMMENFASSUNG

Erstmalig wird ausführlich und thematisch vielfältig über Höhlenforschung und Höhlenschutz im Süntel und Wesergebirge berichtet. Es wird hiermit Aufklärungsarbeit geleistet und Verständnis geweckt für die Erhaltung des Tropfsteinbestandes der Höhlen sowie den Schutz des Lebensraumes Höhle für die vom Aussterben bedrohten Fledermäuse. Die Erforschung und der Schutz der Höhlen im Naturschutzgebiet Hohenstein (Süntel) obliegt der Höhlengruppe Nord e. V., deren Aktivitäten sich regional auf den Süntel und das Wesergebirge erstrecken. Die Gruppe wurde bereits 1949 durch junge Höhlenforscher aus dem Rintelner Raum gegründet.

Die Höhlen lassen sich im wesentlichen vier Hauptverbreitungsgebieten zuordnen. Dies sind der Messingsberg, der Oberberg und der Raum um die Paschenburg im Wesergebirge, der Amelungsberg im Übergangsbereich von Wesergebirge und Süntel sowie der Riesenberg im Süntel. Die Höhlen liegen im Korallenoolith des Oberen Malms (Jura). Schichtfugenhöhlen mit reichhaltiger Versinterung, wie sie am Riesenberg vorkommen, sind an die leicht auszuräumende Fossilschicht gebunden. Ihre Hauptgänge verlaufen meist herzynisch, die Nebengänge eher rheinisch. Damit zeichnen sie in ihrem Verlauf die dominierenden tektonischen Richtungen im Süntelgebiet nach. Die im Wesergebirge und am Amelungsberg vorkommenden Klufthöhlen sind hinsichtlich ihrer Entstehung mit den Bergrutsch- und Bergsturzerscheinungen direkt verbunden. Kombinierte Schicht- und Kluftfugenhöhlen im randlichen Riesenbergbereich sind auf Bergzerreißen zurückzuführen.

Die Erforschung und Archivierung von Höhlensintern wird im Deutschen Archiv für Sinterchronologie (DASC) in Rinteln-Steinbergen auf dem Gelände der SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co KG durchgeführt. In den Sinterbestand aufgenommen werden hierbei ausschließlich gefällte oder zum Abbau bereitstehende Höhlensinter. An einem Stalagmiten aus der Riesenberghöhle im Süntel wird der Versuch beschrieben, dessen Wachstum quantitativ zu erfassen.

Die Basis jeder ernsthaften Höhlenforschung und Höhlenschutzaktivität stellt eine exakte und umfassende Erfassung und Vermessung der Höhlenräume dar. Die Vermessung von schutzwürdigen Karstobjekten wird heute mit dem Theodoliten durchgeführt.

Was den Höhlenschutz anbelangt, so steht neben der Erhaltung des ursprünglichen Zustandes des Höhleninnern mit seinem Sinterinventar der Schutz der z. T. vom Aussterben bedrohten Fledermäuse im Vordergrund. Die bedeutendsten Höhlen am Riesenberg konnten erst durch die Steinbrucharbeiten am Riesenberg entdeckt werden. In einem abschließenden Beitrag von seiten der Steinbruchbetreiber werden die ökonomischen und ökologischen Funktionen von Steinbrüchen aufgezeigt. Durch das beispiellose Zusammenwirken von Bezirksregierung Hannover, der SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH und Co. KG, Rinteln sowie der Höhlengruppe Nord e. V. konnten die Höhlen unter Naturschutz gestellt, durch Verschluß vor Vandalismus geschützt und zu Fledermausquartieren hergerichtet werden.

Die zukünftigen Schwerpunkte in der Höhlenforschung liegen in der Rekonstruktion der Entstehung und Entwicklung von Höhlen am Riesenberg sowie in der weiteren Untersuchung der Bergrutsch- und Bergsturzphänomene am Amelungsberg.

## SUMMARY: Caves in the Süntel and Weser Mountains

This is the first detailed account of cave investigation and protection in the Süntel and Weser Mountains. It is an attempt to explain the situation so that one can understand why it is necessary to preserve the stalactites and stalagmites in the caves and to protect the cave biotope for the bats threatened by extinction. Investigation and protection of the caves in the Hohenstein nature reserve in the Süntel is the responsibility of the Höhlengruppe Nord e. V. Their activities extend over the Süntel and Weser Mountains. The association was founded in 1949 by young cave explorers from the Rinteln area .

The caves occur in four main areas, which are the Messingsberg/Oberberg, the Paschenburg area in the Weser Mountains, Amelungsberg (transition between Weser Mountains/Süntel) and Riesenberg (Süntel). The caves are in the Korallenoolith of the lower Malm (Jurassic). Bedding caves with rich scale sinter deposits, such as those in the Riesenberg, are associated with the easily erodible „Fossilschicht". The main passages run in the Hercynian direction, whilst auxiliary passages run predominantly in the Rhenian direction. Consequently, the course of the passages coincide with the dominant tectonic directions in the Süntel area. The origin of fissure caves in the Weser Mountains and Amelungsberg is directly associated with rock falls and rock slides. Combined fissure and bedding caves at the perimeter of the Riesenberg originate from mountain splitting.

Cave sinter deposits are investigated and are on file in the German Archives for Sinter Chronology (DASC) in Rinteln-Steinbergen on the premises of the SSS Schaumberger Steinbrüche GmbH & Co. KG. Only those sinter deposits are collected that have collapsed or are about to be exploited. A test to determine the quantitative growth of a stalagmite in the Riesenberg cave in the Süntel is described.

Any serious exploration and protection of caves must be based on a precise and comprehensive survey of the voids. So nowadays karst features worthy of protection are surveyed using a theodolite.

Protection of caves is important not only to maintain the original condition within the cavity, including its sinter deposits, but also to protect the various species of bats, some of which are threatened by extinction. The most significant caves in the Riesenberg area were discovered by quarrying. Consequently, the quarry manager has contributed to this written account by elucidating the economical and ecological functions of quarries. These caves have been prepared as a bat reserve, which is now protected by legislation. They have also been securely sealed to protect them from vandalism. All these measures are a result of the exemplary cooperation between the regional authorities in Hannover, the SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG, Rinteln and the Höhlengruppe Nord e. V.

The association's future work will mainly be directed at reconstructing the development over time of the Riesenberg caves as well as the continued geomorphological-geological investigation of the rock slide and rock fall phenomena in Amelungsberg.

## 1. EINFÜHRUNG (von RAINER FABISCH)

Über Höhlen im Wesergebirge und Süntel ist bis heute in der Öffentlichkeit recht wenig bekannt geworden. Auch gibt es keine umfassende Publikation über die Höhlen dieser Region. Nur SCHILLAT (1959) gibt eine erste allgemeine Übersicht über Höhlen des Wesergebirges.

Was Höhlen in Deutschland anbelangt, so denkt man zunächst an die Höhlen der Schwäbischen Alb. Auch von Höhlen in der Fränkischen Alb oder im Sauerland, im Harz sowie im ostdeutschen Rübeland und Kyffhäuser hat der eine oder andere schon etwas gehört. Doch auch im nördlichen Teil des Weserberglandes, im Süntel und Wesergebirge, gibt es Höhlen. Hierbei handelt es sich um das am weitesten nördlich gelegene zusammenhängende Höhlenverbreitungsgebiet Deutschlands (Abb. 1). Gerade die Süntelhöhlen bieten organisierten Höhlenforschern ein weites Betätigungsfeld, verfügen einige von ihnen über eine einzigartige, erschöpfende Vielfalt des Sinterformenschatzes. Aber nicht nur die attraktiven Tropfsteinhöhlen, sondern auch die Klufthöhlen des Wesergebirges lassen das Forscherherz höherschlagen, wenn in ihnen beispielsweise Menschenschädel und Keramikfragmente aus der Steinzeit entdeckt werden. Während die Erforschung der Klufthöhlen als Kult- oder Wohnstätte im weiter östlich gelegenen Ith (GESCHWINDE 1988) schon über 100 Jahre andauert, hat sie im Wesergebirge gerade erst begonnen.

Dieser Bericht hat zum Ziel, eine umfassende Übersicht der Höhlen des nördlichsten deutschen Jurakarstgebietes zu geben. Weiter soll er Verständnis wecken für Höhlen-und Fleder-

mausschutz und er soll bekanntmachen mit Inhalten der Höhlenforschung (weiterführende allgemeine Literatur hierzu siehe TRIMMEL 1968, BAUER 1971, FRANKE 1982, KEMPE 1982).

Einige höhlenforschende Wissenschaftler haben sich Gedanken gemacht, wie die Höhlenkunde (Speläologie) in den Verbund der Naturwissenschaften einzuordnen ist. Nach BÖGLI (1954) strebt die Speläologie auf der Grundlage der Geomorphologie eine Synthese aller mit der Höhle direkt verbundenen Erscheinungen an. Ziel ist die Beschreibung einer Landschaft im

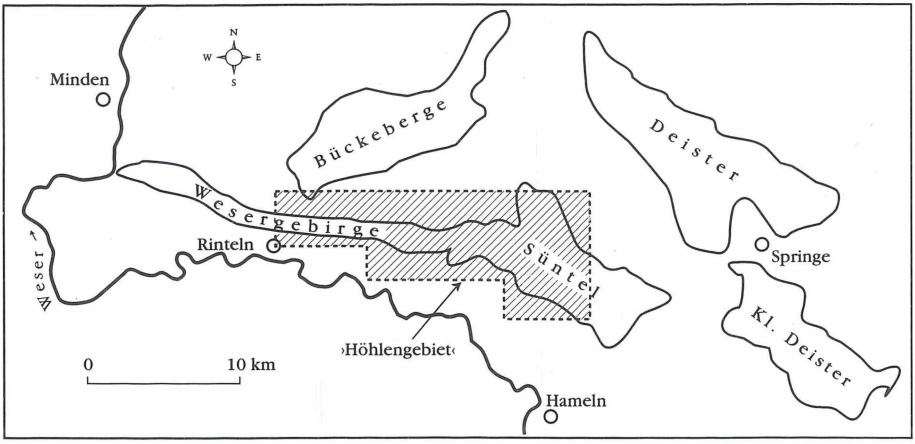



Abb. 1: Lage des Höhlenverbreitungsgebietes

geographischen Sinne, der Höhlenlandschaft. Die Speläologie versucht, die Höhle als Ganzheit, als ein Zusammenwirken physikalischer, chemischer und biologischer Kräfte zu erfassen. Soweit ist die Speläologie eine selbständige Wissenschaft, die der Geographie sehr nahe steht. FRANKE (1979) sieht die Speläologie, die wissenschaftliche Höhlenforschung, an der Kreuzungsstelle von naturwissenschaftlichen und geschichtlichen Fragestellungen und Inhalten:

- Natürliche Hohlräume in ihrer Bildung, Entwicklung und ihrem Verfall (Geologie)
- Karsthöhlen als natürliche Abflußwege des Wassers (Hydrologie)
- Untersuchung des Höhleninhalts (Petrographie/Mineralogie)
- Jetzige Höhlenlebewesen und ausgestorbene Tiere (Biologie)
- Lebensspuren des prähistorischen Menschen (Vorgeschichte)

Die „Höhlenwelt" ist eine andere Welt. Die großen Unterschiede gegenüber „draußen" sind absolute Dunkelheit, eine Ruhe, die durch das periodische Aufschlagen tropfsteinbildender Wassertropfen in sich gegliedert ist, und über das ganze Jahr gleichbleibende klimatische Verhältnisse von etwa 8° Celsius im mitteleuropäischen Raum. In einer Umgebung ohne akustische und/oder optische Reize lassen sich Eindrücke sammeln, die man von der reizüberfluteten Außenwelt her nicht kennt – doch ist man froh, wenn die Taschenlampe/Karbidlampe wieder leuchtet ...

Traum eines jeden Höhlenforschers ist es, unterirdisches Neuland zu betreten und eine neue Höhle zu entdecken. Der Verf. hatte das unglaubliche Glück, die Schillathöhle, die bis dato zweitlängste Höhle am Riesenberg im Süntel, als erster bis zu ihrem derzeitigen Ende hin zu erkunden. In dieser Situation wurden im wahrsten Sinne des Wortes gemischte Gefühle wach, die sich aus Glück, purer Angst vor dem Unbekannten und hochangespannter Erwartung zusammensetzen.

Leider zählen zu den Besuchern von Höhlen nicht nur die, die in Höhlenvereinen organisiert sind und eng mit den Naturschutzbehörden zusammenarbeiten, sondern auch solche, die aus

völlig anderen Beweggründen in die Höhle gehen. KRIEG (1985) stellt hierzu fest: „Schon seit Jahren zeigt sich in den Medien der Trend, Höhlen als die letzten Abenteuerspielplätze der Welt darzustellen und Höhlenforschung als sportliche Sonderleistung zeitgemäß dynamischer und wagemutiger Supermänner in einer breiten Konsumentenschicht zu propagieren. ... Dies funktioniert ohne einen Bezug zur institutionalisierten Höhlenforschung. Oft wird diese sogar als Hindernis empfunden, da deren Alltag im mythologisierenden und heroisierenden emotionalen Darstellungsstil des Boulevardtrends allzu ernüchternd wirken könnte."

Manche Menschen haben eine recht eigenwillige Auffassung von Höhlenforschung und sehen hierin eine naturverbundene Freizeitbeschäftigung nicht nur in Schauhöhlen, sondern auch in unerschlossenen Höhlen und Stollen. Doch bleibt es hierbei häufig nicht beim Anschauen, Erkunden und Fotografieren, sondern es kommt zur Plünderung des Tropfstein-und Mineralieninventars, zu Verunreinigungen der Höhle durch Abbrennen von Fackeln, zur Entwicklung von wilden Müllkippen mit von Höhlenbesuchern zurückgelassenen Abfällen, wie leere Büchsen, Karbid- und Verpackungsreste usw. Um diese Entwicklung zu kontrollieren, ordnen staatliche Institutionen wie Forst- und Bergämter immer häufiger den Verschluß der Höhleneingänge an (FRICKE 1985).

Die wichtigsten Höhlen wurden zu Naturdenkmalen erklärt, wie die Langenfelder Höhle und die Riesenberghöhle im Süntel. Heute sind im Süntel und Wesergebirge so gut wie alle schützenswerten Höhlen verschlossen, die damit vor unverbesserlichen Höhlenvandalen geschützt sind und ungestörte Sommer- und Winterquartiere für vom Aussterben bedrohte Fledermäuse darstellen.

## LITERATUR


ARNOLD, A. (1984): Bemerkungen zum Höhlenschutz. – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforsch., **30,** 1, 4–6, München.

BAUER, E. W. (1971): Höhlen. Welt ohne Sonne. – Österreichischer Bundesverlag, Wien.

BÖGLI, A. (1954): Die Höhlenforschung und ihre Stellung in der Wissenschaft. – Naturwissenschaftliche Rundschau, **6,** 240–245, Stuttgart.

FRANKE, H. W. (1979): Die Bedeutung der Höhlenforschung für die Naturwissenschaften. – Akten des internationalen Symposiums zur Geschichte der Höhlenforschung Wien, 26–29, Wien 1984.

FRANKE, H. W. ( 1982): Geheimnisvolle Höhlenwelt. – Frankfurt/M.; Berlin; Wien: Ullstein.

FRICKE, U. (1985): Praktischer Höhlenschutz durch Verschlüsse sowie begleitende Maßnahmen. – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforsch., **31** (3), 50–64, München.

GESCHWINDE, M. (1988): Höhlen im Ith – Urgeschichtliche Opferstätten im südniedersächsischen Bergland. – Veröffentlichungen der urgeschichtlichen Sammlungen des Landesmuseums zu Hannover, **33,** Verlag August Lax Hildesheim.

KEMPE, S., Hrsg. (1982): HB Bildatlas Spezial **4:** Höhlen in Deutschland, Hamburg.

KRIEG, F. (1985): Thesenpapier zur Reaktion unseres Verbandes auf den Höhlentourismustrend. – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforsch., **31** (4), 72–74, München.

SCHILLAT, B. (1959): In den Höhlen des Weser-Berglandes. – Sonderdruck aus: Der Aufschluss, **10,** 2, 29–31.

TRIMMEL, H. (1968): Höhlenkunde. – F. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

## 2. HÖHLENGRUPPE NORD e. V. (von BODO SCHILLAT)

Im Jahre 1949 gruppierten sich einige junge Männer aus dem Rintelner Raum im Wesergebirge, die an der Höhlenforschung interessiert waren. Nach gemeinsamen Befahrungen von Klufthöhlen (Fledermaushöhle und Wilhelminahöhle) beschloß man, sich unter dem Namen Höhlengruppe Nord, kurz HGN zusammenzuschließen. Höhlengruppe Nord deshalb, weil das Wesergebirge zusammen mit dem nach Osten anschließenden Süntel wohl als das nördlichste Jurakarstgebiet Deutschlands betrachtet werden kann.

In den Anfängen bestand die Gruppe aus zunächst fünf Mitgliedern. Es waren dies die Brüder Heinz und Karl Franke, Helmut Feldmann aus Steinbergen sowie Werner Schnüll und Bodo Schillat aus Friedrichshöhe (Abb. 2). Diese fünf jungen Männer erkundeten nun eine Reihe von Klufthöhlen in diesem Gebiet. Klufthöhlen sind in der Regel schmale, tief reichende, nach oben geschlossene Klüfte im Kamm- oder Gangbereich des Bergzuges. Diese Höhlen wurden aus Sicherheitsgründen nur mit Kletterseilen befahren.

Als Beispiel für die Befahrungen einer solchen Höhle soll die Wilhelminenhöhle am Oberberg dienen, die auch früher schon in einem regionalgeologischen Standardwerk (HAMM 1938) Erwähnung fand. Im Jahre 1921 entdeckten Bückeburger Gymnasiasten diese Höhle. Später konnten junge Höhlenforscher Knochen bzw. Knochenbruchstücke finden. 1933 besichtigten Prof. Dr. Jakob Friesen und Dr. Hamm vom Landesmuseum in Hannover, Studienrat Erdniß, als Vertrauensmann für Bodenaltertümer in der Grafschaft Schaumburg und die jungen Höhlenforscher die Höhle. Wie spätere Recherchen ergaben, wurde nur bis zu einem aus Klemmblöcken gebildeten Zwischenboden, also nicht bis zur Höhlensohle abgestiegen und danach die Befahrung wohl wegen Gefährlichkeit abgebrochen. Die Knochen konnten als rezente Haustierknochen gedeutet werden, die wohl von Füchsen dorthin verschleppt worden waren. Nach weiteren zwischenzeitlichen Höhlenbefahrungen konnten im Jahre 1951 während der Befahrung der Höhle durch die gesamte Höhlengruppe Nord im Verbruchschutt auf der Höhlensohle eine größere Anzahl von Knochenbruchstücken festgestellt und abgeborgen werden. Nach der



Abb. 2: Das „Urgestein" der Höhlengruppe Nord: Gebrüder Franke (2. von links u. rechts) 1953 und Bodo Schillat, der Entdecker der Riesenberghöhle 1969 (Bild rechts oben)

Wäsche der verlehmten Bruchstücke stellte sich heraus, daß es sich überwiegend um menschliche Skeletteile handelte. Nachdem diese Vermutung von fachlicher Seite bestätigt werden konnte, wurden die Funde Herrn Studienrat Erdniß übergeben. Im folgenden Jahr konnten nochmals Knochenbruchstücke aus einem anderen Teil dieser Höhle durch Bodo Schillat im Alleingang abgeborgen und später dem Landesmuseum in Hannover übergeben werden. Im Jahre 1994 erhielt die Wilhelminenhöhle einen Eingangsverschluß zum Schutze winterschlafender Fledermäuse.

Natürlich ist es der Traum jedes Höhlenforschers, eine Schichtfugenhöhle zu finden, deren Hallen reich mit Tropfsteinen geschmückt sind. Dieser Traum ging im Jahre 1953 in Erfüllung. Eine kleine Steinbruchfirma nahm den Betrieb in einem vormals auflässigen Steinbruch an der Straße nach Langenfeld wieder auf und legte dabei den Zugang zu einer Schichtfugenhöhle frei. Zugängig wurde ein Raum von etwa 30 m Länge, bei einer Breite von max. 15 m und einer Deckenhöhe von 3 m. Diese Höhle wurde natürlich häufig von Mitgliedern der HGN befahren und eingehend untersucht. Sie erhielt den Namen Langenfelder Höhle.

Ein Höhepunkt war es, als die Brüder Franke am Ende des bislang befahrbaren Raumes in schwerer Handarbeit den Zugang zu weiteren Räumen dieser Höhle freilegen konnten. So erschienen nach diesem ersten, nun „Eingangshalle" getauften Höhlenraum noch drei weitere Hallen, mit zum Teil märchenhaftem Tropfsteinschmuck. Leider wurde der Tropfsteinbestand dieser Höhle zu 90 % durch Andenkenjäger zerstört. Dabei gingen diese mit beispiellosem Vandalismus vor. Der Verf. erinnert sich an eine Befahrung, bei der in der Atlantishalle 30 abgeschlagene Kerzenstalagmiten herumlagen. Diese über einen Meter hohen Stalagmiten zerbrachen beim Abschlagen in mehrere Teile. Die Vandalen nahmen dann nur die Endkappen mit und ließen die anderen Bruchstücke liegen. Die Hauptaufgabe der HGN bestand während dieser Zeit darin, den Zugang zur Höhle vor diesen ungebetenen Eindringlingen zu sichern. Die Sicherung des scheunentorgroßen Einganges war eher dürftig und setzte den Bemühungen der Gegenseite nur wenig entgegen. So mußte jedes Jahr einige Zeit verwendet werden, um die Einbruchsstellen wieder auszuflicken. Das änderte sich erst im Jahre 1954, als die Langenfelder Höhle zum Naturdenkmal erklärt und endlich mit einem einbruchsicheren Verschluß versehen wurde. Die Langenfelder Höhle hat heute eine Gesamtganglänge von 240 m. Diese Höhle kann nach verschiedenen Merkmalen als Teilstück eines unterirdischen Flußlaufes angesprochen werden (s. Abschn. 4).

Die sog. Alte Höhle im Langenfelder Steinbruch wurde schon um 1900 erschlossen und diente zeitweilig als Schauhöhle. Außerdem liegen dort noch die Zugänge zu zwei weiteren Kluftfugenhöhlen, der Franke Höhle und der Oberen Höhle. Ihre Eingänge sind heute alle verschlossen.

Der auf der Ostseite des Riesenberges befindliche Kalksteinbruch der SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG schnitt beim Abbau einen sedimentverfüllten Arm dieses unterirdischen Flußsystems auf einer Länge von 290 m an und erreichte 1968 weitere mit Höhlenlehm angefüllte Hohlräume. Am 26. 7. 1969 entdeckten die Mitglieder der HGN, H. Rüppel und B. Schillat, im Haufwerk einer frischen Sprengung den Zugang zu einer herrlichen Tropfsteinhöhle von zunächst 142 m Länge, bis zu 14 m Breite und 5 m Höhe. Bei einer zweiten Befahrung, an der auch der Naturschutzbeauftragte für das Hohensteingebiet, Herr Forstmeister Bosse teilnahm, wurde eine Fortsetzung nach Überwindung verschiedener Engpässe erschlossen. Dadurch ergab sich eine Gesamtlänge von vorläufig 308 m. Am 15.11.1969 machten R. Stahl und B. Schillat in achtstündiger Arbeit einen 12 m langen Engpaß, Sesamschluf genannt, passierbar und fanden dadurch den Anschluß an einen Seitenarm dieser Höhle. Die größeren Räume haben Größen von bis zu 13 m Breite und 5 m Höhe. Die Endzone dieses Höhlenteils „König Laurins Garten", zeigt prächtige Sinterbecken mit zum Teil einmaligen Kalzitkristallformen. Bis zum heutigen Tage hat diese Höhle eine Gesamtlänge von 818 m. Die Großhöhle dürfte mit ihrem einmaligen Tropfsteinschmuck führend in Niedersachsen sein. Durch die Obere Naturschutzbehörde wurde auch die Riesenberghöhle dankenswerterweise unter Denkmalsschutz gestellt.

Es ist als ganz natürlich zu betrachten, daß im Laufe der Zeit noch weitere höhleninteressierte Mitglieder zur HGN stießen. So wurde im Jahre 1985 auf der Jahresversammlung beschlossen, die nunmehr aus 15 Mitgliedern bestehende HGN als Verein eintragen zu lassen, damit dieser als juristische Person betrachtet werden kann. Am 8. 4.1986 wurde zwischen dem Land Niedersachsen, vertreten durch die Bezirksregierung Hannover, ein Vertrag geschlossen, dessen Hauptgegenstand die Betreuung der Karst- und Tropfsteinhöhlen im und um das Naturschutzgebiet Hohenstein ist. Die Betreuung ist verbunden mit Schutzmaßnahmen, Vorschlägen und jährlichen Berichten.

Die meisten Mitglieder haben in ihrer Sturm- und Drangzeit, zumeist an den Wochenenden, jedes dunkle Loch befahren, von dem man irgendwie Kenntnis erhalten hatte. Weniger zur Freude der Familie, die die Last mit den dreckigen Klamotten hatte, oder sehr zum Erstaunen von harmlosen Wanderern, die plötzlich lehmverschmierte Gestalten aus der Erde wachsen sahen. Aus eigener, nunmehr 47-jähriger Erfahrung in der Höhlenforschung kann ich sagen, daß wir nie einen ernsthaften Unfall hatten. Die eigentliche Höhlenforschung setzt erst nach dieser Sturm- und Drangphase ein, wenn man zu Hause im stillen Kämmerlein sitzt und überlegt, was hast Du gesehen und warum war dies so und das so ... Wenn man dann wieder vor Ort geht, um gezielt diesen aufgetretenen Fragen nachzugehen, dann erst fängt die richtige Höhlenforschung an.

## 3. HÖHLENGESCHICHTLICHES (von RAINER FABISCH)

Es gibt Höhlen, die erst im Laufe von Steinbrucharbeiten angeschnitten worden sind, die also ohne den Steinbruchbetrieb nie entdeckt worden wären. Hier handelt es sich in der Regel um horizontale Höhlen, die sich im Kalkgestein entlang einer Schichtfuge entwickelt haben und die heute reichhaltige Versinterungen aufweisen. Andere Höhlen, meist in Form mehr oder weniger breiter und hoher Klüfte, sind schon lange, möglicherweise bereits im Mittelalter oder noch viel früher bekannt gewesen. Sie sind vom Menschen in irgendeiner Weise genutzt worden. Man denke hier für den norddeutschen Raum vor allem an die Ithhöhlen, die seit dem Spätneolithikum (ca. 2.000 v. Chr.) als Kult- oder Wohnstätten genutzt worden sind (GESCHWINDE 1988). Auch für das Wesergebirge zeichnet sich eine intensivierte Erforschung der hier vorkommenden Klufthöhlen ab.

Auf die Geschichte einiger Höhlen, beginnend im Osten mit der Salamanderhöhle im Blutbachtal des Süntels soll nun zurückgeblickt werden. Die Umgebung der Salamanderhöhle wurde von Germanen und Römern als Kampf- oder Lagerplatz genutzt. Im Krieg der Sachsen gegen Karl den Großen ist eine Schlacht auf dem nahegelegenen Dachtelfeld im Jahre 782 bekannt. Ein fränkisches Heer war hier überfallen und vernichtet worden. Als Rache dafür ließ König Karl 4500 gefangene Sachsen zu Verden an der Aller enthaupten. Die Sachsen sollen der Überlieferung nach innerhalb des Lagers beim Berge Süntel aus der Erde gekommen sein (AUGUSTIN 1923). Diese Information ließ Karl Franke und Bodo Schillat, den Mitbegründern der Höhlengruppe Nord, in den sechziger Jahren eine Höhle im Gebiet um die Südwehe vermuten. Sie suchten daraufhin das Gelände ab und entdeckten tatsächlich eine Höhle. Bevor sie in Salamanderhöhle umgetauft wurde, ist sie von Karl Franke zunächst als Höhle auf dem Dachtelfeld bezeichnet worden (Dachtel = Prügel, Schlacht). Wahrscheinlich wurde die Höhle schon in sehr früher Zeit befahren, um nach eisenhaltigem Gestein oder Farberden zu suchen. Hierauf könnten die Schlackefunde und gelblich-ockerfarbene Mergel hindeuten.

Am westlich vom Blutbachtal gelegenen Riesenberg liegen an dessen Westhang die Pionierhöhlen. Möglicherweise fand hier bereits in sehr alter Zeit ein Abbau von bohnenförmigen Eisenanreicherungen, den Bohnerzen, statt, denn der Eingangsbereich weist Befestigungen in Form von zu beiden Seiten mauerartig aufgebrachten Steinplatten auf. Vor dem Eingang der Höhle befindet sich ein Schotterberg und in der Höhle konnte Holzkohle nachgewiesen werden.

Der alte stillgelegte Langenfelder Steinbruch liegt ebenfalls an der Westseite des Riesenbergs. Er wurde seit alten Zeiten für Wege und Straßenbau gebraucht (Abb. 3). Hier liegt die



Abb. 3: Langenfelder Steinbruch (1957 stillgelegt)

Alte Höhle. Bereits um 1900 soll die Höhle erschlossen worden sein. Auf einer Postkarte aus dem Jahre 1911 (Abb. 4) ist sie als Tropfsteinhöhle bei Langenfeld festgehalten. „1 Min. weiter aufwärts ... an der Straße liegt in dem Langenfelder Steinbruch am Riesenberge eine kleine Tropfsteinhöhle. Der Felsspalt ist etwa 1 m breit, 3–6 m hoch und einige 30 m lang. Die Wände sind versintert und zeigen einige Gardinen mit Zapfen daran; außerdem einige kurze stumpfe Säulen. Eintritt während der Arbeitszeit in dem Steinbruche gegen Trinkgeld" (AUGUSTIN 1923). Der Schaubetrieb in der Alten Höhle wurde im Jahre 1957 wie auch der Steinbruch aus Naturschutzgründen geschlossen.

Bei den Silberlöchern auf dem nach Westen anschließenden Amelungsberg könnte es sich um eine Bergbefestigung der Kelten aus der Zeit um 400 v. Chr. handeln. Auch sprechen einige Gründe dafür, daß hier ein Bergwerk existiert hat. Denn der Name deutet auf künstlich vergrößerte natürliche Spaltenhöhlen, den Silberkuhlen, hin. Doch zielte der Abbau nicht auf Silber, das hier ohnehin nicht vorkommt, sondern wohl auf die in den Höhlensedimenten vorkommenden Bohnerze (s. Abschn. 4.3). Hierfür sprechen eine offensichtliche Materialausräumung, ein nördlich gelegener Schotterberg und die alte Erzschmelze im Höllbachtal bei Langenfeld, die aufgrund einer $^{14}$C-Holzkohledatierung in die Zeit zwischen 920 und 1040 n. Chr. eingeordnet werden muß. Analysen von Erzschlackenfunden deuten auf die Verhüttung eines kalkhaltigen Eisenerzes hin und man kann somit davon ausgehen, daß vor rund 1000 Jahren aus den Silberkuhlen des Amelungsberges Eisenerz gewonnen worden ist. Die nahegelegene Kupferkuhle hat ihren Namen von Waldarbeitern aus Rohden erhalten, um diese von den Silberkuhlen unterscheiden zu können. Hier konnten im Jahre 1981 die Reste eines menschlichen Skelettes, möglicherweise aus dem Mittelalter, gefunden werden.

Was das Männekenloch nahe der Paschenburg betrifft, so geht die Sage, daß hier Wichtelmännchen, unter welchen sich das Landvolk gewisse unschädliche Berggeister oder Gnomen dachte (PIDERIT 1831), wohnten. Eine andere Sage erzählt, daß der Graf von der Schaumburg um 1550 mit einer Zwergenfrau fremd gegangen sein soll (STRUCK 1890).

Die jüngste, aber für die Region bislang unter archäologischen Gesichtspunkten gehaltvollste Klufthöhle ist das Verbruchloch zwischen der Schaumburg und der Paschenburg, das erst vor

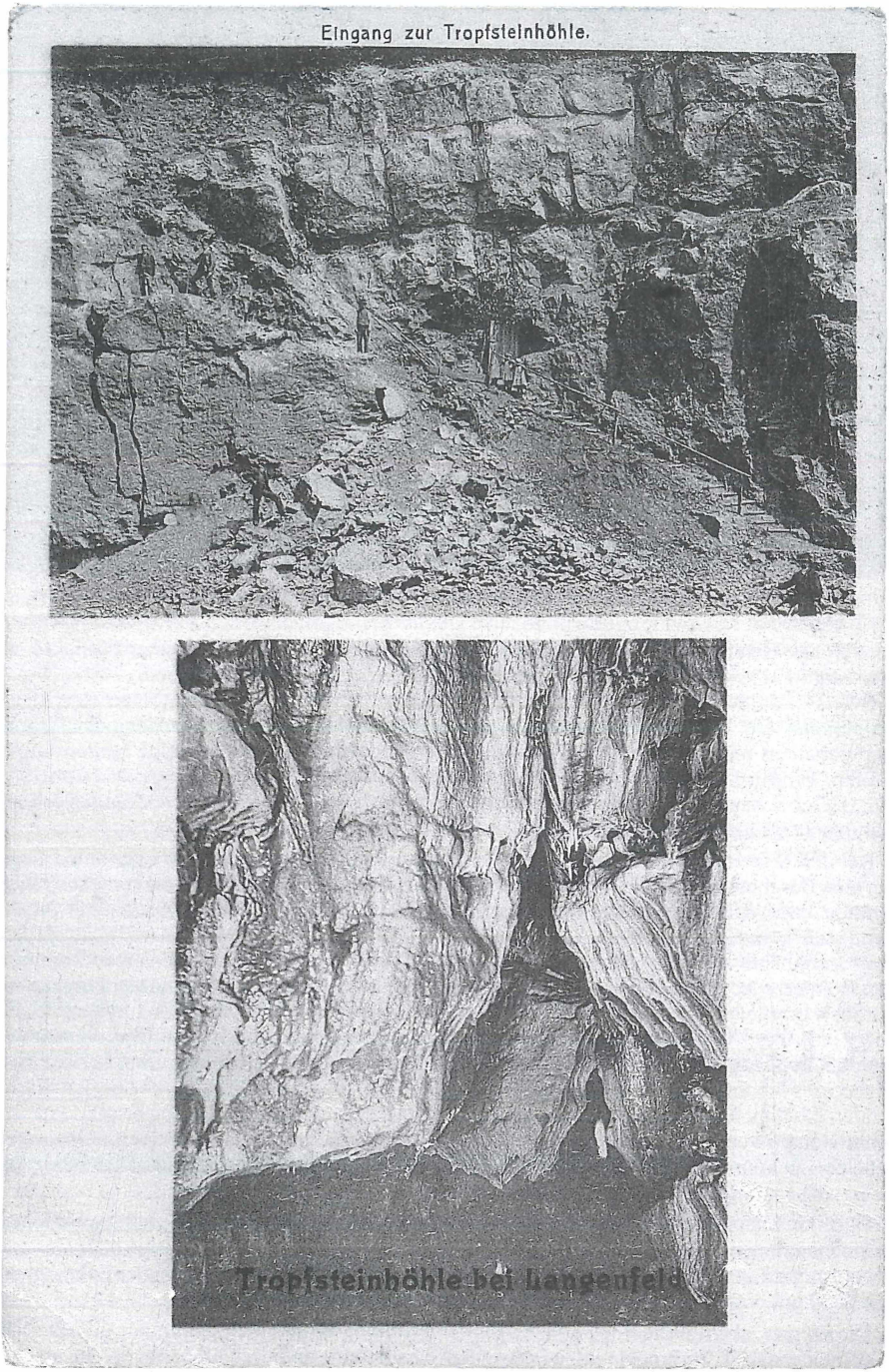



Abb. 4: Alte Höhle als „Tropfsteinhöhle bei Langenfeld“ auf einer Postkarte vom 29. 1. 1911

wenigen Jahren zugängig gemacht werden konnte. Im Oktober 1993 wurden größere Mengen an Knochen gefunden. Eine menschliche Schädelkappe lag mit einigen anderen Knochenbruchstücken in einem neu erforschten Teil unter Sinterschichten verborgen. Der Schädel ist seiner Größe nach einem jungen Erwachsenen oder Kind zuzuordnen. Zusammen mit Keramikfunden wurde er im Juli 1994 abgeborgen und Dr. Erhard Cosack vom Institut für Denkmalpflege (Niedersächsisches Landesverwaltungsamt) übergeben. Nach Aussage von Dr. Cosack sind die Funde zeitlich etwa Ende der Steinzeit einzuordnen (Neolithikum). Verläßliche Aussagen könne man erst nach $^{14}C$-Altersdatierungen machen.

Auch die Wilhelminahöhle am Oberberg blickt möglicherweise auf eine lange Geschichte zurück, auch wenn diese derzeit nur bis in die Zeit um 1900 zurückverfolgt werden kann.

## LITERATUR

AUGUSTIN, M. (1923): Das Weserbergland von Hannover, Hildesheim bis Minden, Hameln, Pyrmont. – Herausgegeben vom Wesergebirgsverein, Kassel.

GESCHWINDE, M. (1988): Höhlen im Ith – Urgeschichtliche Opferstätten im südniedersächsischen Bergland. – Veröffentlichungen der urgeschichtlichen Sammlungen des Landesmuseums zu Hannover, **33,** Verlag August Lax Hildesheim.

PIDERIT, F. C. T. (1831): Geschichte der Grafschaft Schaumburg. – Verlag von Albrecht Osterwald, Rinteln.

STRUCK, C. (1890): Geschichte der Grafschaft Schaumburg. – Druck von C. Bösendahl, Rinteln.

# 4. HÖHLEN DES SÜNTELS UND WESERGEBIRGES AUS GEOWISSENSCHAFTLICHER SICHT (von RAINER FABISCH)

## 4.1 Einführung

Über das Wesergebirge und den westlichen Süntel ist bereits sehr eingehend unter geologischen, vor allem unter stratigraphischen Gesichtspunkten berichtet worden (SCHULZE 1975, KAISER 1978, KAISER 1979, ZIHRUL 1985, PLÖGER & LIEBEHENZ 1986, SCHÜLKE 1993). Denn dem geologischen Betrachter bieten sich hier vorzügliche erdgeschichtliche Zugänge in Form durch Erosion freigelegter Felswände und in Form großer Steinbrüche. Einen guten regionalgeologischen Überblick gibt CASPARI (1992). Unmittelbar verbunden mit dem geologischen Umfeld ist die Entstehung der Höhlen im Süntel und Wesergebirge. Bis heute fehlt es an einer übergreifenden Darstellung der Karstobjekte des nördlichsten deutschen Jurakarstgebietes mit seinen Tropfsteinhöhlen und Dolinen, und den aus der besonderen geomorphologisch-tektonischen Situation heraus entstandenen Klufthöhlen dieser Region.

## 4.2 Geologisch-Geomorphologische Übersicht

Die Süntel- und Wesergebirgshöhlen liegen in Gesteinen des Juras, die vor 195–135 Millionen Jahren abgelagert wurden (Abb. 5). Entstanden sind die Höhlen aber erst vor wenigen Millionen bis einigen Hunderttausend Jahren.

### 4.2.1 Geologische Entwicklung

Paläogeographisch betrachtet gehören Süntel und Wesergebirge zum Niedersächsischen Bekken als regionalgeologischem Hauptelement des nordwestdeutschen Senkungsraumes. Dieses

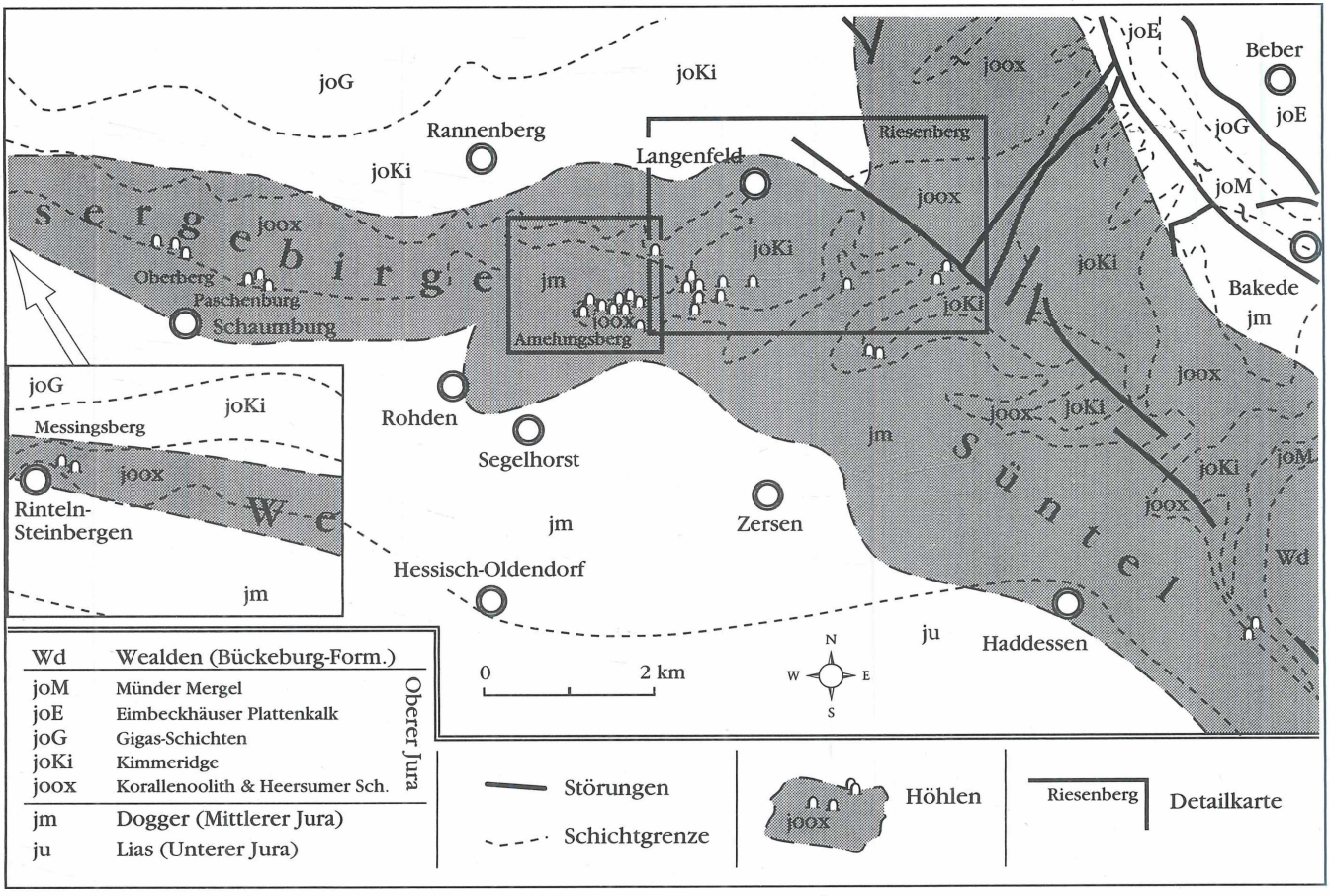



Abb. 5: Höhlenverbreitung und geologische Übersicht

in NW–SE bis WNW–ESE streichende Tröge und Schwellen gegliederte Becken war im Süden von der Rheinischen Masse und im Norden von der Pompeckjschen Schwelle begrenzt. Den mächtigen dunklen Tonsteinen des Lias (Unterer Jura) folgten in Tonsteinfolgen eingeschaltete grobklastische Sedimente des Dogger (Mittlerer Jura), bis im Oberen Jura, dem Malm, meist kalkiges, mergeliges und sandig-eisenoolithisches Material abgelagert wurde. Während der Malmzeit hob sich die Pompeckjsche Schwelle und das Niedersächsische Becken verblieb als Sedimentationsraum in Form eines stark eingeengten Beckens. Hieraus resultierte ein Faziswechsel von Ton- und Mergelsteinen zu flachmarinen Sand- und Kalksteinen einschließlich Kalk- und Eisenoolithen. Der in dieser Zeit entstandene sehr harte Korallenoolith bildete nicht nur die markanten Schichtkämme und Schichtstufen von Wesergebirge, Süntel, Deister, Ith und Selter, sondern er steht auch im absoluten Mittelpunkt des höhlenkundlichen Interesses. Denn praktisch alle Höhlen im Süntel und Wesergebirge liegen im Unteren Korallenoolith.

KAISER (1979) unterscheidet neun Schichtglieder des Korallenooliths (Abb. 14): Die geringmächtigen Grenzschichten leiten über von den Heersumer Schichten zum Korallenoolith, der mit der Klippenregion beginnt. Die ca. 17 m mächtige Folge besteht aus nur schwer untergliederbaren grobbankigen Oolithen. Der obere Abschnitt der Klippenregion ist nicht immer frostsprengungsresistent und damit für die Höhlenentstehung von Bedeutung ebenso wie die nur wenige Dezimeter mächtige Fossilschicht mit unzähligen Fossilien, die in weicherer Grundmasse eingebettet sind. Sie hebt sich deutlich sowohl von den unterlagernden einförmigen Oolithen der Klippenregion als auch von denen des Hauptooliths ab. Die Fossilschicht springt durch ihre geringe Härte an der Aufschlußwand zurück und stellt den Ausgangspunkt für die Entstehung der bedeutendsten Süntelhöhlen dar. Über der Fossilschicht folgen mit dem Hauptoolith mächtige, dicke Oolithbänke mit großer Klüftigkeit, die den hinabrinnenden Karstwässern als Leitbahnen zur Fossilschicht dienten. Hierüber folgt die Florigemmabank aus dichtem, splittrig harten Kalkstein mit sehr feinkörniger Grundmasse. Oft findet sich auf der Schichtfläche eine Schwarte von Eisenmineralen. In die Zwischenregion mit oolithischer Sedimentation und sandiger Komponente schalten sich dünne eisenschüssige Sandsteinlagen ein. Charakteristisch sind die in diesem Niveau vorkommenden Eisenoolithe. Es kommt örtlich sogar zur Ausbildung richtiger Eisenflöze (Amelungsberg, Riesenberg und Ramsnacken). Auf den Liegendquarzit aus oolithischem Kalksandstein folgt die Wohlverwahrtregion, benannt nach der ehemaligen Erzgrube Wohlverwahrt in Kleinenbremen, die das in dieser Region liegende Flöz ausbeutete. Auch am Riesenberg und am Ramsnacken im südwestlichen Süntel treten in diesem Niveau eisenoolithische Bänke auf. Die 22 m mächtige Schichtfolge des Humeralisooliths besteht aus kompakten, feinoolithischen und auch sandigen Kalksteinbänken und leitet allmählich über zur Schichtfolge des Kimmeridge. Für den Beginn der Entstehung vieler Höhlen und für deren Entwicklung sind also der obere Bereich der Klippenregion, die Fossilschicht und der Hauptoolith von großer Bedeutung.

Zurück zur Entwicklung des Niedersächsischen Beckens mit dem heutigen Süntel und Wesergebirge: Nach einer langen Phase tektonischer Ruhe mit starker Sedimentation bis 3.000 m Mächtigkeit während Oberjura und Unterkreide kommt es bereits im oberen Malm zu ersten tektonischen Aktivitäten (Deister- und Osterwaldphase), denen in der Kreide die subherzyne und im Tertiär die laramische Phase folgen. Die Deformation der abgelagerten Schichten erfolgt somit in mehreren Schüben. Durch tiefgreifende Bruchvorgänge zerbrechen die Gesteinsschichten in einzelne Schollen, die gegeneinander verstellt sind. Es entsteht ein im niedersächsischen Bergland in klassischer Weise ausgebildetes Bruchfaltengebirge, deren tektonische Strukturen sich hier im wesentlichen als herzynisch streichende Bergzüge, entstanden durch Pressung, und rheinisch streichende Zerrungsgräben darstellen (HENNINGSEN 1979, ZIHRUL 1985). Durch diese tektonischen Bewegungen kam es zur Heraushebung des Niedersächsischen Beckens und zu verstärkter Abtragung.

Als Ergebnis der bisherigen geologischen Entwicklung und geomorphologischen Prägung stellt sich das Wesergebirge heute als Korallenoolith-Schichtkamm mit zwischen 12° und 20° (Nammer Klippen) in nördliche Richtungen einfallenden Schichten dar. Der Süntel ist eine herzynisch streichende, breite und flache Mulde. Die Schichten fallen im westlichen Süntel-

gebiet mit rund 5° nach NNW ein. KAISER (1979) hat Kluftrichtungen eingemessen und erkennt dominierende rheinische und West-Ost orientierte Streichrichtungen, die durch den Verlauf der Höhlengänge bedeutender Süntelhöhlen bestätigt und durch ein weiteres Maximum in der herzynischen Streichrichtung ergänzt werden (Abb. 13). Auch der Verlauf der Täler ordnet sich in dieses Richtungsmuster ein. Denn die Täler, die den Schichtstufenrand des südlichen Süntels anschneiden, sind in NNE–SSW- bis NE–SW-Richtung angelegt und münden in größere West-Ost ausgerichtete Quertäler ein.

### 4.2.2 Geomorphologische Situation

Die periglazialen Formungsprozesse haben während der Eiszeiten Schichtkämme und Schichtstufen des Wesergebirges und des Süntels herauspräpariert. Von einem Schichtkamm spricht man, wenn das Einfallen der Schichten größer als 10° ist; ist es weniger als 10°, handelt es sich um eine Schichtstufe (SEEDORF & MEYER 1992). Der Schichtkamm des Wesergebirges löst sich in mehrere Einzelkämme auf. Diese morphologische Gliederung geht auf den mehrfachen Wechsel von harten und weniger harten Gesteinen, die der Erosion ausgesetzt sind, zurück. Vom Wesertal ausgehend steigt das Gelände nach Norden an bis zur Vorkette des harten Cornbrash-Sandsteins, der sich in die sonst tonigen Doggerschichten einschaltet und morphologisch zutage tritt. Auf herausgearbeiteten Stufenköpfen liegen z. B. die Osterburg und die Schaumburg. Etwas weiter nördlich schließt der Schichtkamm des extrem harten Korallenooliths an. Er verläuft von der Porta Westfalica aus nach Osten bis zum Rohdener Paß. Weiter nach Osten schließt der Amelungsberg an, der sich als Ausliegerberg vom Schichtkamm des Wesergebirges gelöst hat. Im Grunde gehört er noch zum Wesergebirge, doch wegen seiner isolierten Lage und seines Schichtstufenscharakters nimmt er eine Zwischenstellung ein und leitet über vom Wesergebirge zum Süntel. Die Schichtstufenfläche des südlichen Süntels ist durch Quer-und Längstäler stark zerschnitten (Blutbachtal, Totental, Höllenbachtal usw.). Der Hohenstein und der Borberg haben nur noch ein schmaler Verbindung mit der Stufenfläche. Nach Norden hin nimmt das Gelände den Charakter einer Hochfläche im Unteren und Mittleren Kimmeridge an.

Auf der Basis der geologischen und geomorphologischen Gegebenheiten kommt es im Süntel und Wesergebirge zu Bergzerreißungen, zu Bergstürzen und Bergrutschen. Derartige Erscheinungen sind eher aus dem Alpenraum bekannt (AMPFERER 1939, NUSSBAUM 1956/57). Doch treten sie auch in den Mittelgebirgen auf und sind für die Gestaltung der Geländeoberfläche und für die Entstehung von tektonischen Höhlen (Klufthöhlen) verantwortlich. Die mächtigen und sehr harten Korallenoolithbänke und die weniger harten Kalksandsteine der Heersumer Schichten liegen auf den weichen und nachgiebigen Ornatentonen des Doggers. Nach Wasseraufnahme beginnen diese zu quellen und stellen vorzügliche Rutschbahnen für die einsinkenden und sich vom Gesteinsverband lösenden Felspartien dar. Die Schichtstufenränder werden allmählich zurückversetzt. Dieser Prozeß der Zerstörung läßt sich gut am Hohenstein beobachten, wo die einleitende Bergzerreißung in für den norddeutschen Raum einzigartiger Weise am zu tiefen Spalten erweiterten Kluftsystem zu erkennen ist. KAISER (1979) nimmt an, daß durch diese Zerstörungsvorgänge die Hohensteinkante im Jahrtausend um 1–2 m zurückverlegt wird. Dabei lösen sich pfeilerartige Blöcke oder ganze Gesteinswände vom Verband, gleiten allmählich auseinander und werden in überschaubarer Zeit umstürzen. An der Nordseite des Amelungsbergs hat sich durch Bergzerreißung und Bergrutschen ein imposanter Graben aufgetan (Abb. 10 und 11). Rutschungen sind vor allem nördlich des Amelungsbergs im Schneegrund und im südlichen Süntel im Bereich der Südwehe und des Ramsnackens (Abb. 12) weit verbreitet. Das Material aus Korallenoolithschutt, Heersumer Schichten und auch Ornatentonen gerät nach anhaltenden Regenfällen in Bewegung. Im Jahre 1932 ist z. B. von der Südwehe eine große Bergrutschmasse abgegangen und hat mehrere Hektar Buchenwald wie Streichhölzer zusammengeschoben und durch Aufstauung des Blutbachs einen Naturteich gebildet (KAISER 1979).

## 4.3 Höhlenkundliches

Bevor auf die Höhlen im Wesergebirge und im Süntel eingegangen wird, werden zunächst einige höhlenkundliche Grundlagen verbunden mit regionalen Aspekten vorangestellt. Hierbei geht es um vorkommende Höhlentypen, das wahrscheinliche Alter der Höhlen und welche Schlüsse man aus Untersuchungen der „Höhleninnereien" wie Sinter und andere Höhlensedimente ziehen kann.

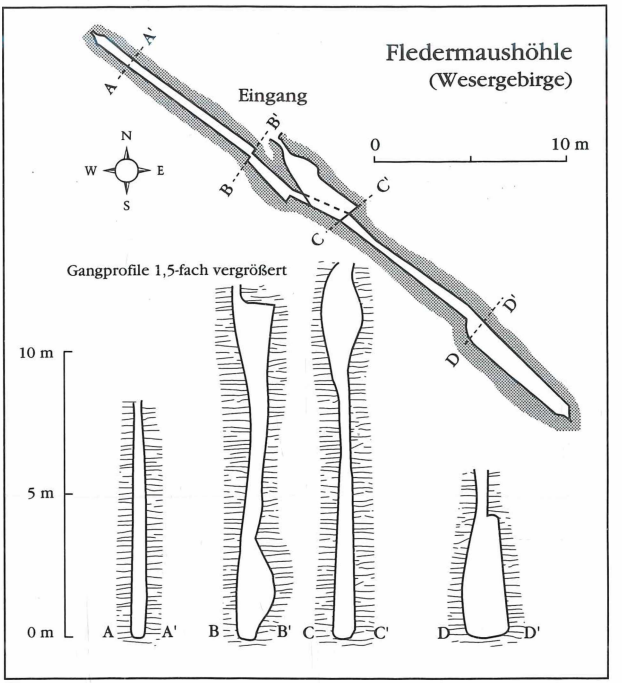
### 4.3.1 Höhlentypen und Höhlenalter

In der Höhlenkunde gibt es eine reichhaltige Begriffsauswahl, um eine Höhle in ihrem Typ festzulegen. Da kommt es selbst in Höhlenforscherkreisen vor, daß der gewählte Begriff nichts mit dem tatsächlichen Höhlencharakter zu tun hat. Um hier Klarheit zu schaffen, erfolgt die Unterscheidung der Höhlen in diesem Beitrag in Anlehnung an die vom „Höhlenpapst" Hubert Trimmel durchgeführte Einteilung der Höhlen nach speläogenetischen Gesichtspunkten, d. h., es wird das jeweilige Entstehungsumfeld zugrunde gelegt (TRIMMEL 1968).

Grundsätzlich gibt es die sog. primären Höhlen, die zeitgleich mit dem sie umgebenden Muttergestein entstehen (z.B. Tuff- und Lavahöhlen) und es gibt sekundäre Höhlen, die erst später im sie umgebenden Muttergestein beispielsweise durch Korrosion und fluviatile Erosion entstanden sind. Im Süntel und Wesergebirge kommen nur sekundäre Höhlen vor, die aber völlig unterschiedliche Entstehungsgeschichten haben. Die Höhlen des Wesergebirges sind tektonische Höhlen, deren Entstehung auf die bereits beschriebenen Bergzerreiß-, Bergsturz- und Bergrutschphänomene zurückzuführen sind. Dabei kommt es zu Hohlraumbildungen entlang Abrißklüften, das sind breite Klüfte parallel zu den Felswänden, die oberflächlich nicht oder undeutlich zu erkennen sind. Derartige Abrißklüfte zeichnen die Abrißlinien künftiger Bergstürze vor. Sie liegen in den Kalksteinen des Korallenooliths, unterliegen damit auch den Verkarstungsprozessen und weisen z. T. umfangreiche Sinterbildungen auf. Ihre Anlage ist jedoch rein tektonisch bedingt und damit werden sie im folgenden als Klufthöhlen bezeichnet. In Abb. 6 ist als Beispiel für eine typische Klufthöhle die Fledermaushöhle auf dem Messingsberg im Wesergebirge dargestellt.

Demgegenüber stehen die Kluftfugenhöhlen, die zu den Karsthöhlen zählen und ihre Entstehung entlang nicht gegeneinander verstellter Fugen und Risse überwiegend der Korrosion verdanken. In den Randbereichen des Riesenbergs im südwestlichen Süntel gibt es einige Höhlen, die in ihrer ursprünglichen Anlage Kluftfugenhöhlen darstellen. Allerdings sind sie durch nicht von der Hand zu weisende Einflüsse des Bergzerreißens mehr oder weniger stark geprägt (s. Abb. 21) – man müßte sie nach TRIMMEL eigentlich Bruchfugenhöhle nennen ... Und um die Verwirrung komplett zu machen, so sind einige der Höhlen im randlichen Riesenberg „von Haus aus" Schichtfugenhöhlen (BÖGLI 1969). Neben diesen „Höhlentypzwittern" gibt es aber auch „reinrassige" Schichtfugenhöhlen im zentralen Riesenbergbereich. Diese Höhlen haben sich nach TRIMMEL „an der Fuge zwischen benachbarten Schichten gleicher Gesteinsbeschaffenheit" entwickelt. Schichtfugenhöhlen sind Karsthöhlen par excellence mit meist reichhaltiger Versinterung. Abb. 6 zeigt einen Ausschnitt der Riesenberghöhle mit typischen Gangprofilen. Das gotische Profil (D–D') und das Schlüssellochprofil (R–R') haben sich zunächst in phreatischem Milieu und später in vadosem Milieu entwickelt (s. Fachbegriffe am Schluß).

Ein Wort zum Alter der Höhlen: Die Klufthöhlen des Wesergebirges sind verbunden mit den Vorgängen des einleitenden Bergzerreißens und nachfolgenden Bergstürzen oder -rutschen. Diese Kräfte konnten und können am Schichtstufenrand oder dort, wo das nach Norden abdachende Gelände steiler ist als das Schichteinfallen, wirksam werden. Ein Bilderbuchbeispiel für letztere Situation ist der große Graben am nördlichen Amelungsberg (s. 4.4.3). D. h., die Entstehung der Klufthöhlen konnte erst dann einsetzen, als die Entwicklung der Täler weit genug fortgeschritten und die Steilheit des Reliefs groß genug war. Die Täler haben sich vornehmlich unter periglazialen Bedingungen eingetieft, so daß diese Höhlen jungpleistozän oder jünger



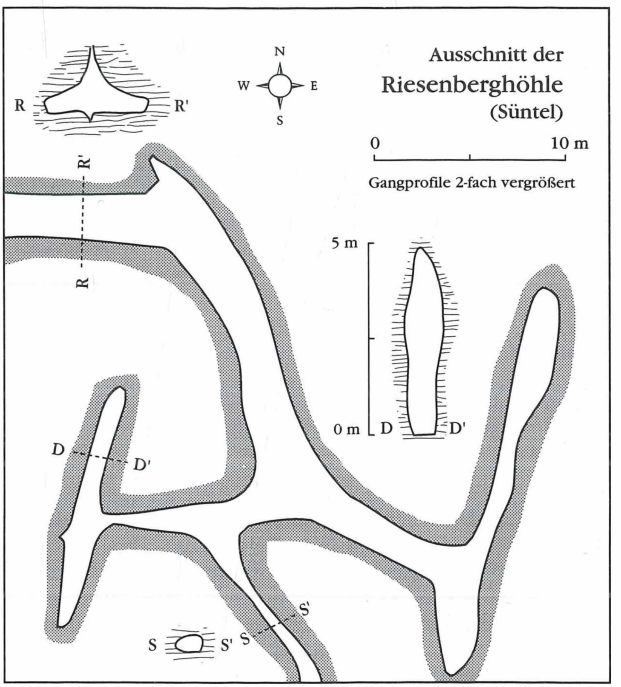




Abb. 6: Höhlentypen im Wesergebirge (Fledermaushöhle) und Süntel (Riesenberghöhle)

sein dürften. Über das Alter der Schichtfugenhöhlen am Riesenberg gibt es bis dato nichts konkretes zu berichten.

Um die Entwicklung zu rekonstruieren und damit dem Alter der Höhlen näher zu kommen, sollen in der Zukunft Untersuchungen von Höhlensedimenten gemacht werden; die Auswertungen markanter Fließfacetten in den oberen Gangpartien sollen Aufschluß über Wasserfließrichtungen geben u.v.a.m. Um wieder mit TRIMMEL zu sprechen, so steht soviel jedenf alls fest, daß erst im Tertiär tektonische Aktivitäten die Vorphase der Höhlenbildung eingeleitet haben. Nach seinen vergleichenden Beobachtungen im Ostalpenraum hat die eigentliche Höhlenbildung frühestens ab dem Miozän eingesetzt; und Abschnitte umfangreicheren Sinterwachstums lagen – auf norddeutsche Verhältnisse übertragen – in der Holstein-Warmzeit, in der Eem-Warmzeit und während des nacheiszeitlichen Klimaoptimums (Atlantikum).

## 4.3.2 Höhleninhalt

Wenn von Höhleninhalt der Höhlen im Süntel und Wesergebirge die Rede ist, so geht es um festen Höhleninhalt, wenn man von gelegentlichen, wasserdurchtränkten, unergründlich tiefen Schlammlöchern aus zähem und breiigem Höhlenlehm oder den klaren Kalzitkristallseen einmal absieht. Zum festen Höhleninhalt zählen Sinterbildungen aller Art, der allgegenwärtige Höhlenlehm, Schutt- und Blockwerk, Konglomerate und Brekzien, Konkretionen, Schotter und Bohnerze.

### 4.3.2.1 Sinter

#### Formen, Wachstum, Datierungsmöglichkeiten

„Von der Decke hängen Zapfen, die Stalaktiten, in allen Längen und Formen, daneben glasklare Röhrchen wie Makkaroni, aus denen Tropfen auf Tropfen perlt. Klobige Sinterkegel, Kerzen oder keulige Gebilde stehen am Boden, die Stalagmiten. An den Wänden hängen lichtdurchlässige Gardinen, zarte Fahnen und gestreifte Speckseiten. Manchmal überziehen Leisten und erstarrte Kaskaden den nackten Fels. Den Boden bedecken kompakte, wulstige Sinterlager. In Ecken wachsen – aus Klüften im Fels oder Sinter sprießend – dünne Excentriques in alle Richtungen, wie durch eine Ausnahmeabmachung mit der Gravitation beflügelt ...“ (KEMPE 1982).

Ein in seiner Schönheit einmaliges Sintergebilde aus faltenwerfenden Vorhängen zeigt Abb. 17. Über die ungewöhnlichsten, die exzentrischen Sinterformen, die Excentriques, geben GÖBEL & REINBOTH (1972) erschöpfend Auskunft.

Nicht alle dieser vielfältigen Erscheinungsformen des Sinters sind für Untersuchungen hinsichtlich einer zeitlichen Einstufung geeignet. Für Sinter, die nicht älter als 40.000 Jahre sind, funktioniert die Radiokarbon-Methode, bekannt als $^{14}C$-Datierungsmethode. Auf ältere Sinter wird die $^{230}Th/^{234}U$-Methode angewandt. Hiermit lassen sich Sinter zeitlich einstufen, die sich in den letzten Warmzeiten (Holstein und Eem) gebildet haben. Diese Datierungsmethode läßt sich auf bis über 300.000 Jahre alte Sinter anwenden. Es gibt

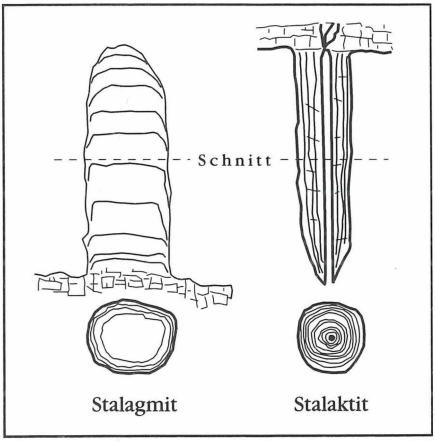



Abb. 7: Stalagmiten- und Stalaktitenwachstum (n. GEYH 1983)

noch weitere Methoden wie die Thermolumineszenz- (TL) und die Elektronenspinresonanz-Methode (ESR), in komprimierter Form gut nachzulesen bei HENNIG in KEMPE (1982). Doch nicht die verschiedenen Methoden der Sinterdatierungen, sondern vielmehr deren grundsätzlichen Ergebnisse sollen hier aufgezeigt werden.

Der Stalagmit ist für Datierungen am besten geeignet, denn er wächst am schnellsten und in haubenförmigen Schichten übereinander (Abb. 7). Am besten sind lange Stalagmiten geeignet, da sie entweder lange Entwicklungsperioden oder große Wachstumsraten ausweisen. GEYH (1983) stuft die holozäne Wachstumsrate in humiden Gebieten größenordnungsmäßig mit 1 cm im Jahrhundert ein. Mit 0,7 cm im Jahrhundert wird durch die Wachstumsmeßkampagne von WILLE (in diesem Beitrag) dieser Wert bestätigt. Die Wachstumsdauer von Stalagmiten kann ohne Dislokation der Tropfstellen bis zu einigen Jahrzehntausenden betragen. In Interstadialen, während der die Tropfstellen dauernd oder zeitweise zugesetzt gewesen sein können, bewegt sich die Wachstumsrate um 0,1 mm im Jahrhundert. Stalagmiten mit großem Durchmesser sind wohl während der letzten Warmzeit, schlanke dagegen im Holozän gewachsen (FRANKE & GEYH 1970). Letzteres belegen die Ergebnisse der $^{14}C$-Altersbestimmungen von Kalksinterproben aus der Langenfelder Höhle, die auf ein starkes Sinterwachstum während des Atlantikums hindeuten (GEYH & SCHILLAT 1966). Ein Stalaktit ist kein gutes Datierungsobjekt, da er langsam, ungleichmäßig und meist in radialer Richtung wächst – altersmäßige Zonierungen sind kaum erkennbar. Die langsam wachsenden Wand- und Bodensinter lassen sich zuverlässig nur mit der $^{230}Th/^{234}U$-Methode und der ESR-Methode bestimmen. Doch helfen die Ergebnisse noch so genauer und aufwendiger Datierungsmethoden keinem weiter, wenn sie nicht mit anderen Methoden zusammengehen und die verschiedenen Zeitskalen über Vergleichsdatierungen, z. B. an eingesinterten Knochen, Holzkohlen und Scherben kalibriert werden. Einen andersgearteten Versuch, mit Hilfe von Sinteranalysen in die geologische Vergangenheit zurückzublikken, hat SCHILLAT (1976) unternommen. Anhand längs geschnittener Stalagmiten beschreibt er die Unregelmäßigkeiten in den Wachstumsachsen von Tropfsteinen und deutet sie als lotrechte Aufzeichnungen von Schollenbewegungen. Er rekonstruiert Schollenkippungen als Folge des Durchgangs subkrustaler „Wellen" und diskutiert deren mögliche Einflüsse auf Gesteinskörper, Entwässerungsnetz und Höhlensedimente.

## Sinterzerstörung und ihre möglichen Ursachen

Über ein weiteres den Sinter betreffendes Problem haben sich mehrere höhlenkundige Autoren ausgelassen. Vielerorts werden umgekippte, sprich gefällte Sintergebilde beobachtet. Nun geht es um die Frage, welche Kräfte dies bewirkt haben könnten. Die Verfechter unterschiedlicher erklärender Hypothesen spalten sich in zwei Lager. Das „stark besetzte Lager" (SCHILLAT 1965 und 1969b, HENNE 1972, KNOLLE 1981a und 1981b) geht davon aus, lange Zeit unwidersprochen, daß die Stalagmiten in der Regel durch die Auswirkungen von Erdbeben umgefallen sind. Hierfür sprechen in der Tat eine Reihe von in der Literatur nachzulesenen Fakten. KNOLLE (1981a, 1981b) setzt auf Erdbebenfernwirkungen auf den norddeutschen Raum, die erstmals im Jahre 1755 mit dem 60.000 Tote fordernden Erdbeben von Lissabon beobachtet worden sind. Ein Jahr später ließ in Einbeck ein einminütiges Beben die Kirchenglocken anschlagen – wobei hier die Frage offenbleiben muß, ob dies ausgereicht hat, einen gewachsenen Stalagmiten zu „beeindrucken". Im Jahre 1767 gab es ein weiteres Beben mit Zentrum im Weserbergland/Westfalen. Das Mitteldeutsche Beben von 1872 hinterließ in Bad Gandersheim zentimeterbreite Risse im Kirchenmauerwerk. Auch werden für die Erdbeben-Hypothese die deutschen Vertreter der mitteleuropäischen Hauptstörungszone, der Mittelmeer-Mjösen-Zone, in Gestalt hessischer und südhannoverscher Gräben ins Feld geführt. In dieser tektonisch sensiblen Zone hat es im Pleistozän mit Höhepunkt in der Holstein-Warmzeit in der Tat tektonische Aktivitäten gegeben, die sich auch bis in den Süntel durchgepaust haben könnten. Und schließlich sind große Ähnlichkeiten von Sinterbrucherscheinungen in Höhlen der Villacher Alpe (Österreich), verursacht durch Beben von 1348 und 1690, mit gefällten Sintern in Norddeutschland erkannt

worden. SCHILLAT (1965) sieht es als erwiesen an, daß die gefällten Sinter in der Langenfelder Höhle (Süntel) durch Erdbeben erfolgten und HENNE (1972) versucht sogar, die notwendige Mindeststärke eines für einen Sinterversturz verantwortlichen Bebens zu ermitteln.

KEMPE (1989) bietet in der Erklärung von Sinterschädigungen eine Alternative zur Erdbeben-Hypothese. Er mißt der Möglichkeit, daß die Schäden durch Höhleneis und Permafrost hervorgerufen sein könnten, großes Gewicht bei. Denn immerhin hat es während des Pleistozäns zwischen 10 und 20 Eiszeiten gegeben. Die Zerstörung der Sinter vieler Sintergenerationen erfolgte damit während zahlreicher Glazialphasen durch Bewegung, Ausdehnung und Druck des Eises. Alle vermeintlich durch Erdbeben verursachten Zerstörungsformen könnten ebenso und viel plausibler durch die Wirkung des Eises erklärt werden. Die von KNOLLE (1981b) nachgewiesenen „jungen Beben" kann es nach KEMPE nicht gegeben haben, da keiner der in der Winterberghöhle (Harz) datierten Sinterschäden holozänes Alter ergab – bei gleichzeitig vorkommenden ungestörten holozänen Sintern. Auch die von SCHILLAT (1965) dargelegten Sinterfällungen ließen sich ebenso auf lokalgeologische Umstände zurückführen.

Beide, Erdbeben-Hypothese und Höhleneis/Permafrost-Hypothese, werden weiter bestehen bleiben. Doch ist es wirklich einfacher und wesentlich plausibler, die Sinterschäden durch Höhleneis und Permafrost zu erklären. Hierzu gesellen sich, sicherlich untergeordnet, auch noch andere mögliche Zerstörungsursachen wie Zerbrechen durch Eigengewicht, fluviatile Erosion und Steinschlag.

#### 4.3.2.2 Höhlensedimente

Höhlenlehm besteht aus tonigen bis feinsandigen Lehmen. Im allgemeinen handelt es sich um Verwitterungsrückstände des Kalks. Doch hat BÖGLI (1963) nachgewiesen, daß auch Humusteilchen und selbst Kalke noch zu einem mitunter beträchtlichen Anteil im Höhlenlehm enthalten sein können. Der Höhlenlehm ist nicht an Ort und Stelle entstanden sondern mehrfach durch Wasser transportiert und umgelagert worden.

Blockwerk entsteht durch Abbrechen größerer Gesteinspartien von der Höhlenwand und vor allem von der Höhlendecke – oft könnte man die herabgefallenen Felsblöcke wieder in die Höhlendecke einpassen. Manche dieser Blöcke sind derart markant, daß sie mit einem Namen gewürdigt worden sind wie z. B. der „Sargdeckel" in der Döhrhöhle im Selter, und man darf nur hoffen, daß kein Höhlenforscher drunter liegt ... Ein Höhlengang kann vor allen Dingen im Bereich sich kreuzender Klüfte verstürzen und damit abrupt enden. Ein aktuelles Beispiel hierfür ist das von den hier aktiven Höhlenforschern nicht ohne weiteres zu akzeptierende Ende von Teil I der Riesenberghöhle.

Verfüllungen mit Sedimenten zahlreicher kleinerer Hohlräume sind im Steinbruch Segelhorst (Süntel) in unmittelbarem Kontakt mit der Fossilschicht zu sehen. Karsthohlräume stehen mit Klüften in Verbindung, in die von der jeweiligen Erosionsoberfläche das spätere Füllmaterial gespült worden ist. Nach KAISER (1979) stammen die vorkommenden Sandsteingerölle aus dem darüberliegenden Unteren Kimmeridge. Im Zuge der Erweiterung und Vertiefung der Klüfte wird das Material immer tiefer in den Korallenoolith hinunterverfrachtet bis es an der mergeligen wasserstauenden Fossilschicht unter der Hauptoolithbasis verbleibt (ZIHRUL 1985). ZIHRUL konnte in den Hohlräumen Gesteinsschotter bis zu 20 cm Größe (Kalkoolithe, Kalkmikrite, Sandsteine und Kalksandsteine) sowie bohnengroße Eisenerzgerölle ausmachen. Das vom Verf. aufgenommene Sedimentmaterial (Abb. 8) in einem während der Steinbruchaktivitäten angeschnittenen und restlos verfüllten Höhlengang (heute nicht mehr zugängig) liefert das gleiche Ergebnis. Doch werden die vorkommenden Quarzgerölle nur bis 5 cm groß und zeigen sich in Größen von 1–5 cm gut sortiert. Im Bereich der Höhlensohle sind die Schotter mit Bohnerzen durchsetzt. Lokal kommt es zu starken Bohnerzanreicherungen, wobei hier die meisten Quarzgerölle braun bis schwarze Überzüge aus Eisen- und Manganoxiden aufweisen, als Ausscheidungsprodukte der Bakterien Leptothrix ochraea (TRIMMEL 1968).

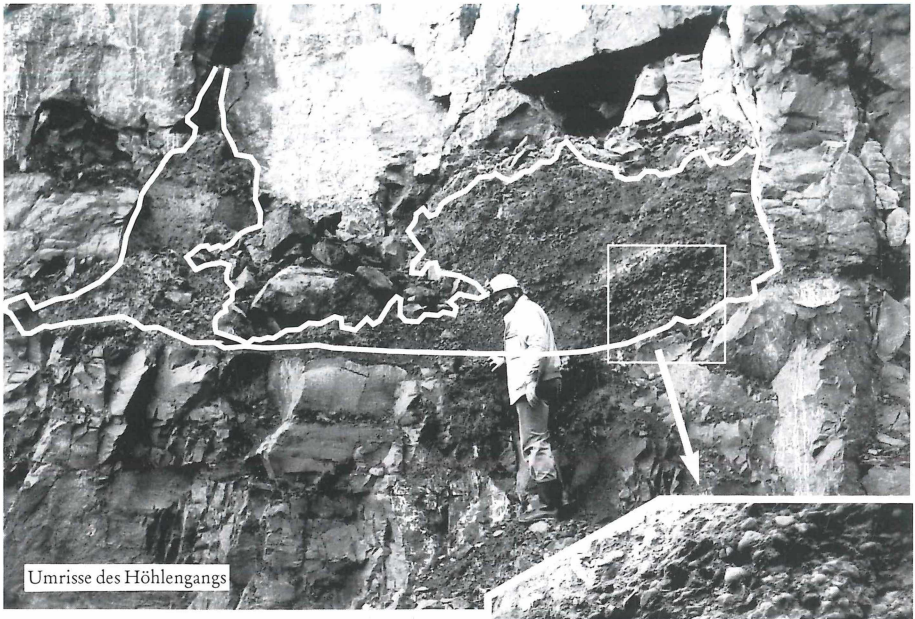
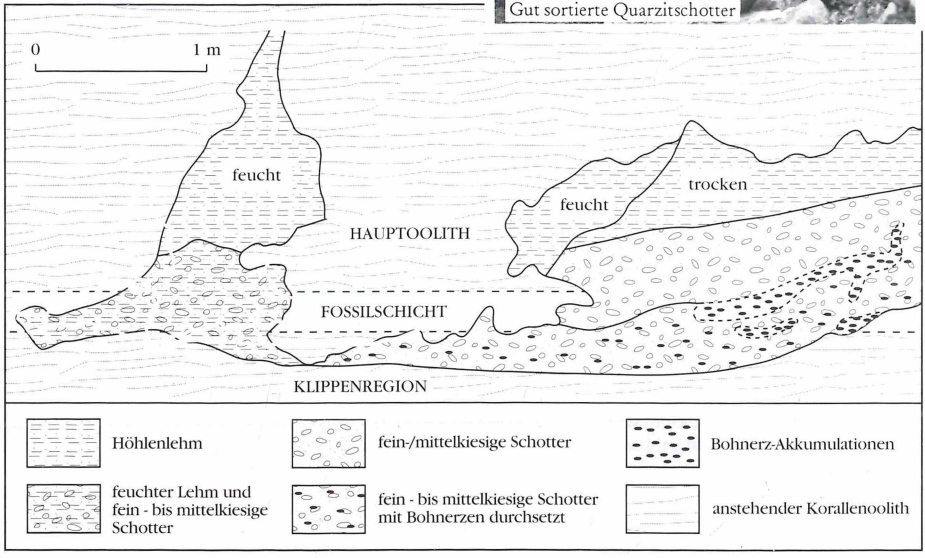






Abb. 8: Sedimentverfüllter Höhlengang im zentralen Riesenberg

Sedimentbeschaffenheit



Bohnerze sind rundliche, oft längliche Konkretionen aus Limonit („Brauneisenerz"), der meist aus dem Eisenhydroxid Goethit, weniger aus Lepidokrokit besteht und in oolithischen Kalken oft in knollen- und bohnenförmigen Massen oder in Klumpen vorkommt. Bohnerze treten auch zusammen mit Ton und Lehm als Spaltenfüllung auf und ähneln in ihrer konzentrischen Struktur den Oolithen, sind aber größer und sind konkretionär in Taschen von Kalken entstanden. SCHILLAT (1969b) hat in der Langenfelder Höhle (Süntel) gegraben und ist auf Quarzitgerölle mit schwarzglänzender Mn- und Fe-Oxidschicht sowie auf Bohnerzkonglomerate gestoßen. Seiner Ansicht nach sind die Bohnerze autochthon in schlammigem Milieu durch Eisenbakterien entstanden. Unter periglazialen Bedingungen sind Sande durch Fallwinde in die bestehenden Klüfte eingeweht worden und haben über eine Sandsuspension mit einem kalkigen Bindemittel eine Sandsteinschicht auf dem Höhlensediment entstehen lassen. Die Quarzite enthaltende hell- bis dunkelgraue Matrix ist mit braun-schwarzen 3–30 mm großen Bohnerzen durchsetzt. Diese Schicht wurde schließlich durch fluviatile Erosion aufgebrochen und zu Geröllen weiterverarbeitet.

Nun stellt sich abschließend zu diesem Thema die Frage: Warum beschäftigt sich der geologisch-mineralogisch vorgebildete Höhlenforscher so sehr mit diesen Bohnerzen? Nicht nur, daß Bohnerze aufgrund des hohen Eisengehalts an vielen Stellen sogar industriell genutzt wurden (BÖHME & SCHULZ 1986), vielmehr stellen Bohnerze/Bohnerzkonglomerate den Leithorizont für die Schichtfugenhöhlen am Riesenberg dar. In Zukunft sollen weitere Untersuchungen an diesen und anderen Höhlensedimenten durchgeführt werden, um der Antwort auf die Frage nach Alter und Entwicklung der Höhlen des Riesenberg-Höhlensystems etwas näher zu kommen.

Damit ist der eher allgemeine Teil, der zum Verständnis der Gesamtsituation beitragen soll, abgeschlossen. Im folgenden, reichhaltig illustrierten Teil geht es nunmehr um die Höhlen selbst. Einen Überblick der Höhlen, nach Ganglängen geordnet, gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Höhlenübersicht (Einteilung nach Ganglänge)

| | Großhöhlen (> 500 m) | Mittelhöhlen (50–500 m) | Kleinhöhlen (10–50 m) | Kleinsthöhlen (< 10 m) |
|---|---|---|---|---|
| Wesergebirge | – | 2 | 8 | 10 |
| Süntel | 1 | 5 | 6 | 3 |

## 4.4 Höhlen des Wesergebirges

Die bedeutenden Höhlen des Wesergebirges liegen, beginnt man im Westen, am Messingsberg und Oberberg, zwischen der Paschen- und der Schaumburg sowie am Amelungsberg. Es handelt sich hierbei ausschließlich um tektonische Höhlen, also um Klufthöhlen, die durch einleitendes Bergzerreißen und nachfolgende, „höhlenbildende" Bergsturz- und Bergrutschkräfte entstanden sind.

Nochmals die geologische Situation: harte, massige Schichten des Korallenooliths und der weniger harten Heersumer Schichten sitzen den nachgiebigen, weichen und nach Wasseraufnahme aufgequollenen, rutschigen Ornatentonen des Doggers auf, reißen entlang sich auftuender Klüfte ab und sinken bei gleichzeitigem Kippen gegen den Berg in die weiche Masse ein. Es bilden sich oben geschlossene und nach unten breiter werdende Hohlräume, es entstehen Klufthöhlen. Einen guten Überblick der bergbewegenden Kräfte aus ingenieurgeologischer

Sicht wird in KRAUTER (1990) gegeben. Die Höhlen zeichnen sich durch einen über weite Strekken einheitlichen Verlauf aus; sie streichen in der klassischen herzynischen Richtung (WNW–ESE).

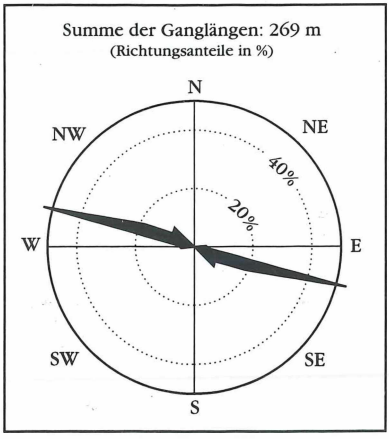



Abb. 9: Gangrichtungen der Höhlen im Wesergebirge

Um die Richtungen der Gänge von Höhlen oder Höhengruppen graphisch darstellen und miteinander vergleichen zu können, wurden sogenannte Richtungsrosen erstellt. Dies ist für alle angesprochenen Wesergebirgs- und Süntelhöhlen durchgeführt worden. Die Richtungsrose der Höhlen im Wesergebirge spricht eine klare Sprache, denn 75 % aller vorkommenden Gangrichtungen liegen zwischen 110 und 120 Grad (Abb. 9).

Ein Wort zur Technik der Erstellung derartiger Richtungsrosen (vergl. WALLBRECHER 1986): In Form zirkularer Histogramme werden nicht nur alle vorkommenden Gangrichtungen anteilig erfaßt, sondern es fließen zur Steigerung der Aussagekraft einer Richtungsrose auch die summierten Ganglängen einer Richtungsklasse in die Graphik ein. Die Richtungsan teile werden in % angegeben bei einem subjektiv zu wählenden Klassenintervall, das hier auf 10 Grad vereinheitlicht worden ist; die Darstellung der Richtungsklasse erfolgt durch deren Klassenmitten.

### 4.4.1 Höhlen am Messingsberg und am Oberberg

Bis vor kurzem war am Messingsberg bei Rinteln nur die schon kurz nach der Jahrhundertwende begangene Fledermaushöhle bekannt (Abb. 6). Diese Höhle verläuft in herzynischer Richtung, ist rund 30 m tief und wurde in jüngster Zeit aus Sicherheitsgründen verschlossen. Erst Anfang 1996 konnten junge Höhlenforscher aus dem Hildesheimer Raum noch weitere Klufthöhlen entdecken und erforschen (DORSTEN & MEYER 1996).

Am Oberberg gibt es abseits des Wanderpfades zwei annähernd schichtkammparallel verlaufende Klufthöhlen, die Wilhelminahöhle und das Fuchsloch. Beide Höhlen sind entlang von Abrißklüften entstanden. Die Wilhelminahöhle wurde schon im regionalgeologischen Standardwerk von HAMM (1938) als Musterbeispiel für die Entstehung von „Spaltenhöhlen" am Schichtkamm des Wesergebirges aufgeführt: „Nach regenreichen Zeiten geben die durchweichten tieferen Schichten unter dem Gewichte der überlagernden Kalke nach. Randlich entstehen dadurch Sprünge, die einzelne Pfeiler aus dem Verbande lösen. Die Pfeiler können nun talwärts kippend ihren Fußhang mit mächtigen Felstrümmern überstreuen. Häufig sacken sie aber nur ein wenig ab in Anlehnung an die stehengebliebene Masse. Dabei bilden sich Randspaltenhöhlen, die am Ith, Selter, Süntel und Wesergebirge häufig zu beobachten sind."

### 4.4.2 Höhlen zwischen der Paschenburg und der Schaumburg

Unterhalb der Paschenburg hat sich, wiederum bedingt durch bergbewegende Kräfte am Schichtstufenhang des Wesergebirges, ein rund 15 Meter breiter Graben aufgetan, der zumindest in der älteren Literatur auch einen Namen hat: Wolfsschlucht. Jeweils südlich des nördlichen und des südlichen Grabenabbruchs liegen grabenparallel mehrere Klufthöhlen, die z. T. Schachtcharakter haben und deswegen mit „loch" enden. Abb. 10 zeigt einen geologischen

Schnitt durch diese Region. Die Schichten fallen mit 10° ein. In Tabelle 2 ist die Legende der vorkommenden geologischen Schichten mitsamt stratigraphischer Bezeichnungen und der jeweiligen Gesteinsausbildung für die Abbildungen 10–12 festgehalten.

Im Zwergenloch können sich, von den Räumlichkeiten her gesehen, in der Tat eigentlich nur Zwerge bewegen; und wenn man in der Paschenburghöhle unmittelbar unter dem Wirtshaus Paschenburg weit genug in diese vordringt, so kann man das Klappern des Geschirrs vernehmen, als wäre es im Raum nebenan. Das Männekenloch ist kein Loch, sondern eher eine Durchgangshöhle. Und das sog. Verbruchloch ist nicht nur für Höhlenforscher aufgrund seiner unglaublichen Enge eine Herausforderung; auch die archäologische Forschung in Person von Dr. Cosack (Institut für Denkmalpflege in Hannover) ist mit den Höhlenforschern dabei, steinzeitliche „Schätze" in Form einer menschlichen Schädelkappe, einer größeren Menge an Knochen und Keramikscherben auszugraben. Die Knochenfunde werden an der Universität Braunschweig eingehend untersucht. Nach einer ersten Einschätzung von Dr. Cosack sind die Funde zeitlich etwa Ende der Steinzeit (Neolithikum) einzuordnen. Doch läßt sich dies erst nach der $^{14}C$-Altersbestimmung des Fundmaterials mit Sicherheit sagen. Für die Höhlenforschung und besonders für die Archäologie bietet sich hier ein weites Arbeitsfeld – wir dürfen auf die kommenden Jahre gespannt sein.

Tabelle 2: Legende Stratigraphie / Gesteinsausbildung für die Abb. 10–12
(n. Geol. Karte 1:25.000, Bl. 2018 Kathrinhagen)

| Abt. | Abk. | Stratigraph. Bezeichnung | Gesteinsausbildung |
|---|---|---|---|
| MALM (Oberer Jura) | jw3γ | Oberer Kimmeridge | Mergel und Tone mit einzelnen Kalk- und Mergelkalkbänken |
| | jw3β | Mittlerer Kimmeridge | Feste Kalkbänke, Mergelkalke, Mergel und Tone in Wechsellagerung |
| | jw3α | Unterer Kimmeridge | Wechselfolge von Kalken, Mergelkalken, Mergeln, Tonen und Sandsteinen |
| | jw2 | Korallenoolith | Massige, oolithische Kalkbänke mit vereinzelten, schwachen Roteisensteinflözen |
| | jw1 | Heersumer Schichten | Dunkle Kalksandsteine in Wechsellagerung mit sandigen Mergeln und Tonen |
| DOGGER (Mittlerer Jura) | jb6–8 | Aspidoides-Schiefer<br>Macrocephalen-Schichten<br>Ornatentone | Dunkle, mergelige, zuweilen sandige Schiefertone mit z. T. größeren Kalkknollen |
| | jb5 | Cornbrash | Eisenschüssige Kalksandsteine in massigen Bänken mit einzelnen tonigen Zwischenlagen |
| | jb4 | Württembergicus Sch. | Dunkle, sandig-mergelige Schiefertone mit einzelnen, tonigen Kalksandsteinbänken |
| | jb1–3 | Parkinsoni-Schichten<br>Subfurcatus-Schichten<br>Coronaten-Schichten<br>Polyplocus-Schichten<br>Opalinus-Schichten | Dunkle Schiefertone, im oberen Teil mergelig-sandig, mit Toneisensteingeoden |

### 4.4.3 Höhlen am Amelungsberg

Den Höhlen am Amelungsberg ist bis heute wenig Beachtung geschenkt worden. In der Tat sind die Klein- und Kleinsthöhlen wenig attraktiv, handelt es sich doch ausnahmslos um tektonische, meist enge Höhlen ohne nennenswerte Sinterbildungen; keine der Höhlen erreicht eine Gesamtlänge von 50 m. Und doch ist die geologisch-geomorphologische Situation am Amelungsberg für das Entstehen von Kluft- und Schachthöhlen in der östlichen Wesergebirgsregion einzigartig. So hat sich der freistehende Amelungsberg im Übergangsbereich zum Süntel bereits vom Wesergebirgskamm gelöst. Der Amelungsberg ist an seiner Nord-Nordwest- und Nordostseite von abgerutschten Schuttmassen umgeben, während die Südseite davon völlig frei ist. Bei flachem nördlichen Schichteneinfallen um 5° beißen nach Süden und vor allen Dingen auch nach Norden Korallenoolith und Heersumer Schichten über weichen Ornatentonen des Doggers aus. Und damit ist das Bergzerreißen und die Bergsturzneigung am Nordhang des Amelungsberg am stärksten, denn hier addieren sich die Vektoren Auflast der harten Korallenoolithbänke und nordnordwestliches Schichteneinfallen (Abb. 10). Der augenscheinliche Beweis hierfür sind eine imposante „Schlucht" sowie die in Richtung auf den Schneegrund abgegangenen Schuttmassen aus Korallenoolith und Heersumer Schichten (s. Abb. 11). Beim ersten Besuch dieser „Schlucht" dachte der Verf. eher an einen in mittelalterlicher Zeit angelegten überdimensionierten Hohlweg denn an ein natürliches Phänomen. Die „Schlucht" ist ein Graben, streicht zwischen 75°–90°, hat eine Breite von 10 bis 25 m, ist bis 25 m tief und rund 800 m lang. Der nördliche Grabenrand wird im mittleren und westlichen Teil des Amelungsbergs von Schutt- und Bodenmassen überdeckt. Der Graben setzt genau dort ein, wo die Abdachung des Reliefs von NNE nach NNW, und damit in dieselbe Richtung umschwenkt, in die die geologischen Schichten einfallen. Er öffnet sich rasch auf seine volle Breite.

Folgende Faktoren haben zur Entwicklung des Grabens geführt:

- die Massen des Korallenooliths und der Heersumer Schichten
- die unterlagernden quellfähigen und als Gleitbahn wirkenden Ornatentone
- das Schichteneinfallen nach Norden / Nordnordwesten und
- die Nordexposition und Steilheit des Reliefs

Nun zur Frage, mit welcher Geschwindigkeit der Graben sich verbreitert. Es ist davon auszugehen, daß die heutigen Steilhänge maßgeblich während der Eiszeiten und in entscheidender Weise während der letzten Eiszeiten unter periglazialen Klimabedingungen geformt sind. Das bedeutet starke mechanische Verwitterung (Frostsprengung) auf Dauerfrostboden, die tiefer reicht als die Bodenbildung, die also das anstehende Gestein aufbereitet und damit für Abtragungsvorgänge zur Verfügung stellt. Die allsommerlich, großflächig gebildeten Auftauböden rutschten bereits bei geringster Neigung zu Tal. Durch die periodischen Auftau- und Umlagerungsvorgänge waren die Flüsse mit Gesteinsschutt überlastet, was zu ruckweiser, turbulenter Wasserführung und damit zu exzessiver Taleintiefung und -ausweitung führte (WOLDSTEDT & DUPHORN 1974). Schichtkämme sowie Schichtstufen wurden herauspräpariert und die Hänge generell versteilt. Angenommen, das Relief war seit der letzten Eiszeit steil genug, um das Bergzerreißen einsetzen zu lassen, so wird der Graben mit einer Geschwindigkeit von rund zwei Millimeter im Jahr breiter. Daß dies recht langsam ist, zeigt ein anderer Graben zum Vergleich (wenn auch aus völlig anderen „Beweggründen"): Der Zentralgraben auf dem Mittelatlantischen Rücken verbreitert sich um 1–2 cm pro Jahr, so zu beobachten auf dem immer größer werdenden Island, denn hier driften die nordamerikanische und die eurasische Platte im Nordatlantik auseinander.

Die Schacht- und Klufthöhlen liegen vorzugsweise am nördlichen Grabenabbruch und seinem anschließenden Randbereich. Die Höhlen zeichnen Schwächezonen bzw. Kluftmuster nach, welche durch die nach Norden und auch nach Süden wirkenden Bergrutsch- und Bergsturzkräfte entstanden sind und heute noch entstehen. Außer dem breiten Graben gibt es noch eine Reihe von begleitenden Kluftspalten, die ebenfalls z. T. (noch) nicht zugängige Klufthöhlen haben entstehen lassen. Die Silberkuhlen und die Kupferkuhle sind die größten Ame-

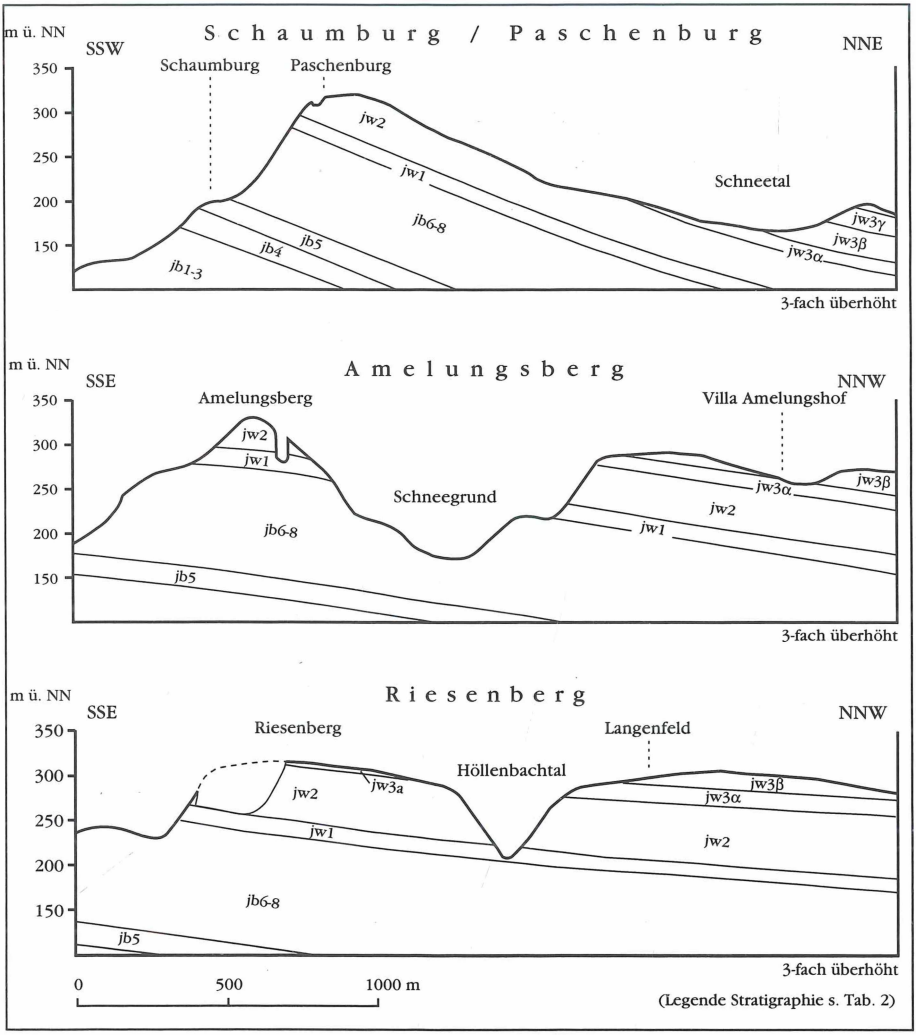



Abb. 10: Geologische Schnitte durch das Höhlenverbreitungsgebiet

lungsberg-Höhlen; und sie sind nicht an den Graben gebunden, was allein schon durch den völlig „unüblichen" Gangverlauf dieser Höhlen in SW-NE-Richtung dokumentiert ist. Ihr zum Teil in sich rechtwinklig abknickender Verlauf zeichnet zudem die regional vorherrschenden tektonischen Richtungen nach und erinnert an das Dogleg-Muster norddeutscher Salzstöcke. Da die Gangrichtungen der Höhlen am Amelungsberg völlig anders als die der Höhlen im übrigen Wesergebirge sind, kommen sie in den „Genuß" einer eigenen Richtungsrose. Die zeigt, daß 70 % aller vorkommenden Gangrichtungen zwischen 40 und 80 Grad, rund 20 % rechtwinklig hierzu, also um 150° und die restlichen in rheinischer Richtung verlaufen. Im Übergangsbereich vom Wesergebirge zum Süntel und im südwestlichen Randbereich des Süntels

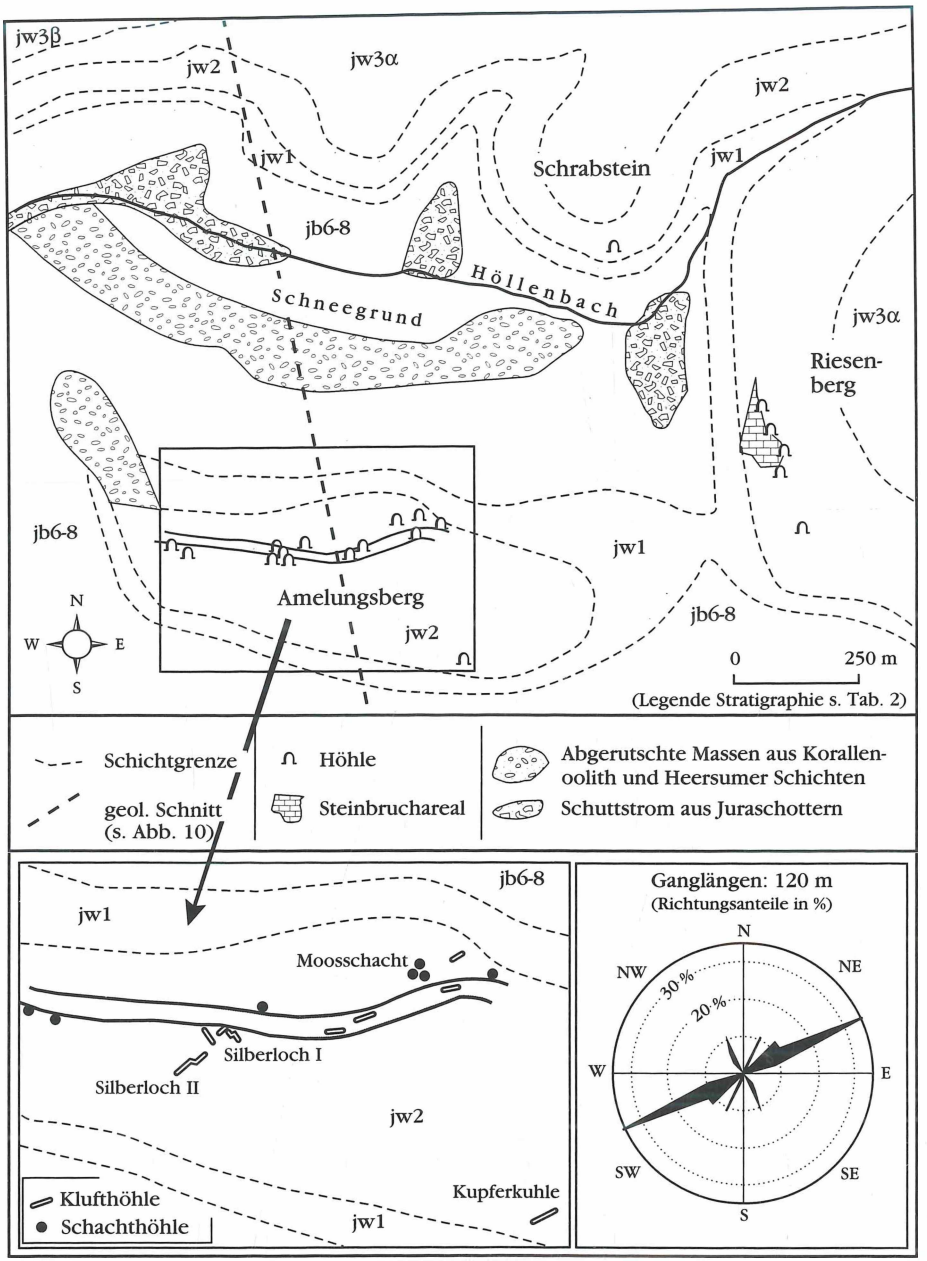



Abb. 11: Höhlen am Amelungsberg

gehen nicht nur die Gangrichtungen der größeren Amelungsberg-Höhlen auf die vorherrschende SW-NE gerichtete tektonische Richtung zurück. Auch die großen Täler wie das Höllenbachtal und Blutbachtal sind hier in dieser Richtung angelegt.

Es existieren noch mehr Spalten und Klüfte als die in der Karte dargestellten Schacht- und Klufthöhlen; doch wird mit einem Eintrag in das Höhlenkataster (s. Abschn. 7) nur der Hohlraum belohnt, der es wenigstens auf eine Gesamtlänge von 5 m bringt!

## 4.5 Höhlen und Dolinen des Süntels

Die Höhlen des Süntel liegen im südöstlichen und vor allem im südwestlichen Randbereich des Höhenzugs in den harten Kalksteinen des Korallenooliths, der hier eine durch Quer- und Längstäler zerschnittene Schichtstufe bildet. Abb. 12 zeigt die Karsterscheinungen des südwestlichen Süntels im Raum um Langenfeld. Die meisten Höhlen sind durch Steinbrucharbeiten entdeckt und damit überhaupt erst zugängig geworden – so auch die 1969 entdeckte einzige Großhöhle der Region, die Riesenberghöhle, die zu den schönsten Höhlen Norddeutschlands zählt. Hauptsächlich östlich von Langenfeld gibt es auch noch andere Karsterscheinungen in Form von Dolinen, die in mehreren Reihen angeordnet sind und verstürzte Höhlengänge an die Erdoberfläche projizieren.

### 4.5.1 Dolinen nördlich der Südwehe

Die „Dolinen nördlich der Südwehe" bilden ein Muster aus Dolinenketten, die über Hunderte von Metern durchhalten und die offensichtlich an NW–SE und W–E streichende Störungen gebunden sind (Abb. 12). Das Sickerwasser fand hier einen Weg und konnte so durch Lösung des Kalkgesteins Höhlenbildung und nachfolgenden Einsturz verursachen. Der Verlauf dieser verstürzten Höhlengänge paßt zu den Gangrichtungen der befahrbaren Höhlen am Riesenberg (Abb. 13 u. 16) mit den dominierenden Richtungen WNW–ESE (herzynisch), W–E und untergeordnet NNE–SSW (rheinisch). Zwei rheinisch streichende Dolinenzüge deuten möglicherweise auf bisher nicht aufgeschlossene Störungen hin. Eine in das nordwestliche Totental einmündende rund 200 m lange Dolinenreihe zeichnet eine herzynisch orientierte Schwächezone im Gestein nach. Dolinen auf den Feldern werden von den Bauern meist schnell wieder verfüllt, weil sie bei der Bearbeitung stören. Deshalb sind sie dort, selbst auf Luftbildern, nicht mehr auszumachen und stehen für das Erkennen eines gesamtheitlichen regionalen Dolinenmusters leider nicht zur Verfügung. Die Dolinen sind meist länglich oval, aber auch kreisrund geformt, zwischen 10 und 25 m lang und bis zu 5 m tief.

### 4.5.2 Riesenberg-Höhlensystem

Die Schichtfugenhöhlen des Riesenberg-Höhlensystems liegen bis auf wenige Ausnahmen in den Steinbrüchen des Riesenbergs. Der große Riesenbergsteinbruch (Werk Segelhorst) schließt eine rund 65 m mächtige Schichtfolge malmzeitlicher Gesteine auf (Abb. 14). In diesem Profil ist die wechselhafte Sedimentationsgeschichte eines schmalen und flachen Meeresarmes, der „Osnabrücker Straße", zwischen der Pompeckjschen Schwelle im Norden und dem Rheinischen Massiv im Süden in beispielhafter Weise erhalten. Der Steinbruch erschließt die Schichtfolge am Westrand der sog. „Süntelschwelle" (SCHÜLKE 1993). Die Schichten fallen mit rund 5° in nördliche Richtungen ein. Es wird die ungestörte Folge von rund 51 Meter mächtigen Kalksteinen des Korallenooliths auf drei Sohlen abgebaut. Die Gesteine des auflagernden Unteren Kimmeridge bilden Abraum. Der Kalkstein wird im Autobahn-, Straßen-, Wege- und Wasserbau eingesetzt. Er dient als Zuschlagstoff für bituminöses Mischgut, Beton- und Mörtelprodukte und wird in der Düngemittelindustrie verwendet (CASPARI 1992).

Zur Entstehung der Höhlen: Die Schichtfugenhöhlen des Riesenberg-Höhlensystems sind an die Fossilschicht gebunden. Nachdem die Oberflächenwässer durch den stark klüftigen Haupt-

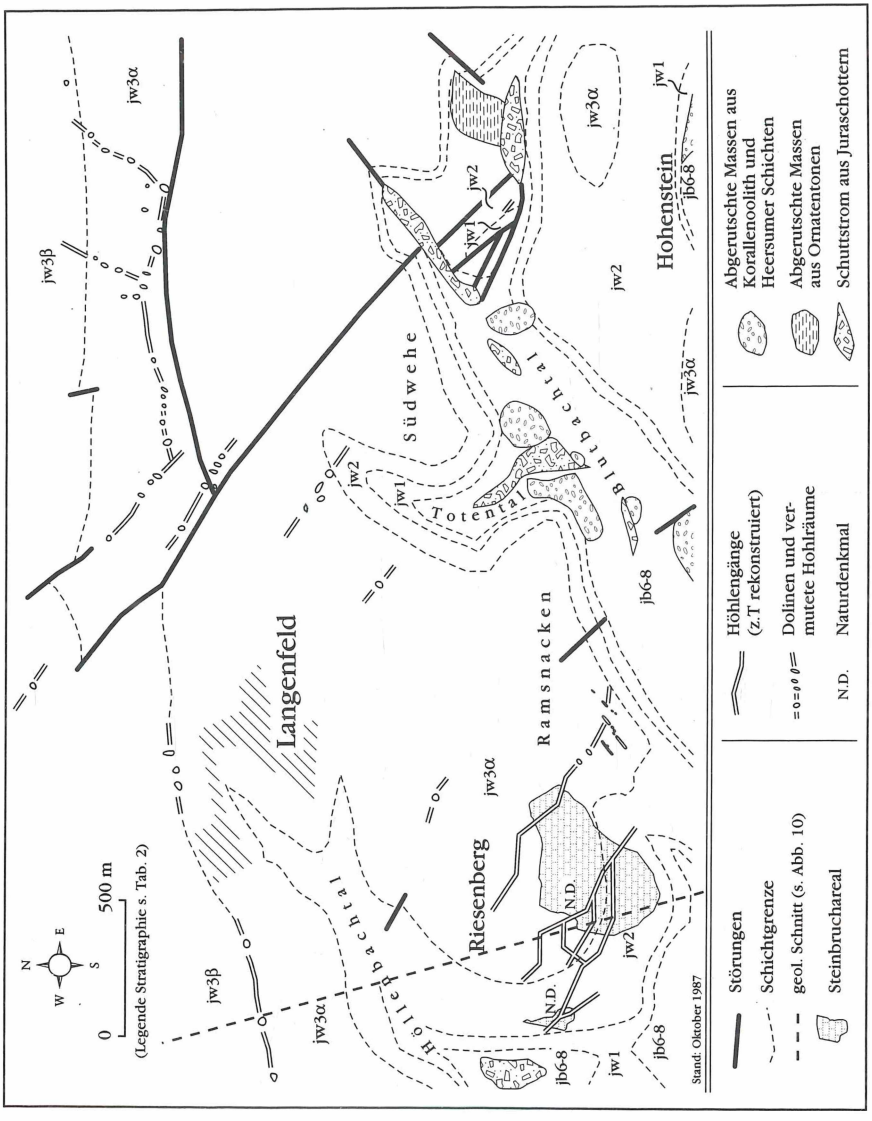



Abb. 12: Karsterscheinungen im Raum und Langenfeld

oolith bis zur Fossilschicht vorgedrungen waren, nahm die Höhlenentstehung ihren Anfang mit dem Ausräumen dieser mergelig-tonigen und fossilreichen Schicht und dem darunter liegenden frostsprengungsanfälligen oberen Teil der Klippenregion, der damit entscheidend zur Weiterentwicklung der Höhlen beigetragen hat. Nach Auskunft der Steinbruchleitung hat diese stratigraphische Einheit nur lokale Vorkommen, ist rund 4 m mächtig, nicht frostwiderständig und damit als Wasserbaustein ungeeignet. Vorzugsweise während der Eiszeiten sind die Kalkoolithbänke der oberen Klippenregion durch Frostsprengung in sich zerbrochen und während wärmerer Abschnitte durch fluviatile Prozesse ausgeräumt worden. Die Gesamtmächtigkeit dieser

beiden für die Entstehung der Höhlen verantwortlichen Schichten ist damit etwa 4,5 m – eine Raumhöhe, die beispielsweise in der Riesenberghöhle über weite Strecken erreicht und noch übertroffen wird. Geplante Grabungen bis zur Höhlensohle werden hierüber weitere Erkenntnisse bringen.

Mit Abb. 15 wird entgegen früherer Darstellung (SCHILLAT 1969b) der Nachweis erbracht, daß die heute vorkommenden Schichtfugenhöhlen am Riesenberg allesamt an die Fossilschicht gebunden sind und demnach nicht unterschiedlichen Höhlengenerationen angehören. Es werden die in sich weitgehend einheitlichen Höhlenniveaus und die geologischen Lagerungsverhältnisse der höhlenrelevanten Schichten graphisch aufbereitet: Die Graphik zeigt das Einfallen (ca. 5°) der mit der Höhlenbildung im Zusammenhang stehenden Schichten des Unteren Korallenooliths. Die Schichten fallen nach NNW ein. Die Höhlenruine liegt am südwestlichen Abhang des Riesenbergs an der Erdoberfläche. Sie hat von allen Höhlenobjekten die am weitesten südliche und mit 297 m ü. NN höchste Lage. Von einer sich hier vorzustellenden Nullinie werden in Richtung des Schichteinfallens die Distanzen bis zum Niveau der anderen Schichtfugenhöhlen gemessen und in die Graphik eingetragen. Ergebnis: Alle Niveaus der vorkommenden Schichtfugenhöhlen sind der Fossilschicht bzw. dem oberen Teil der Klippenregion und damit einem mehr oder weniger gleichzeitigen Entstehungsprozeß zuzuordnen.

Der überwiegend herzynische Gangverlauf der Schichtfugenhöhlen am Riesenberg bestätigt in beeindruckender Weise die bedeutendste tektonische Richtung des Süntels (Abb. 13). Die Höhlenhauptgänge streichen generell herzynisch, Nebengänge eher rheinisch. Somit orientiert sich die Höhlenbildung vorwiegend an „jungen" resp. reaktivierten Störungen aus der Zeit zwischen Oberkreide bis Ende Tertiär. Die alt angelegten rheinischen Elemente spielen eine nur untergeordnete Rolle. Einen Überblick des Riesenberg-Höhlensystems gibt Abb. 16. Teil II der Riesenberghöhle, die Schillathöhle und prinzipiell auch die Langenfelder Höhle zeigen ein Alternieren von NW–SE- und W–E-verlaufenden Gängen. Teil I der Riesenberghöhle streicht über weite Strecken SW–NE und fällt damit hinsichtlich des „ortsüblichen" Gangverlaufs aus dem Rahmen, außerdem ist er im Vergleich zu den anderen Höhlen ungewöhnlich naß. Ein bedeutender Nebengang, der Rose-Gang, streicht herzynisch und steht in Verbindung mit der H. Rose-Höhle weiter westsüdwestlich. Die Schillathöhle setzt sich nach SW unter den Dolinen auf dem Ramsnacken (s. u.) fort, welche sich nahtlos an den Verlauf der Höhle bzw. den bereits abgebauten Höhlenteil anfügen. Damit würde die Schillathöhle mit wenigstens 1.100 m Gesamtganglänge die größte Höhle des Süntels sein. Nimmt man die tatsächlich vorhandenen sowie alle rekonstruierten und wahrscheinlichen Gänge des Höhlensystems zusammen, so hat nach den bis heute vorliegenden Erkenntnissen das Riesenberg-Höhlensystem eine Gesamtlänge von 6.500 m.

Noch ein Wort zur bedeutendsten Höhle des Süntels, der Riesenberghöhle: Die Leitung des Steinbruchbetriebes, der die Erschließung dieser Höhle zu verdanken ist, hat nach deren Entdeckung im Jahre 1969 unverzüglich die Abbaurichtung geändert, um eine der schönsten Höhlen Norddeutschlands zu erhalten. Vom Land Niedersachsen wurde die Höhle unter Naturschutz gestellt. Denn die Riesenberghöhle birgt praktisch sämtliche bislang bekannt gewordenen Kalksinterformen in sich. Die Entdeckung der Riesenberghöhle erregte nach dem Bekanntwerden in der Fachwelt viel Aufsehen und wurde bereits von einer Reihe namhafter Wissenschaftler aus Europa und Übersee besucht.

Für den befahrenden Höhlenforscher zeigen sich die beiden Teile der Riesenberghöhle erst in den eingangsfernen Regionen von ihrer wahren Seite, hinterlassen beide für sich einen bleibenden Eindruck. Eine Befahrung von Teil I hinterläßt am Schuhwerk schmierige Höhlenlehmklumpen ungeahnten Ausmaßes, während die Märchenwelt aus allen nur erdenklichen Sintergebilden des Teil II eine unauslöschliche Erinnerung hinterläßt (Abb. 17 u. 18).

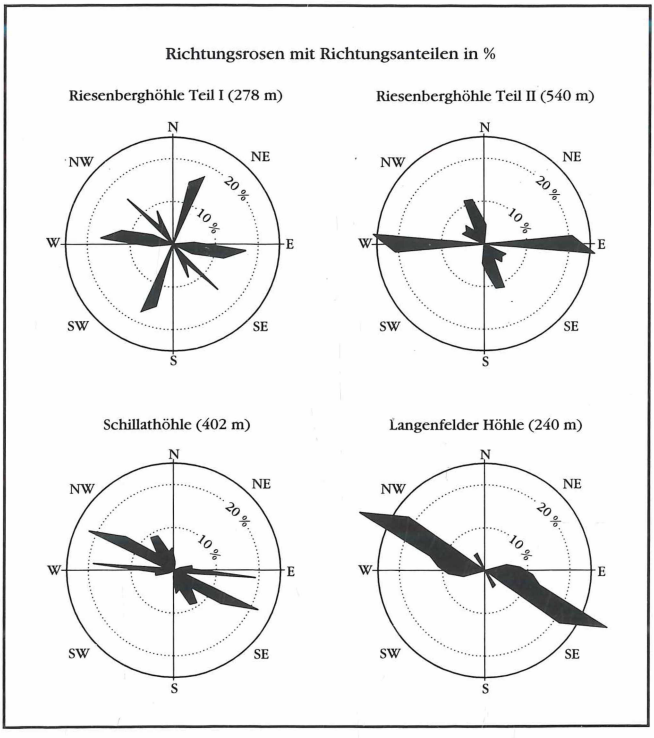



Abb. 13: Gangverlauf der Schichtfugenhöhlen am Riesenberg

### 4.5.3 Ramsnacken-Dolinen

Auf dem südlichen Ramsnacken, der im Abbaugebiet der SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG liegt, können wenigstens fünf parallel von SW nach NE verlaufende Dolinenzüge von jeweils 100 bis zu 200 m Länge verfolgt werden. Daß sich die Dolinen nur hier derart konzentrieren, ist zunächst nicht zu erklären. Doch die exakte kartographische Aufnahme jeder einzelnen Doline liefert folgendes Bild (Abb. 19): reiht man die am deutlichsten hervortretende Doline, die „Hauptdoline" (C, F, N und P) eines jeden Zuges aneinander, so sind diese einem Höhlenhauptgang zuzuordnen, der die Fortsetzung der Schillathöhle nach Südosten bedeutet (Abb. 12 u. 19). Genau diese und nur diese „Hauptdolinen" sind in der Geologischen Karte 1 : 25.000 Bl. 2018 Kathrinhagen (GRUPE 1933) ausgewiesen, was bereits vor der Vermessung der Dolinen eine Fortsetzung des Hauptgangs der Schillathöhle nahegelegt hatte. Dieser Höhlenteil ist in kurzen Abständen verstürzt – und zwar dort am heftigsten, wo der Hauptgang durch hangparallel zum Blutbachtal streichende Quergänge gekreuzt wird. Die Entstehung solch zahlreicher Quergänge wurde möglich durch die unmittelbare Nachbarschaft des gerade hier sehr steil abfallenden Hangs zum Blutbachtal. Das durch Bergzerreißen angelegte annähernd hangparallele Kluftsystem wurde durch nachdringende kalklösende Wässer rasch erweitert; der Haupthöhlengang brach in den entstandenen Schwächezonen zusammen, was sich an der nahegelegenen Erdoberfläche morphologisch in Form der „Hauptdolinen" widerspiegelt. Die zusammengefallenen Nebengänge lassen morphologisch weniger in Erscheinung tretende „Nebendolinen" und weite, flache Geländemulden zurück, wobei die Häufigkeit der „Nebendolinen" mit zunehmender Entfernung vom Steilrand des Blutbachtales abnimmt.

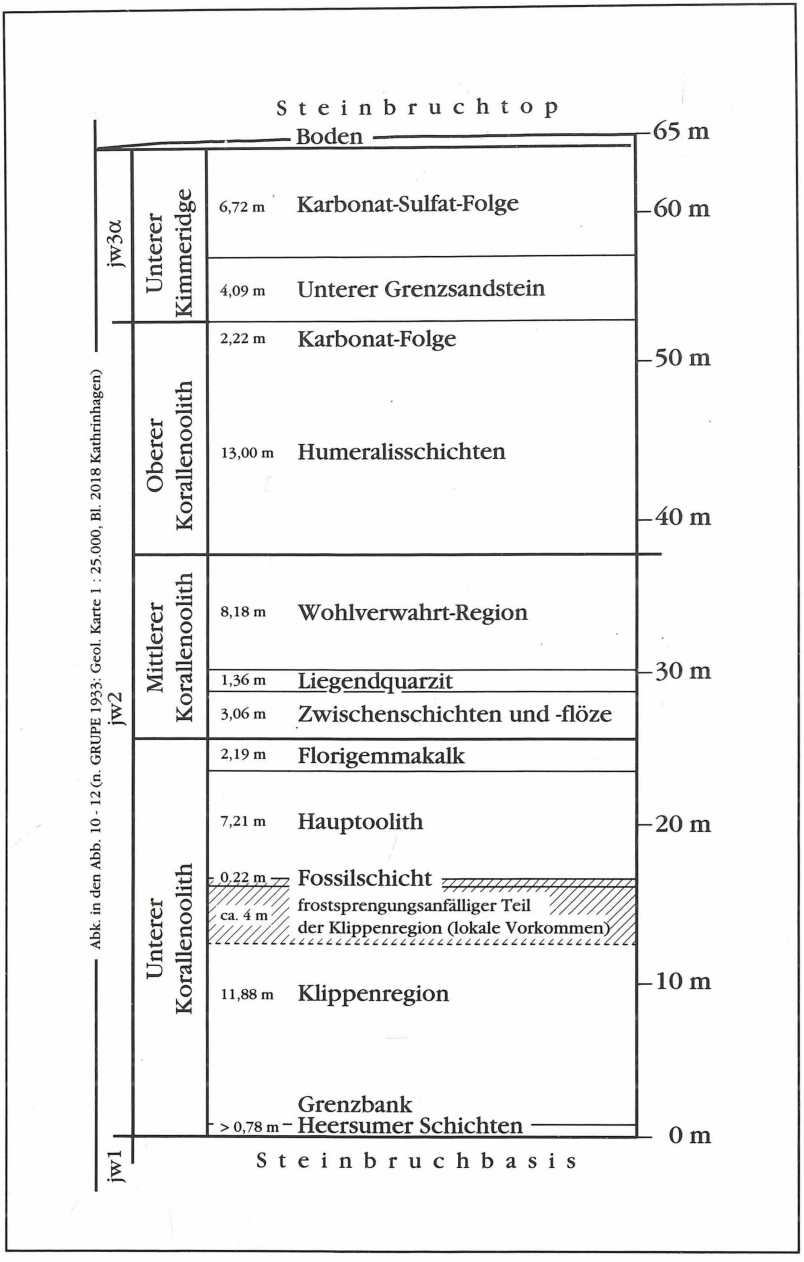



Abb. 14: Stratigraphisches Profil des Riesenbergsteinbruchs (n. ZIHRUL 1985, ergänzt)

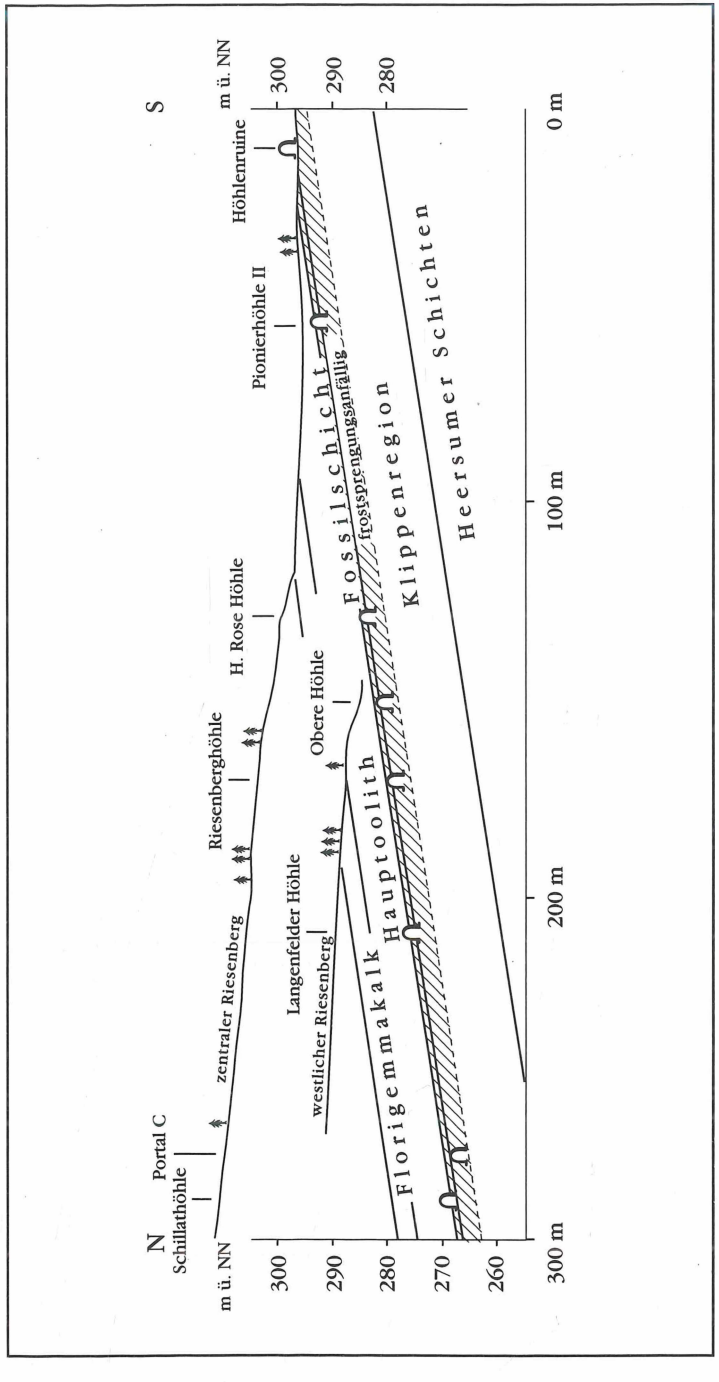



Abb. 15: Fossilschicht-gebundene Schichtfugenhöhlen am Riesenberg

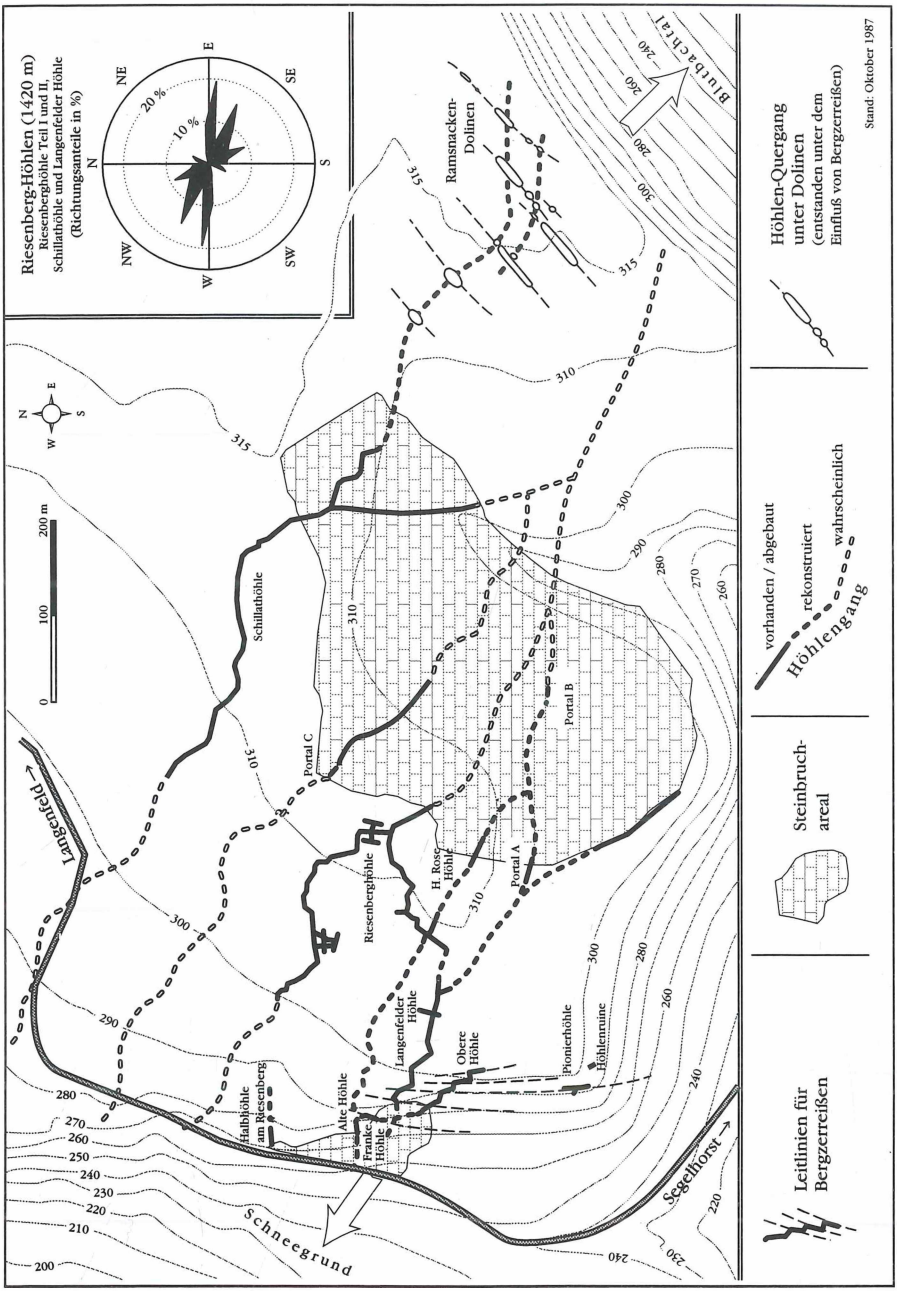



Abb. 16: Riesenberg-Höhlensystem



Abb. 17: Gralsburg
(Riesenberghöhle)



Abb. 18: Geistergang (Riesenberghöhle)

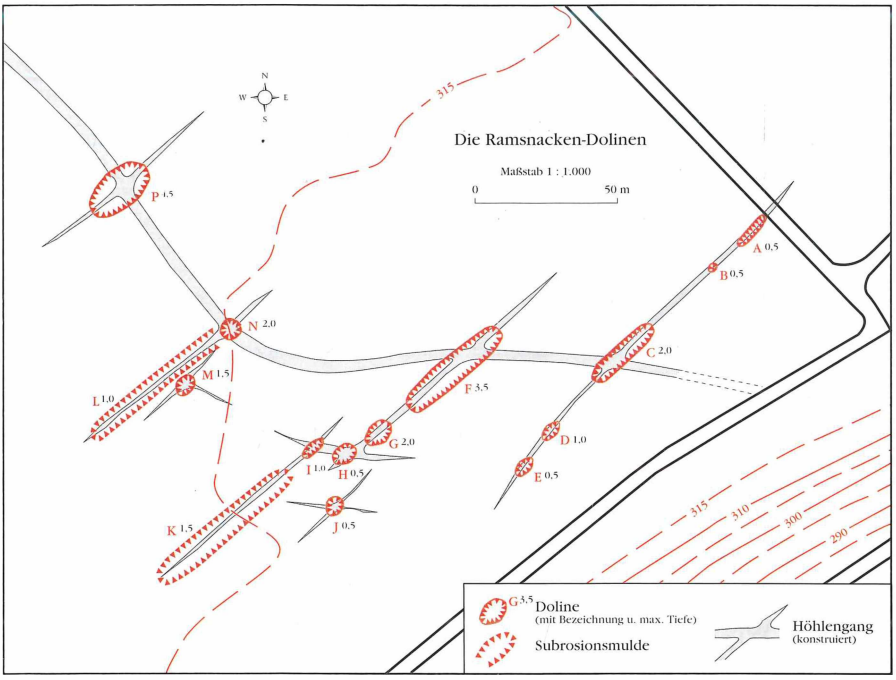



Abb. 19: Ramsnacken-Dolinen



Abb. 20: „Hauptdoline“ F

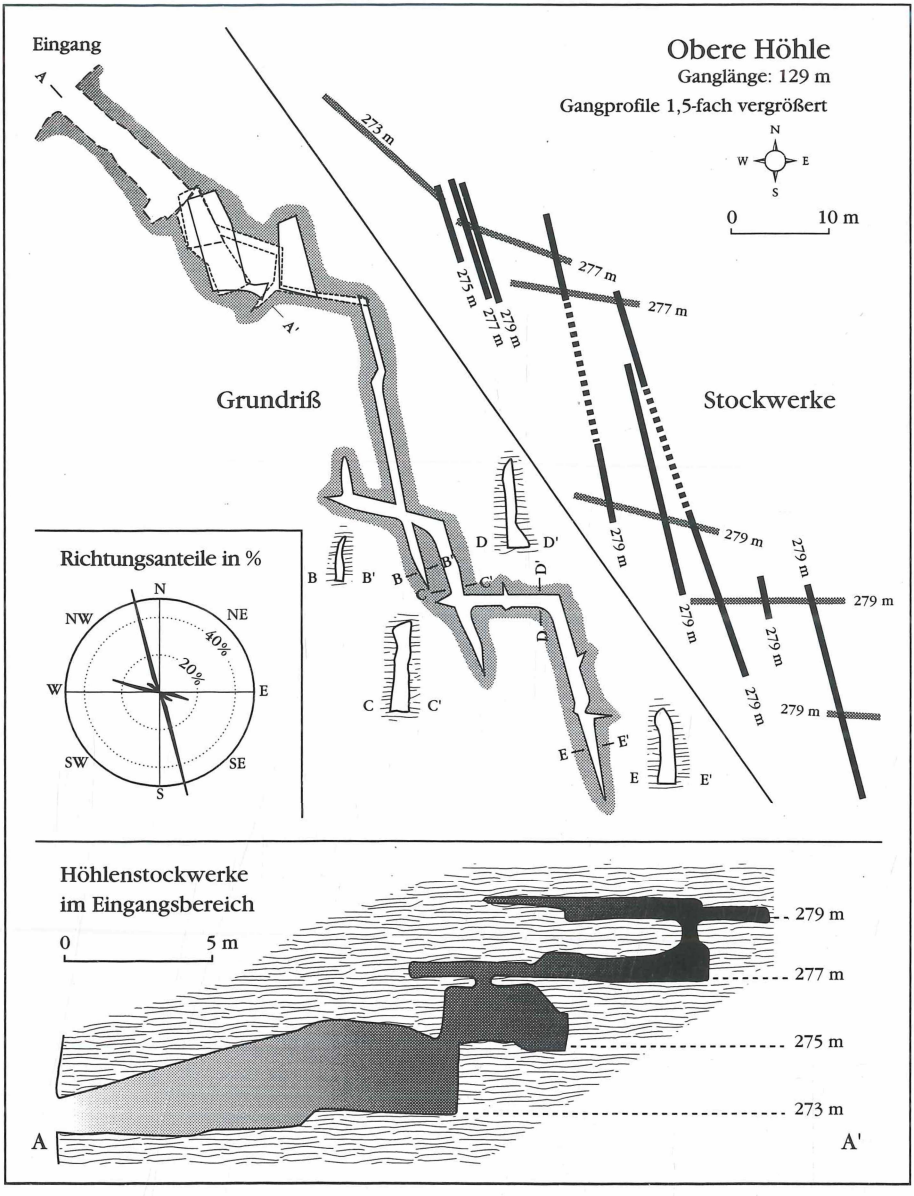



Abb. 21: Bergzerreißen am westlichen Riesenberg – am Beispiel der Oberen Höhle

### 4.5.4 Höhlen am westlichen Riesenberg

Nicht nur auf dem südlichen Ramsnacken zum steil abfallenden Blutbachtal hin herrscht Neigung zum Bergzerreißen. Auch am Westrand des Riesenbergs (Abb. 16), der steil zum Schneegrund abfällt, äußert sich verstärkt diese Tendenz durch den Charakter der hier vorkommenden Höhlen, die eigentlich „von Haus aus" Schichtfugenhöhlen sein sollten. Auch hier liegt die regionalgeologische Standardsituation für Bergzerreißen vor: Ausbeißende Schichten des Korallenooliths und der Heersumer Schichten über Ornatentonen des Doggers. Die derzeit drittlängste Höhle des Süntels, die Langenfelder Höhle, zeigt im Eingangsbereich erhöhte Versturzneigung und „knieförmigen" Gangverlauf mit wiederholtem Einschwenken auf N–S streichende Zerrspalten. Der Eingangsbereich der Langenfelder Höhle liegt im kleinen aufgelassenen Steinbruch an der Straße von Langenfeld nach Segelhorst („Alter Steinbruch"), nur wenige Zehnermeter entfernt vom in den Schneegrund abfallenden Hang des Riesenbergs und neigt hier, bedingt durch hangparallele Zerrspalten, zu Verstürzen. Weiter ins Höhlen – sprich Berginnere nehmen die Höhlenräume zunehmend stabileren und ungestörten Charakter an.

Die Alte Höhle und die Franke Höhle liegen ebenfalls im Steinbruch, jedoch etliche Meter unter der Fossilschicht. Sie sind damit nicht an diese gebunden und in ihrer Anlage als Kluftfugenhöhle mit nachfolgender reicher Versinterung und mit Einsetzen der Bergkräfte zunehmend als tektonische Höhle zu verstehen. Ähnliches ist von der weiter südlich gelegenen Pionierhöhle zu vermelden: Hier haben sich die Gangrichtungen auf die parallel zum Hang sprich zum Ausbiß des Korallenooliths streichenden Zerrspalten eingeregelt. Und obwohl die vorhandenen Bohnerze die gleichzeitige Bindung an die Fossilschicht und damit Schichtfugenhöhlencharakter bekunden, sieht sie eher aus wie eine Klufthöhle.

Ein besonders lohnendes Beispiel für eine durch Bergzerreißen stark übergeprägte Schichtfugenhöhle bietet die benachbarte Obere Höhle, die im Sommer 1954 von Karl Franke entdeckt und erst Anfang 1983 bis zu ihrer heutigen Gesamtausdehnung von einsatzfreudigen Höhlenforschern der Höhlengruppe Nord e. V. erforscht werden konnte. Diese Höhle ist einerseits an das Fossilschichtniveau gebunden, auf der anderen Seite hat sie mit ihren bis zu 6 m hohen und recht engen Höhlengängen den Charakter einer Klufthöhle. Auf insgesamt vier verschiedenen Niveaus breitet sich ein Gitter hangparalleler, d. h. NNW–SSE orientierter, und herzynischer Kluftgänge aus. Das bergeinwärts vorkommende 279 m-Niveau ist das lokale Fossilschichtniveau (Abb. 21).

Im Eingangsbereich der Höhle liegen die tiefer gelegenen Niveaus auf 277 m, 275 m und 273 m. Bereits auf Fossilschichtniveau setzt vom „Berginnern" her das weiter nach Westen voll zum Tragen kommende Bergzerreißen ein und hat dabei NNW-streichende Leitlinien für die Entwicklung der Höhle vorgegeben. Miteinander verbunden sind diese schichtenausbißparallelen Höhlengänge über herzynisch streichende Gänge. Diese wiederum werden im westlichen äußeren Höhlenteil auch vom Bergzerreißphänomen erfaßt, indem sie zum Ausgang hin immer mehr auf einen Verlauf parallel zum Schichtenausbiß einschwenken.

## LITERATUR

AMPFERER, O. (1939): Über einige Formen der Bergzerreißung. – Sitzg. Ber. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Klasse, **148,** Wien.

BÖGLI, A. (1963): Der Höhlenlehm. – Akten III **2,** 21–23.

BÖGLI, A. (1969): Neue Anschauungen über die Rolle von Schichtfugen und Klüften in der karsthydrographischen Entwicklung. – Geol. Rdsch., **58,** 2, 395–408.

BÖHME, G. und R. SCHULZ (1986): Spaltenfüllungen mit Bohnerzen im Muschelkalk bei Sondershausen. – Fundgrube, **22,** 4, Berlin.

CASPARI, B. (1992): Geologie des Weserberglandes unter Berücksichtigung unserer Steinbrüche. – SSS Info, SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG, Rinteln.

DORSTEN, I. & S. MEYER (1996): Der Messingsberg bei Steinbergen und seine Klufthöhlen. – Höhlenbefahrungsberichte. Unveröffentl. Druck.

FRANKE, H. W. und M. A. GEYH (1970): Isotopenphysikalische Analysenergebnisse von Kalksinter – Überblick zum Stand ihrer Deutbarkeit. – Die Höhle, **21,** 1, 1–9, Wien.

GEYH, M. A. (1983): Physikalisch und chemische Datierungsmethoden in der Quartärforschung. – Clausthaler Tektonische Hefte **19**.

GEYH, M. A. und B. SCHILLAT (1966): Messungen der Kohlenisotopenhäufigkeit von Kalksintern der Langenfelder Höhle. – Der Aufschluß, **17,** S. 315-323, Göttingen.

GÖBEL, F. & F. REINBOTH (1972): Excentriques, eine wenig bekannte Form des Calcites. – Der Aufschluß, **23,** 113–124.

GRUPE, O. (1933): Geolog. Karte von Preußen – Erläuterungen zu Blatt Kathrinhagen Nr. 2018. – Hrsg.: Preußische Geologische Landesanstalt, Berlin.

HAMM, F. (1938): – Einführung in Niedersachsens Erdgeschichte. – August Lax Verlagsbuchhandlung, Hildesheim und Leipzig.

HENNE, P. (1972): Zur Meßbarkeit von Vorzeit-Erdbeben in Karsthöhlen. – Aufschluß, **23,** 407–409.

HENNINGSEN, D. (1979): Geologie der Bundesrepublik Deutschland. – Ferd. Enke Verlag, Stuttgart.

KAISER, C. (1978): Geologische Kartierung im Gebiet des Hohensteins (Süntel), unter besonderer Berücksichtigung der Oberjura-Stratigraphie. – Diplomarbeit vorgelegt beim Fachbereich Geowissenschaften an der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster/Westfalen.

KAISER, C. (1979): Einführung in die Geologie des Naturschutzgebietes Hohenstein. – Hrsg.: Niedersächsische Landesforstverwaltung, Staatl. Forstamt Oldendorf, Hessisch Oldendorf.

KEMPE, S., Hrsg. (1982): HB Bildatlas Spezial 4: Höhlen in Deutschland, Hamburg.

KEMPE, S. (1989): Sinterschäden: Verursacht durch Permafrost oder Erdbeben. – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforsch, **35,** 1/2, 87-90.

KNOLLE, F. (1981a): Erdbeben im Harzgebiet. – Unser Harz, Ztschr. des Harzklubs e.V., **29,** 2.

KNOLLE, F. (1981b): Nachweis junger Erdbeben im Westharz durch Beobachtungen an Höhlensintern des Winterberges bei Bad Grund (TK 25: 4127 Niedersachsen). – Karst und Höhle 1981, 35–47.

KRAUTER, E. (1990): Phänomenologie natürlicher Böschungen, in: U. Smoltczyk (Hrsg. u. Schriftl.): Grundbau-Taschenbuch, Teil 1. – Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin.

NUSSBAUM, F. (1956/1957): Dreißig Jahre Beobachtungen über Erdrutsche, Fels- und Bergstürze in der Schweiz. In: Revue par L'étude des calamités, Geneve, **16,** 36–46.

PLÖGER, S. & H.-J. LIEBEHENZ (1986): Steinbruch bei Rohden – Mineralien im Korallenoolith des Wesergebirges. – Aufschluß, **37,** 263–274.

SCHILLAT, B. (1965): Nachweis von Erdbeben in Höhlen. – Der Aufschluß, **16,** 6, 133–136.

SCHILLAT, B. (1969a): Erscheinungsformen von gebrochenem Sinter. – V. Intern. Kongr. Speläologie Stuttgart, Abh. 2: 33/1–33/12.

SCHILLAT, B. (1969b): Quarzite rubble and bean-ore conglomerate: A key horizon in cave sediments. – Caves and Karst, **11,** 2, 9–16.

SCHILLAT, B. (1976): Aufzeichnungen langfristiger, tektonischer Wellenbewegungen in den Wachstumsachsen von Tropfsteinen. – Abh. z. Karst- u. Höhlenkunde, Reihe A, **14**.

SCHÜLKE, I. (1993): Die Oxford-Schichtfolge im Steinbruch Riesenberg (NW' Hameln). – Arbeitskreis Paläontologie Hannover, **21,** 3, 38–48.

SCHULZE, K.-H. (1975): Mikrofazielle, geochemische und technologische Eigenschaften von Gesteinen der Oberen Heersumer Schichten und des Korallenoolith (Mittleres Oberes Oxfordium NW-Deutschlands) zwischen Weser und Leine. – Geol. Jb., Reihe D, **11.**

SEEDORF, H. H. & H.-H. MEYER (1992): Landeskunde Niedersachsen. - Karl Wachholtz Verlag, Neumünster.

TRIMMEL, H. (1968): Höhlenkunde. – F. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

WALLBRECHER, E. (1986): Tektonische und gefügeanalytische Arbeitsweisen. Graphische, rechnerische und statistische Verfahren. – Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

WOLDSTEDT, P. & K. DUPHORN (1974): Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. – K. F. Koehler Verlag, Stuttgart.

ZIHRUL, B. (1985): Feinstratigraphische Profilaufnahme im Steinbruch Segelhorst / bei Hessisch Oldendorf – Wesergebirge – Süntel und Kartierung der Dogger- und Malmeinheiten im Raume Hessisch Oldendorf – Segelhorst – Zersen – Barksen – Langenfeld und Südhagen. – Diplomarbeit und Diplomkartierung, Math.-Naturwiss. Fakultät der TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld.

**Luftbilder** (auf 1 : 5.000 vergrößert)

Stadthagen 87 (2389), 11 / 0234, 0251, 0254 und 12 / 0276, 0287

**Deutsche Grundkarte** 1 : 5.000 (DGK5)

DGK5 3721/24 Langenfeld-West
DGK5 3721/25 Langenfeld-Ost
DGK5 3722/25 Dachtelfeld
DGK5 3821/4 Amelungsberg
DGK5 3821/5 Hohenstein

**Topographische Karte** 1 : 25.000 (TK25)

3721 Auetal
3722 Lauenau
3821 Hessisch Oldendorf
3822 Hameln

**Geologische Karte** 1 : 25.000

2017 Bückeburg (alte Blattnumerierung; entspricht 3720 Bückeburg)
2018 Kathrinhagen (alte Blattnumerierung; entspricht 3721 Auetal)

**Geologische Karte** 1 : 100.000 (1987) – Quartär und Tertiär abgedeckt, Herausgegeben vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

# 5. SINTERWACHSTUM AM BEISPIEL EINES AKTIVEN STALAGMITEN AUS DER RIESENBERGHÖHLE (von PETER WILLE)

Die Faszination, die Höhlen auf den Menschen ausüben, liegt in der überirdischen Schönheit der unterirdischen Glitzerwelt der Kalzite. So stammen die Namen für besonders auffällige Sintererscheinungen aus der Welt der Märchen und der Phantasie – genannt seien einige Beispiele aus der Riesenberghöhle im Süntel: „König Laurins Garten", „Gralsburg", „Geistergang" oder „Haifischrachen". Man sieht die von unten nach oben wachsenden Stalagmiten oder makkaroniähnliche und auch größere an der Decke hängende Gebilde, die schnellwachsenden Stalaktiten (GEYH 1983). Spitze Formen an den Wänden, die Excentriques, wachsen scheinbar gegen die Gesetze der Schwerkraft in alle Richtungen (GÖBEL & REINBOTH 1972). Durchscheinende Gardinen und Vorhänge aus Sinter, mit dem Knöchel angeschlagen, lassen Urklänge ertönen – zusammen mit periodisch tropfenden aktiven Stalagmiten, welche sich dann und wann alle gleichzeitig entladen, um wieder klanglich auseinander zu diffundieren – eine unvergleichliche Höhlensymphonie. Diese Märchenwelt ist eine langsam gewachsene. An einem Stalagmiten der Riesenberghöhle soll versucht werden, einer Antwort auf die Frage nach der Wachstumsgeschwindigkeit von Sintern ein Stück näherzukommen. Mit dem Wachstum von Sintern bzw. dessen Alter haben sich bisher neben anderen PIELSTICKER (1970), BÖGLI (1978) DREYBRODT (1979), DREYBRODT & FRANKE (1987), FRANKE (1979), FRANKE & GEYH (1970), GEYH (1983) und HENNIG (1982) beschäftigt.

## 5.1 Meßablauf und Ergebnisse

Am 9. Juli 1977 konnte ein für die beabsichtigten Wachstumsmessungen geeigneter Stalagmit gefunden werden. Der 50 cm lange, weiße und klare Stalagmit stand so weit vom Eingang entfernt, daß Messungen nicht durch Wettereinflüsse hätten beeinträchtigt werden können. Der Stalagmit war zerbrochen und wurde unter seiner ursprünglichen aktiven Tropfstelle, die eine Fallhöhe von ca. 185 cm aufwies, wieder aufgestellt. Ein Stück der Spitze wurde abgesägt, nur so groß, daß mit einer genauen Milligrammwaage das im Laufe der Jahre durch Kalkabscheidungen stetig größer werdende Gewicht bestimmt werden konnte. Das abgesägte Stück wog 281,620 Gramm und wurde unter der Tropfstelle wieder aufgesetzt. Der bei den Sägearbeiten entstandene Spalt zwischen Kappe und Stumpf mußte mit einem zwischengeklemmten Steinchen ausgeglichen werden. Am 8. Oktober 1977 wurde die Tropfenfolgezeit mit 70 Sekunden gemessen. Knapp ein Jahr später am 30. September 1978 wurde die Stalagmitenkappe abgenommen und der Stumpf mit einer Plastikhülle geschützt. Am nächsten Tage konnte die Kappe mit einer kleinen elektronischen Waage (Mettler PC440) gewogen und damit ein erster Wachstumswert ermittelt werden: in 448 Tagen hatte die Tropfsteinspitze um 0,606 Gramm zugelegt. Doch wie wirkt sich der Spalt mit dem zwischengeklemmten Steinchen auf die gesamte Kalkabscheidung aus? Stellt er nicht eine Fehlergröße dar als zusätzlicher Aufnahmeraum für Kalkabscheidungen an der Unterseite der abgesägten Kappe? Zur Lösung dieses Problems mußte die Unterseite der Kappe glatt abgesägt und geschliffen werden. Um auch das Wachstum des Stalagmiten unterhalb der Kappe erfassen zu können, wurde ein weiteres mit der Milligrammwaage bestimmbares Stück vom oberen abgebrochenen Stumpf wiederum glatt abgesägt und geschliffen. Weil nun ein erheblicher Teil des Materials fehlte, paßten die Stalagmitenteile mit ihren irregulären Umfangslinien nicht genau aufeinander (Abb. 22).

Mitte März 1979 wurden Kappe und Stumpf genau gewogen und an der Tropfstelle wiederaufgesetzt. Das Gewicht der Kappe war natürlich sehr viel kleiner geworden und der Stumpf war dafür neu hinzugekommen. Die Kappe wog 248 g und der Stumpf 240 g. Die Gewichte der in bestimmten zeitlichen Abständen abgenommenen Stalagmitenteile wurden gewogen und nach einem Tag wieder aufgesetzt. Nach jeder Abnahme wurden die Stalagmitenteile aus der Höhle genommen und immer wieder gewogen, um den Einfluß der Trocknung zu bestimmen.

Der Fehler war gering, wurde aber dennoch berücksichtigt. Im Jahre 1980 wurden die Aufsetzflächen mit Antihaftmittel besprüht, um eventuelle Kalkablagerungen besser abwischen zu können. Es war später kein Gewichtsverlust der Stalagmitenteile durch das Abwischen zu messen.

Inzwischen hatte Wolfgang Dreybrodt (DREYBRODT & FRANKE 1987) eine Wachstumstheorie für Stalagmiten aufgestellt (Abb. 23). Dafür wurden die Mengen und die mittleren Kalkgehalte des Tropfwassers, das während der gesamten Wachstumsperiode auf den Stalagmiten gefallen war, benötigt. Die Methode, nach der das Tropfwasser aufgefangen wurde, wird noch beschrieben. Die Kalkgehalte wurden in den gesammelten Tropfwässern sowie dem Wasser vor dem Auftropfen gemessen. Die Werte waren 200 mg Ca/l, 100 mg $Ca^{2+}$/l, und 69 mg Ca/l und 72 mg $Ca^{2+}$/l Wasser. Die beiden letzten Werte waren Kalkgehalte im Spritzwasser; das ist das Wasser nach dem Auftropfen, die höheren Werte fanden sich in dem Wasser vor dem Auftropfen. Sollten schon meßbare Kalkmengen beim Aufprall ausgeschieden werden oder handelt es sich um ein Abscheiden von Kalk an den Wandungen des Spritzwasserauffangapparats und somit um einen Artefakt? Da die theoretischen Wachstumswerte erst einmal nicht zu den gemessenen paßten, wurde die Forderung nach Bestimmung der Gesamtmenge des während der Wachstumsphase aufgetropften Wassers gestellt. Elektronische Tropfenzähler wurden verworfen – wegen der Probleme mit der elektrischen Versorgung. Abb. 24 zeigt das Prinzip der hier verwendeten Methode.

Ein geringer Teil des Tropfwassers gelangt durch das Spritzwasser in die Öffnungen und über das Rohr- und Schlauchsystem in die Auffangflaschen (ca. 0,7 %). Dieser Anteil muß jedesmal dann neu bestimmt werden, wenn Kappe und Stumpf zu Wägezwecken entfernt und wieder aufgesetzt wurden. Tropffrequenz und Tropfgröße müssen ebenfalls festgehalten werden, z. B. mit Stoppuhr und einem Meßbecher, in den eine bekannte Tropfenzahl gefallen ist. Insgesamt wurden vier Aluminiumrohre mit je einem Schlauch in insgesamt zwei Plastikflaschen mit kleiner Öffnung geleitet. Das Wasser in den Auffangflaschen wurde gewogen und zur Kalkbestimmung aufbewahrt. Der Fehler ist wegen der hohen Tropfenzahlen, sowohl bei den auftreffenden als auch bei den wegspritzenden Tropfen, klein: 1/Wurzel aus Zahl der Ereignisse; bei statistischen Ereignissen (3 % Fehler bei 1000 Ereignissen). Leider verringert sich die Tropfenzahl wieder beim Abrinnen durch Zusammenballen der kleineren Tröpfchen zu größeren Tropfen des Spritzwassers in den Sammelröhrchen. Der Anteil des aufgefangenen Wassers vom gesamten Auftropfwasser muß bei jeder neuen Geometrie gemessen werden. Diese ändert sich bei jedem neuen Aufsetzen und sogar beim Wachsen des Stalagmiten. Dieser Anteil änderte sich zwischen $5 \cdot 10^{-3}$ und $8 \cdot 10^{-3}$ g/Tropfen. Die Menge des aufgetropften Wassers läßt sich auch aus Tropfengröße und Tropffrequenz bestimmen. Dies wurde parallel immer mitverfolgt. Über die mittlere Tropffrequenz mußten fragwürdige Annahmen gemacht werden. Eigenartigerweise gab es Mitte 1989 einen Sprung in der Tropfengröße von $7 \cdot 10^{-2}$ auf $3 \cdot 10^{-3}$ g/Tropfen. Die Tropffrequenzen wurden mit einem Blatt Papier (als „Lautsprecher" und als Tropfmarkierungsstelle), das auf das Tropfenfanggestell gelegt wurde, gemessen. Dabei stellte sich, allerdings nur in einem einzigen Fall, heraus, daß sich zwei Tropfstellen gebildet hatten und zwar mit stark unterschiedlichen Frequenzen und deutlichem Versatz im Zentimeterbereich, so daß der Stalagmit an einer etwas anderen Stelle weitergewachsen wäre. In Abb. 25 sind die Resultate der Gewichtszunahme von Kappe und Stumpf, in Abb. 26 die Tropfwassermengen und die Tropffrequenzen aufgetragen. Bei gleichmäßiger Abscheidung würde sich eine jährliche Gewichtszunahme von 8 mg Kalk und pro $cm^2$ Kalkabscheidefläche bei Annahme einer Kalkdichte von 2,689 g/$cm^3$ (nach GAMS 1965) ein Längenwachstum von 3 mm pro Jahrhundert ergeben. GEYH & FRANKE (1970) haben aus $^{14}C$ Messungen ein Wachstum errechnet mit einer Vielzahl von Wachstumswerten zwischen 1 und 50 mm in 100 Jahren.

## 5.2 Vergleich der Meßresultate mit den errechneten Werten

Für hohe Tropffrequenzen geben DREYBRODT & FRANKE (1987) einen „stabilen" Durchmesser D von Stalagmiten an:

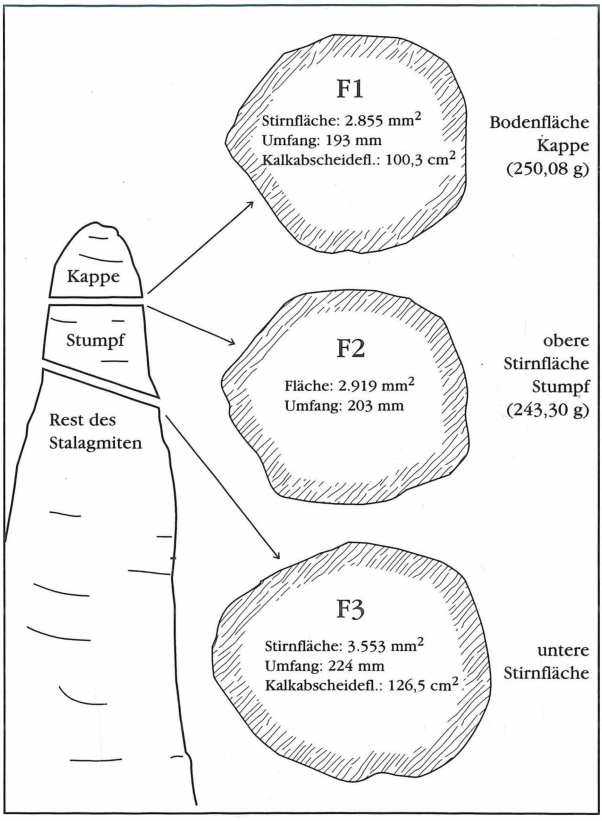



Abb. 22: Stalagmiten-Sägeflächen zur Berechnung der Kalkabscheideflächen

$D^2 = 4V/(a\pi T)$

dabei sind V = Tropfenmenge/g
1/T= Tropffrequenz (>0,01/s)
$a = 10^{-5}$ g/(cm² · s)

Für die gemessene geringe Tropfengröße von $3{,}16 \cdot 10^{-2}$ g und der Tropffrequenz von 1/81 Hertz ergibt sich ein Durchmesser von 7 cm. Bei der doppelten Tropfengröße und der doppelten Frequenz erhält man 14 cm Durchmesser. Dann würde unser Stalagmit noch kräftig zulegen. Bei gutem Willen läßt sich dies an den Meßergebnissen erkennen: stärkeres Stumpfwachstum, d. h. Ausbildung eines größeren Durchmessers bei der 1988 ermittelten Tropffrequenz gegenüber kleinerem Stumpfwachstum bei geringerer Tropffrequenz im Jahre 1987. Das gemessene Wachstum von Stalagmiten ist mit den errechneten Wachstumsraten zu vergleichen. Die bestimmenden Gleichungen benötigen Tropffrequenz, Kalkgehalt und Temperatur. Diese Größen wurden in der vorliegenden Arbeit ebenfalls bestimmt. Jedoch wurden pH-Wert des Tropfwassers sowie Kohlendioxidgehalt der Höhlenluft und des Tropfwassers nicht gemessen. Ein Vergleich der gemessenen mit den gerechneten Wachstumsraten zeigt auf den ersten Blick eine zu hohe theoretisch ermittelte Wachstumsrate. Die an den beiden Stalagmitenteilen, Kappe und Stumpf, gemessenen Massenzunahmen (Abb. 25) sind nur ein Teil der berechneten Abscheideraten (Abb. 23). Diese gehen von einem reinen Höhenwachstum aus, während die Messung am

aktiven Stalagmit auch eine Zunahme des Stumpfes zeigte; dies legen auch die Schnittflächen von Stalagmiten nahe. Notwendigerweise muß die Kalkabscheidung beim Abrinnen des Tropfwassers immer geringer werden.

Ausgehend von einer empirischen Form des Stalagmitenaufbaus, wie man sie an Längsschnitten von Stalagmiten des Deutschen Archivs für Sinterchronologie nachvollziehen kann, soll eine Kalkschichtenverteilung modellmäßig erfaßt werden. Am Beispiel eines Stalagmiten der Kerzengeneration aus der Riesenberghöhle wurde an zwei Schichten eine Dicke von 14 mm (Schicht 1) bzw. 3 mm (Schicht 2) und 3 cm tiefer eine Dicke von 2 mm (Schicht 1) bzw. 0,6 mm (Schicht 2) festgestellt. Das Schichtdickenverhältnis ist nach 3 cm Ablauflänge etwa 6. Der Einfachheit halber wurde folgende Form angenommen: Eine Halbkugel mit Radius 3 cm sitze auf einem Zylinder mit gleichem Radius. Das Dickenverhältnis zwischen Spitze und nach 3 cm sei 6. Die Dicke (Abscheidungsmenge $m_f$ pro $cm^2$/Dichte) folge einem exponentiellen Gesetz mit der an jedem Ort des Stalagmiten durchlaufenen Fläche f (= $2\pi rh$ für den Zylinder).

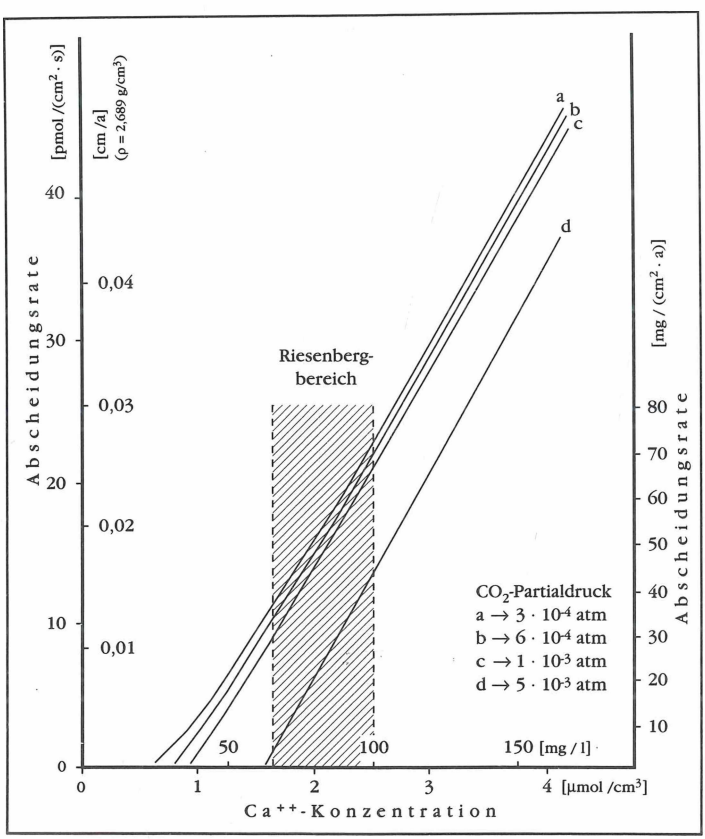



Abb. 23: Abscheidungsgeschwindigkeit einer übersättigten Kalklösung für verschiedene $CO_2$-Partialdrucke (nach DREYBRODT & FRANKE 1987)

$$m_f = m_0 \cdot e^{-\ln 2 \cdot f/F}$$

F ist die Fläche, nach der die abscheidbare Kalkmenge auf die Hälfte gesunken ist.

$$F = \ln 2/\ln 6 \cdot f_1 = 0{,}387 \cdot 2\pi rh = 22\ cm^2$$

Das Wachstum der Spitze erhält man aus der Kalkabscheidung $m_0$ bei der Fläche f = 0:

$$m_0 = m_1 \cdot f_1/\{F \cdot (1-e^{-\ln 2 \cdot f1/F})\}$$

$$m_0 = 400{,}2/\{22 \cdot 0{,}953\} = 19\ mg/a \cdot cm^2$$

Bei einer Dichte von 2,689 g/cm³ ergibt das ein Wachstum vom 7 mm in 100 Jahren. Man erhält die gesamte jährliche Kalkmenge aus dem Meßwert für die jährliche Tropfwassermenge und dem Kalkgehalt. Sie beträgt 30 l/a · 250 mg Kalk/l Wasser = 7500 mg Kalk/a auf den Tropfstein.

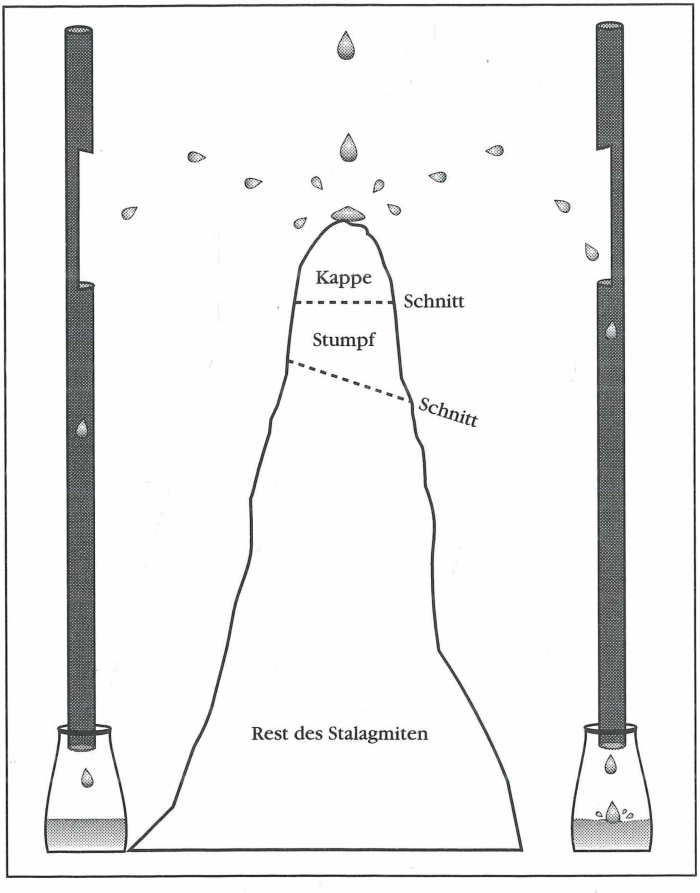



Abb. 24:
Meßsituation

Je nach $CO_2$-Gehalt und 30 l/a Tropfwassermenge entnimmt man aus Abb. 25 eine Ablagerung von 1100 mg/a bis 1900 mg/a (15 % bis 25 % des gesamten Kalks). Insgesamt wurden 400 mg für die Kappe und 470 mg für den Stumpf, zusammen also 870 mg Kalk, gemessen. Das sind 45 % bis 80 % (je nach $CO_2$-Gehalt) der abscheidefähigen Menge. Damit stehen die gemes-

senen Werte nicht mehr im Widerspruch zu den von DREYBRODT berechneten Werten für die Kalkabscheidung.

## 5.3 Diskussion der Ergebnisse und der experimentellen Vorgehensweise

Die Menge der Kalkabscheidung an den Berandungslinien der Aufsetzflächen müßte erfaßt werden, um mit der damit korrigierten Kalkabscheiderate ein besseres Wachstumsmodell erstellen zu können. Nach Möglichkeit sollte statt der bisher verwendeten Konstante F eine Funktion von der bereits „abgeronnenen" Abscheidefläche f in die Berechnungen eingehen. Auf der Basis der im Deutschen Archiv für Sinterchronologie vorhandenen zahlreichen Längsschnitte

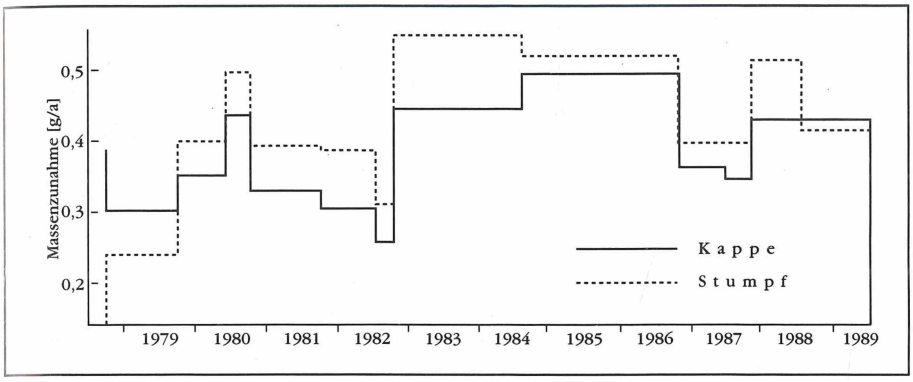



Abb. 25: Massenzunahme von Stalagmitenkappe und -stumpf 1978–1989

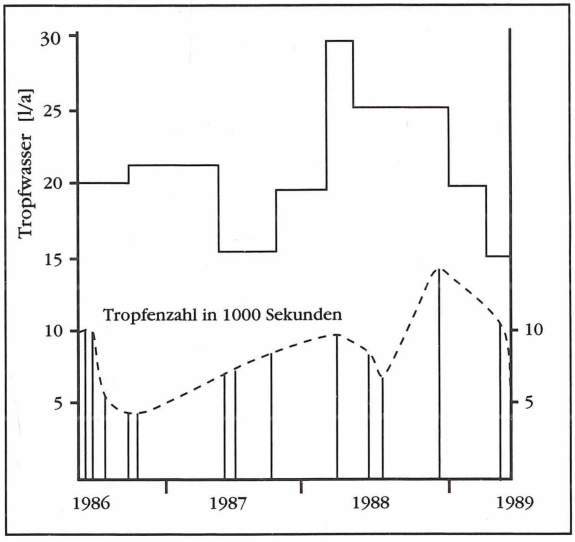



Abb. 26: Tropfwasserintensität und Tropfwasserfrequenz

von Stalagmiten könnte man sich aus den Schichtdickenänderungen ein genaueres Abscheidungsmodell erstellen (von BOGUSLAWSKI & SCHILLAT 1990). Die nun vorliegenden zwei Modelle müßten dann noch auf einen Nenner gebracht werden. Tropffrequenz und Tropfengröße sowie das Verhältnis von Spritzwasser- zu Auftropfwassermengen müßten präziser gemessen, sofort ausgewertet und mit der jeweiligen Vormessung verglichen werden, um bei erheblichen Diskrepanzen die Messung wiederholen zu können. Das Verhältnis Spritz/Tropfwasser sollte kurz vor dem Abnehmen der Stalagmitenteile und nach dem Aufsetzen gemessen werden, um der möglichen schwachen Geometrieveränderung während des Wachstums Rechnung tragen zu können. Die Bestimmung der Spritzwassermenge für die Verhältnisermittlung sollte durch Wägung direkt vor Ort erfolgen. Nach den gesammelten Erfahrungen sollte bei zukünftigen Messungen die Spritzwassermenge anders aufgefangen werden. Und zwar sollte eine abgewogene Löschpapiermenge in die seitlichen Öffnungen der Auffangrohre gesteckt werden und nach einer ausreichenden Tropfenfallmenge die Löschpapiere erneut gewogen werden. Das Löschpapier sollte verwahrt werden und müßte nach dem Trocknen erneut gewogen werden, um sicherzugehen, daß kein Löschpapier verlorengegangen ist. Es müßte darauf geachtet werden, daß das Löschpapier in der feuchten und kalten Höhlenatmosphäre sich bezüglich seiner Wasseraufnahme im stationären Gleichgewicht befindet. Das gewünschte oben angegebene Verhältnis läßt sich dann leicht errechnen. Um die Kalkkonzentration des Spritzwassers ordentlich bestimmen zu können, müßte das Rohrsystem jedesmal mit einer geeigneten Säure vom Kalk befreit werden, damit diese Menge bei der nachfolgenden Messung nicht verlorengeht. Um das alles verwirklichen zu können, muß eine batteriebetriebene Waage mit geeigneter Empfindlichkeit und Belastbarkeit eingesetzt werden.

## 5.4 Zusammenfassung

Über einen Zeitraum von 12 Jahren wurden die Gewichtszunahmen an einem abgebrochenen und in Kappe und Stumpf getrennten Stalagmitenoberteil gemessen. Neben der Erfassung der Tropffrequenz wurde eine Methode angewendet, diejenige Gesamtmenge des Tropfwassers zu bestimmen, die während der jeweiligen Wachstumsphase auf den Stalagmiten gefallen ist. Auch konnte die Forderung, den mittleren Tropfwassergehalt bestimmbar zu machen, erfüllt werden. Jahresabhängig wurden für Kappe und Stumpf von je ca. 250 g Gewicht jährliche Zunahmen zwischen 0,23 g und 0,5 g gemessen. Die gemessenen Gewichtszunahmen von Kappe und Stumpf waren jedoch nicht im Einklang mit den Vorstellungen über die Abscheiderate längs des Stalagmiten. So hatte der Stumpf eine fast doppelt so hohe Kalkabscheidung pro Fläche gegenüber der Kappe. Die Erklärung hierfür ist, daß die Nichtpassungen an den Aufsetzflächen zu erhöhter Kalkabscheidung führten. So mußte die Kalkabscheidung am Stumpf vorerst aus der Betrachtung herausgenommen werden. An Schnittbildern von Stalagmiten aus dem Deutschen Archiv für Sinterchronologie erkennt man, daß die Kalkablagerung an der Spitze, genauer gesagt, an waagerechten Flächen größer ist als an senkrechten Flächen. Sie sind winkelabhängig, was man auch als wasserfilmdickenabhängig auslegen kann. Die unter einigen plausiblen Annahmen auf Höhenwachstum gerechneten Werte aus den gemessenen Abscheideraten ergeben ein Wachstum von 7 mm in 100 Jahren. Die bisher von anderen Autoren mit der $^{14}C$-Methode gemessenen Längenzunahmen überdecken den weiten Bereich zwischen 1 bis 50 mm pro Jahrhundert.

## LITERATUR

BÖGLI, A. (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie. – Springer, Berlin.

BOGUSLAWSKI, S. VON & B. SCHILLAT (1990): Neues vom Deutschen Archiv für Sinterchronologie (DASC). – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforsch., **36,** 3/4, 49-52, München.

DREYBRODT, W. (1979): Ablagerungen von Kalzit aus dünnen Filmen natürlicher Kalklösungen und das Wachstum von Stalagmiten. – Akten des internationalen Symposiums zur Geschichte der Höhlenforschung, Wien 1984.

DREYBRODT, W. (1980): Deposition of calcite from thin films of natural calcareous solutions and the growth of speleothems. – Chem. Geology, **29,** 89–105.

DREYBRODT, W. & H. W. FRANKE (1987): Wachstumsgeschwindigkeiten und Durchmesser von Kerzenstalagmiten. – Die Höhle, **38,** 1, 1–6.

FRANKE, H. W. (1979): Ablagerungen von Kalzit aus dünnen Filmen natürlicher Kalklösungen und das Wachstum von Stalagmiten. – Akten des internationalen Symposiums zur Geschichte der Höhlenforschung, Wien 1984.

FRANKE, H. W. und M. A. GEYH (1970): Isotopenphysikalische Analysenergebnisse von Kalksinter – Überblick zum Stand ihrer Deutbarkeit. – Die Höhle, **21,** 1, 1–9, Wien.

GAMS, I. (1965): Versuch einer Klassifikation der Tropfsteinformen in der Grotte von Postojna. – Proc. 4th Int. Congr. on Speleology, Vol. 3, **117,** Llubljana 1968.

GEYH, M. A. (1983): Physikalisch und chemische Datierungsmethoden in der Quartärforschung. – Clausthaler Tektonische Hefte **19**.

GEYH, M. A. & H. W. FRANKE (1970): Zur Wachstumsgeschwindigkeit von Stalagmiten. – Atompraxis, **16,** 1.

GÖBEL, F. & F. REINBOTH (1972): Excentriques, eine wenig bekannte Form des Calcites. – Der Aufschluß, **23,** 113–124.

HENNIG, G. (1982): Sinterdatierung mittels Kernchemie – dem Alter des Tropfsteins auf der Spur. – In: Höhlen in Deutschland, HB Bildatlas Spezial, 69–75, Hamburg.

PIELSTICKER, K. H. (1970): Jahresschichten in Anschliffproben von Höhlensinter. – Aufschluß, **21,** 211.

SCHILLAT, B. (1981): Die Entwicklung des Deutschen Archivs für Sinterchronologie bis 1980. – Laichinger Höhlenfreund, **16,** 37–44.

## 6. DEUTSCHES ARCHIV FÜR SINTERCHRONOLOGIE (DASC) IN RINTELN

**(von STEFAN VON BOGUSLAWSKI und BODO SCHILLAT)**

### 6.1 Was ist das DASC?

Dieser Bericht soll dazu dienen, die Aufgabenstellung sowie die Ziele des Deutschen Archivs für Sinterchronologie (DASC) näher zu erläutern (s. a. SCHILLAT 1973, SCHILLAT 1981, VON BOGUSLAWSKI & SCHILLAT 1990). Das DASC gehört der Höhlengruppe Nord an. Oberstes Ziel ist es, für wissenschaftliche Untersuchungen relevantes Sintermaterial abzubergen, zu archivieren, aufzubereiten und für eigene oder andere Untersuchungen zur Verfügung zu stellen.

Selbstverständlich steht der Höhlenschutz und der damit verbundene Schutz des Tropfsteinschmucks einer jeden Höhle an oberster Stelle. Unsere Sinterproben stammen entweder aus zerstörten Höhlen, die durch Steinbruchbetrieb abgebaut worden sind, oder es handelt sich um abgebrochene Tropfsteine, die möglicherweise durch die Einwirkung von lange zurückliegenden Erdbeben oder aus anderen Gründen umgestürzt sind (SCHILLAT 1965, 1969 und 1970). Das DASC versteht sich auch als Ansprechpartner für alle nationalen und internationalen Stellen, die aus wissenschaftlichen Gründen an der Untersuchung von Sintermaterial, und hier besonders an Stalagmiten, interessiert sind.

## 6.2 Mögliche Untersuchungen an Sintermaterial

Doch welche Untersuchungen können zu welchem Zweck an Tropfsteinmaterial durchgeführt werden? Um diese Frage zu verdeutlichen, muß man sich zunächst einmal klarmachen, daß ein Tropfstein viele tausend Jahre alt ist, und während der Zeit seines Wachstums laufend ein Protokoll geführt hat. Bei Stalagmiten kann man viele tausend Jahre in die Vergangenheit zurückblicken und z. B. klimatische Veränderungen und geologische Ereignisse rekonstruieren (FRANKE 1966). Da die wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden auf diesem Gebiet keinesfalls ausgereift sind, und noch mit der Entwicklung gänzlich neuer Verfahren gerechnet werden kann, ist es zum derzeitigen Zeitpunkt kaum möglich, eine vollständige Aufstellung darüber zu geben, welche Informationen aus Tropfsteinen gewonnen werden können. Doch welche Untersuchungen können heute durchgeführt werden? Die wohl interessanteste, aber leider auch ziemlich aufwendige und teure Untersuchung, ist die Altersbestimmung. Es gibt im wesentlichen vier unterschiedliche Verfahren. Das wohl bekannteste ist die Radiokarbonmethode ($^{14}C$-Bestimmung) mit deren Hilfe Alter bis etwa 40.000 Jahre vor Heute festgestellt werden können.

Die drei anderen Verfahren, Uran/Thorium Verhältnis ($^{230}Th/^{234}U$), Thermolumineszens und Elektronenspinresonanz (ESR) decken den Bereich bis etwa 500.000 Jahren ab. Eine genaue Beschreibung dieser Methoden würde den Rahmen dieses allgemein gehaltenen Berichtes sprengen. Wer tiefer in dieses Thema einsteigen möchte, sei an die einschlägige Literatur hierzu verwiesen z. B.: HB Bildatlas Spezial „Höhlen in Deutschland" (KEMPE 1982). Eine weitere ähnlich aufwendige Methode bietet die Bestimmung der durchschnittlichen Jahrestemperatur vergangener Zeitalter durch die Bestimmung des Sauerstoff mit der Massenzahl 18. Da sich in einer Höhle immer die durchschnittliche Jahrestemperatur der Region einstellt, hat ein Tropfstein während seines Wachstums im Sommer und Winter die gleiche Temperatur erfahren. Diese ist durch den Anteil an Sauerstoff 18 in ihm gespeichert. Bestimmt man nun von einer bestimmten Stelle eines Tropfsteins das Alter und die damals herrschende Temperatur, so kann die ermittelte Temperatur einer Jahreszahl zugeordnet werden. Würden solche Untersuchungen in einem größeren Rahmen durchgeführt, ließen sich hieraus Temperaturprofile vergangener Jahrtausende von verschiedenen Kontinenten erstellen. Diese Untersuchungen sind im übrigen nicht etwa veraltet, sondern angesichts der aktuellen Klimaentwicklung auf der Erde mit ihrer bedrohlichen Erwärmung der Atmosphäre durch den Treibhauseffekt von großem Interesse.

Eine weitere, wesentlich einfachere Möglichkeit, den Stalagmiten ihre Geheimnisse zu entlocken, besteht in der Feststellung, ob, und wenn ja, wie stark ihre Wachstumsachse geknickt ist. Diese Untersuchung führen wir im DASC seit Jahren selbst durch. Zuerst werden die zu untersuchenden Stalagmiten der Länge nach mit einer Steinsäge durchgesägt. Damit die jetzt sichtbare Schichtung deutlicher hervortritt, wird eine der beiden Hälften mit Kunstharz beschichtet. Nach dessen Austrocknung kann mit der Auswertung begonnen werden. Hierbei sind folgende Überlegungen anzustellen. Normalerweise müßte ein Stalagmit im Laufe der Zeit senkrecht nach oben wachsen. Dies ist jedoch bei vielen nicht der Fall. Nach SCHILLAT (1976) sind hierfür in den allermeisten Fällen langfristige, tektonische Wellenbewegungen des die Höhle umgebenden Gesteins verantwortlich. Auch diese Untersuchung läßt sich mit einer Altersbestimmung verbinden, wodurch die Wellenbewegungen in ein zeitliches Raster gelegt werden könnten.

Eine ähnlich leicht durchführbare Untersuchung besteht darin, die Fallrichtung von umgestürzten Stalagmiten – bezogen auf die Nordrichtung – mit einem Kompaß oder Theodoliten auszumessen. Die Grundüberlegung hierzu ist folgende: Man kann davon ausgehen, daß Stalagmiten, welche in früher unzugänglichen Höhlen schon lange umgestürzt liegen – besonders wenn diese auch noch am Boden festgesintert sind – nicht von Menschenhand abgeschlagen wurden, sondern durch starke Erdbeben gefällt wurden. Ermittelt man nun von einer ausreichenden Anzahl Stalagmiten die Fallrichtung, die Richtung also von der Basis (Abbruchfläche) bis zur Kappe (Spitze), so lassen sich nach einer statistischen Überprüfung der Abweichungen zueinander, bezogen auf möglicherweise zeitlich verschiedene Bebenereignisse, aussagekräftige

Angaben zum Erdbebenherd treffen. Stalagmiten fallen nämlich nach SCHILLAT mit ihrer Kappe in die Richtung, aus der das sie fällende Erdbeben kam. Auch hier ist eine Kombinierung mit einer Altersbestimmungsmethode sinnvoll. Aber die Möglichkeiten der Untersuchung von Sintermaterial sind hiermit noch keinesfalls erschöpft! Bietet sich doch die Möglichkeit, den Fremdmaterialbestand zu erfassen. Viele Stalagmiten weisen im durchgesägten Zustand eine relativ dunkle Schichtenfärbung in Verbindung mit einem starken Schichtenfärbungsunterschied auf. Die Bestimmung der Stoffe, welche diese Farbänderungen verursacht haben, in Verbindung mit einer Altersbestimmung der betreffenden Stellen, würde interessante Aufschlüsse auf die damalige zeitlich begrenzte Änderung der Materialzufuhr an den Stalagmiten zulassen. Eine dafür geeignete Methode wäre die Neutralteilchenspektographie. Ebenso werden einige Fremdeinlagerungen unter ultraviolettem Licht sichtbar. Diese Stoffe sind sonst farblos und haben nichts mit der zuvor beschriebenen Schichtenfärbung zu tun.

## 6.3 Aktuelle Entwicklungen im DASC

Um bei über hunderten von Tropfsteinen, welche sich im Laufe der Zeit angesammelt haben, die Übersicht nicht zu verlieren, werden ihre wesentlichen Merkmale in einer Computer-Datenbank verwaltet (Computer im Privatbesitz eines Mitgliedes). Dadurch sind wir in der Lage, den auf diesem Gebiet Interessierten (z. B. Wissenschaftlern), auf Anfrage sehr schnell die nach individuellen Vorgaben am Computer herausgesuchten Stücke bereitzustellen. Die oben beschriebenen, teilweise sehr aufwendigen Untersuchungen sind nur durch den Einsatz modernster Apparaturen durchführbar. Es ist also selbstverständlich, daß wir im DASC nur solche Untersuchungen durchführen können, die ohne diesen Aufwand auskommen. Wir betreiben die auf diesem Gebiet notwendige Vorarbeit. Um jedoch wesentlich neue Erkenntnisse gewinnen zu können, ist es unumgänglich, daß es zu einer noch stärkeren Zusammenarbeit mit den auf diesem Gebiet spezialisierten Forschungseinrichtungen kommt.

Abschließend gilt unser besonderer Dank den SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG in Steinbergen für die Überlassung eines Gebäudes für das DASC, für eine symbolische Miete von nur 1 DM im Jahr. Ohne diese Unterstützung könnte diese Sammlung nicht aufrecht erhalten werden.

## LITERATUR

BOGUSLAWSKI, S. VON & B. SCHILLAT (1990): Neues vom Deutschen Archiv für Sinterchronologie (DASC). – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforsch., **36,** 3/4, 49–52, München.

FRANKE, H. W. (1966): Ein speläochronologischer Beitrag zur postglazialen Klimageschichte. – Eiszeitalter und Gegenwart, **17,** 149–152, Öhringen/Württ.

KEMPE, S. (Hrsg.) (1982): HB Bildatlas Spezial 4: Höhlen in Deutschland, Hamburg.

SCHILLAT, B. (1965): Nachweis von Erdbeben in Höhlen. – Der Aufschluß **16,** 6, 133–136.

SCHILLAT, B. (1969): Erscheinungsformen von gebrochenem Sinter. – V. Int. Kongr. Speläologie Stuttgart 1969, Abh. 2: 33/1–33/12.

SCHILLAT, B. (1970): Discussion of "The detection of prehistoric earthquakes from fractured cave structures". – Caves and Karst **12** (3): 33–36, 2 Abb.

SCHILLAT, B. (1973): Das geplante Deutsche Archiv für Sinterchronologie – Zweck, Aufgaben und Aufbau. – Mitt. Verb. Dt. Höhlen- u. Karstforsch., **19,** 1, 3–12.

SCHILLAT, Bodo (1976): Aufzeichnung langfristiger, tektonischer Wellenbewegungen in den Wachstumsachsen von Tropfsteinen. – Abh. z. Karst- u, Höhlenkd., Reihe A, **14,** München.

SCHILLAT, B. (1981): Die Entwicklung des Deutschen Archivs für Sinterchronologie bis 1980. – Laichinger Höhlenfreund, **16,** 37–44.

# 7. HÖHLENKATASTER UND HÖHLENVERMESSUNG (von STEFAN VON BOGUSLAWSKI)

In diesem Abschnitt geht es um die Dokumentation aller relevanten Informationen, die die Höhlen betreffen und deren Aufnahme in ein sog. Höhlenkataster sowie um die Methoden, Höhlen zu vermessen. Nach einem kurzem Abriß der traditionellen Meßmethoden liegt der Schwerpunkt auf den Einsatzmöglichkeiten der Theodolitvermessung in der Höhlenforschung.

## 7.1. Aufgaben eines Höhlenkatasters

Die wesentliche Aufgabe eines Höhlenkatasters besteht darin, sämtliche Informationen über die Höhlen des Katastergebietes zu sammeln und zu dokumentieren. Dabei werden im Idealfall folgende Bereiche abgedeckt: Höhlentyp, Schwierigkeitsgrad bei Befahrungen, Geologie, geographische Lage und Höhe, Besitz-, Schutz- und Pachtverhältnisse, Anzahl und Art der Eingänge, durchgeführte Vermessungen und Pläne, Größenangaben, Genese, Morphologie, Kleinformen, Höhleninhalt, tektonische Verhältnisse, Vorfluter und Wasserführung in der Höhle, Bewetterung, Paläontologie, Zoologie, Botanik, geschichtliche und wirtschaftliche Angaben sowie Schrifttum über die betreffende Höhle. Diese Informationen werden auf Katasterformularen dargestellt. Anhand dieser Vielfalt wird deutlich, daß Höhlenforschung immer nur eine interdisziplinäre Unternehmung sein kann, bei der die verschiedenen Kenntnisse und Fähigkeiten der einzelnen Höhlenforscher in sinnvoller Weise kombiniert werden sollten, um einen maximalen Informationsgewinn erzielen zu können. Die Aufgabe der Katasterführung besteht dann in der umfassenden Ergebnisdokumentation. Weil die eben beschriebenen Formulare ein relativ starres Muster aufweisen, hat sich parallel dazu eine zweite Art der Dokumentation herausgebildet, die der Befahrungsberichte. Diese beinhalten Informationen in zeitlicher Abfolge über Aktivitäten in der Höhlenforschung und im Höhlenschutz. Alle Höhlenforscher, die ein Katastergebiet bearbeiten, sind gehalten, über sämtliche Aktivitäten Berichte zu schreiben und diese an die Katasterführung weiterzuleiten. Hier erfolgt die zentrale Erfassung aller Informationen mit Computerunterstützung. In gewissen Abständen werden die Berichte gedruckt, um den zuständigen Behörden, der Steinbruchgesellschaft und den Mitgliedern der Höhlengruppe Nord e. V. die laufende Vereinsarbeit zu vergegenwärtigen. Dadurch werden z. B. Doppelforschungen in sensiblen Höhlenbereichen oder Naturschutzgebieten vermieden. Diese Berichte enthalten aber ebenso neue Forschungsansätze, woraus zukünftige Projekte abgeleitet werden können.

Nur durch eine derart konsequente, gewissenhafte, zentrale und über Jahrzehnte laufende Dokumentation ist es möglich, einen aus geologischer Sicht kurzen Zeitabschnitt im Dasein einer Höhle darzustellen. Mit jedem neu eingehenden Bericht vergrößert sich das Wissen um die Geschichte der Höhlen, zu der auch die betreuenden Höhlenforscher gehören. Sind sie es doch immer wieder, die neues entdecken und in Räume vorstoßen, die noch nie ein Mensch zuvor gesehen hat. Ohne ein Kataster würden die gewonnenen Erkenntnisse entweder nicht erfaßt oder nur individuell dokumentiert. Weil hierbei leider meist keine Verknüpfung der oben angeführten verschiedenen Teilbereiche der Speläologie stattfindet, ist die Führung eines Höhlenkatasters die Grundlage für eine seriös arbeitende Gruppe von Höhlenforschern.

## 7.2. Traditionelle Methoden der Höhlenvermessung

Um sich einen räumlichen Eindruck verschaffen zu können, werden alle Höhlen vermessen. Die Vermessung dient der numerischen und graphischen Beschreibung, mit dem Ziel einer möglichst naturgetreuen und maßstabsgerechten zeichnerischen Darstellung in Form eines Höhlenplanes. Im Folgenden soll ein Eindruck von den verschiedenartigen Möglichkeiten, eine Höhle vermessungstechnisch aufzunehmen, vermittelt werden. Zur Ermittlung der horizontalen

Gangrichtungen wird häufig ein genauer Bussolenkompaß mit Visiereinrichtung verwendet. Für die vertikalen Winkel haben sich Neigungsmesser (Klinometer) bewährt. Für die Strecken zwischen den Meßpunkten verwendet man Maßbänder. Diese drei Geräte stellen gewissermaßen die minimale vermessungstechnische Grundausrüstung dar. Sie sind klein, handlich und auch unter Tage gut zu transportieren. Um vor allem im hochalpinen Höhlenbereich mit seinen langen und schwierigen Zustiegen das Verfahren der Meßwertaufnahme zu beschleunigen, wurde im März 1964 durch den Salzburger Höhlenforscher Franz Xaver Koppenwallner eine interessante Neuentwicklung vorgestellt (KOPPENWALLNER 1960). Er brachte Kompaß und Neigungsmesser so in einem Gerät unter, daß Querneigung, Ziel, Neigungs- und Richtungsablesung mit einem Blick erfaßbar sind. Außerdem wurde eine Skalenbeleuchtung in das Gerät eingebaut und die Visiereinrichtung durch ein Fernrohr ersetzt. Die erreichbare Genauigkeit beträgt 0,2 gon. Doch konnte sich dieses unter dem Namen Xavermeter bekannt gewordene Gerät nicht in größerem Maße durchsetzen. Durch die zuvor vorgestellten Methoden erhält man naturgemäß zunächst nur einen Linienzug, welcher den Gangverlauf darstellt. Um auch die unterschiedliche räumliche Charakteristik der Gänge darstellen zu können, müssen sogenannte Gangprofile aufgenommen werden. Die einfachste Methode besteht im Schätzen von Form und Größe und dem sofortigen Abzeichnen in der Höhle. Wird eine höhere Genauigkeit gefordert, können die Profile auch in ihrer Ausdehnung gemessen werden. Um dieses aufwendige Verfahren zu rationalisieren und die Fehler aufgrund subjektiver Einschätzung des Zeichnenden zu minimieren, wurde schon im Jahre 1959 ein Lichtschnitt-Profilmeßverfahren entwickelt. Besonders im Stollen- und Tunnelbau kam es dabei auf exakte Profile an, doch wird dieses Verfahren bis heute auch in der Speläologie angewendet. Etwa in der Gangmitte wird durch eine helle Lampe, welche zwischen zwei runden Scheiben sitzt, eine Lichtscheibe endlicher Dicke erzeugt. Die auf die Höhlenwand auftreffenden Lichtstrahlen erzeugen so ein das Gangprofil abbildendes Lichtband, welches durch Fotografieren bildlich festgehalten wird. Schwierigkeiten ergeben sich bei Gangnischen, die mit diesem Verfahren nicht korrekt abgebildet werden können. Erstreckt sich eine Höhle vorwiegend horizontal und hat eher einen hallenartigen Charakter, so kann es unter bestimmten Voraussetzungen sinnvoll sein, einen Isohypsenplan anzufertigen. Dieses Verfahren wurde 1958 durch Hubert Trimmel in der Griffener Tropfsteinhöhle angewendet. Es gehört wohl zu den aufwendigsten Vermessungsmethoden überhaupt, besonders mit den damals zur Verfügung stehenden Geräten. Isohypsen sind Höhenlinien, die von jedem Meßpunkt sternförmig an der Höhlenwand mit Theodolit und Maßband aufgenommen werden. Sie sollten einen gleichen definierten Niveauabstand zueinander aufweisen, was unter Tage schwierig zu erreichen ist. Wegen des immensen Zeitaufwands der Datenaufnahme wird diese Darstellungsform heute in der Regel nicht mehr verwendet. Nur bei ganz speziellen Problemstellungen hinsichtlich der Abbildung von Hallen wird die dreidimensionale sternförmige Vermessung benutzt. Stehen dann modernste Geräte, wie elektronische Tachymeter mit automatischer Entfernungsbestimmung und digitaler Meßwertspeicherung zur Verfügung, ist der zeitliche Aufwand vertretbar.

Nachdem die raumbildliche Darstellung von Hand ausgeführt worden ist, werden in neuerer Zeit zunehmend Computer dafür eingesetzt. Hierbei sind zwei unterschiedliche Ansätze zu beobachten. Zum einen sind es komplett durch Höhlenforscher erstelltete Programme, deren Entwicklung oft mehrere Jahre Zeit in Anspruch genommen haben. Zum anderen sind zusätzliche Anwendungsmodule zu professionellen CAD-Programmen, wie AutoCAD, entwickelt worden, um diese für den Bereich der Speläologie benutzerfreundlicher zu machen.

## 7.3 Die Theodolitvermessung und ihre Einsatzmöglichkeiten in der Höhlenforschung

Die technologische Entwicklung macht auch vor der praktischen Höhlenforschung nicht halt. Dies kann man deutlich im Bereich der Vermessungstechnik beobachten. Sie unterliegt in besonderer Weise dem Fortschritt durch Geräte, welche zwar schon seit langem bekannt sind,

jedoch erst in den letzten Jahren Einzug in die Höhlenforschung gehalten haben. Hierzu gehören zweifellos der Theodolit und das Nivelliergerät. Beide sind professionelle Vermessungsgeräte, mit denen einige Höhlengruppen schon seit Jahren arbeiten. Aus diesem Grunde soll hiermit ausführlich dargestellt werden, wie die Theodolitvermessung funktioniert, sowie aufgezeigt werden, wann es sinnvoll ist, sie anzuwenden und wann nicht.

### 7.3.1 Möglichkeiten und Grenzen des Theodoliteneinsatzes

Vorweg sei gesagt, daß dieses Verfahren nicht grundsätzlich für die Vermessung von Höhlen geeigneter ist als andere, nur weil die Geräte moderner, genauer und teurer sind. Die Frage, ob es sich für eine Höhlengruppe lohnt, die Vermessung von Karstobjekten von Bussole und Neigungsmesser auf einen Theodoliten umzustellen, hängt vielmehr von ganz bestimmten Eigenheiten der zu vermessenden Objekte ab. So dürfen in den Höhlen z. B. keine zu steilen Strecken existieren, weil ein normaler Theodolit nur bis etwa 45° von der Waagerechten arbeiten kann. Schwenkt man ihn steiler, so blickt man gegen den Gehäuseboden. Weiterhin ist die Größe der Höhlen von ausschlaggebender Bedeutung. Man kann davon ausgehen, daß die hohe Genauigkeit, mit der solch ein Instrument arbeitet, sich nur bei größeren Objekten ab etwa 500 m lohnt. Dies hängt jedoch ganz wesentlich auch von dem Ziel der Vermessung ab. Soll dadurch z. B. die Seite einer Höhle aufgenommen werden, um eine sichere Aussage zur Wandstärke treffen zu können, weil etwa gerade hier eine Straßenverbreiterung ansteht, so lohnt sich eine genaue Theodolitvermessung auch schon bei sehr viel kleineren Objekten. Auch wenn es um die Erstellung von Durchschlagangaben zu anderen Höhlen geht, ist hohe Genauigkeit angesagt, weil dadurch der genaue Ausgangspunkt sowie die Richtung für eine Fortsetzungsgrabung ermittelt werden kann. Besonders gut und genau lassen sich mit einem Theodoliten die Koordinaten von Höhleneingängen eines Karstgebietes erfassen. Werden dann auch diese Höhlen genau vermessen, so können ganze Karstgebiete mit ihren verschiedenen Höhlen zueinander lage- und niveaumäßig mit einer sonst nicht erreichbaren Genauigkeit dargestellt werden. Als letztes Kriterium ist noch die Bodenbeschaffenheit anzuführen. Da auf jedem Meßpunkt ein Stativ aufgestellt werden muß, darf es sich nicht etwa um nach unten schmaler werdende Kamine oder verschlammte sowie wasserdurchflutete Gänge handeln, auf deren Boden das Stativ keinen Halt mehr findet.

### 7.3.2 Gerätebeschreibung

Bei einem Theodoliten handelt es sich um ein optisches Präzisionsinstrument, welches Winkel in horizontaler sowie in vertikaler Richtung messen kann. Wie genau dies geschieht, hängt von der jeweiligen Leistungsfähigkeit und Präzision ab. Es gibt Geräte, die noch eine halbe Winkelsekunde erfassen können. Für den Bereich der Höhlenforschung ist jedoch ein einfacher Minutentheodolit, auch Klein- bzw. Bautheodolit genannt, ausreichend. Alle Theodolite besitzen ein ziemlich starkes Fernrohr mit einem Strichkreuz in der Mitte. Dadurch ist es möglich, selbst weit entfernte Objekte mit der erforderlichen Genauigkeit anzuzielen. Da ein „Theo" seine Genauigkeit nur voll entfalten kann, wenn er auf seinem Stativ absolut waagerecht aufgestellt wird, sind auch noch ein bis zwei sehr genaue Libellen (kleine Wasserwaagen) in das Gehäuse eingebaut. Um das Instrument genau über einem Meßpunkt aufstellen zu können, gibt es zwei Möglichkeiten. Die konventionelle Methode stellt ein Schnurlot dar, welches zentrisch unter dem Instrument an das Stativ gehängt wird. Die schnellere und einfachere Methode besteht jedoch in der Verwendung eines optischen Lotes, welches bei den meisten Theodoliten bereits fest eingebaut ist. Hierbei handelt es sich um ein kleines, geknicktes Fernrohr mit Strichkreuz, durch dessen Hilfe man durch den Drehpunkt des Instrumentes nach unten auf den Meßpunkt blicken kann. Bei der Verwendung von Firstpunkten ist auch eine Geräteaufstellung genau unter einem Schnurlot möglich. Dazu befindet sich ein Körnerpunkt oben in der Mitte des Fernrohres, welcher sich im horizontalen Drehpunkt des Gerätes (Stehachse) befindet. Das Fernrohr ist dabei waagerecht gestellt.

Seit 1937 ist die Winkelmaßeinheit Gon im Vermessungswesen vorgeschrieben. Daher haben alle für den Bereich gebauten Theodolite das Gon als Meßgröße. Bei dieser Einheit wird ein Vollkreis, nicht wie sonst üblich in 360, sondern in 400 Teile eingeteilt. Außerdem gibt es zur feineren Unterteilung keine Minutenwerte auf der Basis 60, sondern nur dezimale Teile vom ganzen Gon. Dadurch ergibt sich eine Rechenerleichterung, weil die Minutenwerte nicht mehr in Dezimalzahlen umgerechnet werden müssen. Diese Einheit konnte sich in den meisten anderen Bereichen jedoch nicht durchsetzen und ist aus diesem Grunde ziemlich unbekannt.

Nun zu der Frage, welches Gerät für die Höhlenvermessung am geeignetsten ist. Hierbei sind verschiedene Kriterien wie etwa Ablesegenauigkeit, integrierte Teilkreisbeleuchtung, kompakte und leichte Bauweise, gute Reinigungsmöglichkeiten (wenig Ecken und Nischen) sowie das Preis-Leistungsverhältnis zu berücksichtigen. Ein einfacher Minutentheodolit mit einer Ablesegenauigkeit von 0,1 gon und einer Schätzgenauigkeit von 0,01 gon ist für die Höhlenvermessung völlig ausreichend. Von der Höhlengruppe Nord e. V. (HGN) wurde mit einem solchen Gerät ein 240 m langer Höhlengang mit 15 Geräteaufstellungen immerhin auf 6 cm genau vermessen. Und das, obwohl einige Polygonseiten nicht länger als 3 m waren. Da ein in diesem Bereich eingesetzter Theodolit einer besonderen Beanspruchung ausgesetzt ist und auch bei größter Sorgfalt immer etwas dreckig wird, ist hier in jedem Fall nur ein gebrauchtes Gerät zu empfehlen. Ferner muß es unter allen Umständen verdeckte Teilkreise sowie eine dafür eigene Beleuchtung aufweisen. Ein älterer Nonientheodolit mit offenen Teilkreisen für die Winkelablesung dürfte nach dem ersten untertägigen Einsatz nur schwer zu reinigen sein und im Lehm förmlich „umkommen". Moderne Theodolite sind dagegen sehr kompakt gebaut und haben zwei geschützte, von außen nicht sichtbare Glaskreise, auf denen die Winkelteilung aufgebracht ist. Um die kleinen Striche besser erkennen zu können, blickt man bei der Ablesung nicht direkt darauf, sondern durch ein Ablesemikroskop, welches die Teilung riesig erscheinen läßt (Mikroskoptheodolit). Bei den ersten Geräteaufstellungen in der Höhle zeigt sich dann auch, wie nützlich eine integrierte Teilkreisbeleuchtung ist.

### 7.3.3 Meßpunkte in der Höhle

Oberster Grundsatz ist die dauerhafte Vermarkung aller Theodolitmeßpunkte, auch Polygonpunkte (PP) genannt. Sie müssen auch noch nach Jahren für weitere Messungen, etwa bei der Entdeckung neuer tagferner Gänge, zur Verfügung stehen. Hier gibt es zwei grundsätzliche Möglichkeiten. Entweder man verwendet Bodenpunkte oder Firstpunkte. Da Bodenpunkte bei späteren Höhlenbefahrungen erfahrungsgemäß schnell beschädigt oder mit Lehm überlagert werden, sollten Firstpunkte bevorzugt werden. Diese haben zudem auch noch den Vorteil, daß sie dem ursprünglichen Höhlenniveau entsprechen. Bodenpunkte dagegen befinden sich im allgemeinen auf Versturzblöcken oder im Höhlenlehm. In beiden Fällen handelt es sich speläogenetisch gesehen jedoch nicht um das Ursprungsniveau der Höhle. Bei zu großen Deckenhöhen muß zwangsläufig auf Bodenpunkte zurückgegriffen werden. Des weiteren sollte der Abstand zwischen den Meßpunkten immer so groß wie möglich gewählt werden, um die Winkelfehler, welche bei kurzen Zielweiten stark zunehmen, möglichst gering zu halten. Hier setzt nur die Länge des Maßbandes eine Grenze. Ein für die Theodolitvermessung geeigneter Firstpunkt besteht aus einer Ösenschraube, die in einem 5 mm Kunststoffdübel sitzt, sowie einem Schild mit der Nummer. Während der Messung werden in die Ösenschrauben Lote eingehängt. Die Herstellung der 5 mm-Bohrlöcher wird durch Verwendung einer Akkubohrmaschine erleichtert. Die untertägigen Polygonpunkte können z. B. durch ein *T*, gefolgt von einer laufenden Nummer, gekennzeichnet werden. Dieses *T* kennzeichnet den Punkt in der Höhle als Theodolitmeßpunkt. Als Schilder für die Meßpunktnummern haben sich farbige Klebestreifen bewährt, welche zusammengeklebt und gelocht werden. Durch das Loch wird dann die Ösenschraube gesteckt und das Ganze in den Dübel geschraubt. Dabei sollte die Öffnung der Ösenschraube stets in Gangrichtung zeigen und die Lotfäden der Vermessungslote grundsätzlich nur aus der Richtung des Einganges her durchgesteckt werden. Wird diese Regel nicht eingehalten,

ergeben sich bei kürzeren Zielweiten Winkelabweichungen aufgrund der Tatsache, daß das Lot um den Betrag der halben Ösen- und Schnurstärke exzentrisch hängt. Im ungünstigsten Fall, wenn alle drei Lote von der anderen Seite eingehängt werden, kann auf diese Weise leicht ein Fehler von mehr als 10 mm zusammenkommen. Dadurch würde der gesamte nachfolgende Polygonzug eine Verschwenkung erfahren, welche bei kurzen Strecken ein halbes Gon erreichen kann.

### 7.3.4 Das Meßprinzip

Der wichtigste Unterschied zur Kompaßvermessung besteht in der Tatsache, daß ein Theodolit nur den Winkel zwischen zwei Punkten messen kann. Er besitzt keine Kompaßnadel und unterliegt dadurch auch keinen magnetischen Einflüssen. Durch diese Tatsache ist es allerdings nicht ohne weiteres möglich, die absolute Nordrichtung zu ermitteln. Nachdem Stativ und Theodolit die Umgebungstemperatur angenommen haben, wird zu Beginn der Messung das Gerät genau über bzw. bei Firstpunkten unter dem ersten Polygonpunkt aufgestellt. Dies sollte bei jedem PP mit großer Sorgfalt geschehen, weil sich ein einmal in einen Polygonzug eingeschlichener Verschwenkungsfehler auf den gesamten nachfolgenden Zug auswirkt. Wenn es sich dabei um den Anfang eines langen Zuges handelt, würde der Fehler mit zunehmender Länge auf ein nicht mehr vertretbares Maß anwachsen. Wenn das Instrument dann aufgestellt und horizontal ausgerichtet ist, wird der jeweils rückwärtige PP bzw. seine Markierung, bei Bodenpunkten also der Fluchtstab und bei Firstpunkten der Lotfaden, angezielt. Zum genauen Einjustieren des Fadenkreuzes sind für beide Ebenen Klemm- und Feineinstellschrauben vorhanden. Dann wird der Horizontalkreis für die Winkelablesung auf Null gestellt und das Gerät auf den nächsten PP gedreht. Danach wird der Horizontalwinkel vom rückwärtigen PP über den Aufstellpunkt bis zum nächsten Punkt abgelesen. Da sich die Linie des Meßzuges in jedem Aufstellpunkt um einen gewissen Winkel bricht, nennt man ihn Brechungswinkel. Gleichzeitig wird auch jeweils der Vertikalwinkel abgelesen. Hier weisen Theodolite wieder eine Besonderheit auf: Der Winkel von null Gon befindet sich nicht etwa auf der Waagerechten, wie bei Neigungsmessern sonst üblich, sondern liegt in der Regel senkrecht über dem Gerät. Aus diesem Grunde nennt man ihn auch Zenitwinkel oder Zenitdistanz. Bei 100 gon befindet sich das Fernrohr in der Waagerechten, bei 200 gon zeigt es senkrecht nach unten, und bei 300 gon ist es wieder waagerecht. Zum Schluß darf natürlich nicht die Messung der flachen Länge von der Kippachse des Theodoliten bis zum Zielpunkt vergessen werden. Danach kann das Instrument zum Zielpunkt gebracht und dort aufgestellt werden. Das Verfahren bleibt das gleiche. Der PP, welcher eben noch Aufstellpunkt für den Theo war, ist jetzt zum rückwärtigen PP geworden.

### 7.3.5 Koordinatensysteme

Alle durch die zuvor beschriebene Methode eingemessenen Punkte sind durch die Linie des Meßzuges miteinander verbunden. Da alle horizontalen und vertikalen Winkel sowie Strecken gemessen wurden, ist die Position eines jeden Punktes im Raum relativ zu den anderen Punkten festgelegt. Nimmt man an, daß die erste gemessene Strecke des Polygonzuges eine bestimmte Richtung hatte, so kann die Lage jedes Punktes in Form von rechtwinkligen Koordinaten, welche die drei Raumachsen darstellen, ausgedrückt werden. Ein auf diese Weise vermessener Karstkomplex kann also mit großer Genauigkeit koordinatenmäßig erfaßt werden. Ein solches Koordinatensystem weist nur in sich selbst eine hohe Genauigkeit auf. Es ist weder eingenordet noch ist die absolute Lage der einzelnen Punkte auf der Karte bzw. zu anderen Objekten bekannt. Ein solches Koordinatensystem nennt man daher freies oder örtliches Koordinatensystem.

Ende des vorherigen Jahrhunderts gab es diverse Koordinatensysteme mit jeweils eigenen Nullpunkten. Überspannten nun verschiedene Koordinatennetze wirtschaftlich zusammenhängende Gebiete, so mußte es zwangsläufig zu Schwierigkeiten in der Kommunikation kommen.

Das Hauptproblem für eine Vereinheitlichung der verschiedenen Koordinatensysteme bestand dabei in den unterschiedlichen Ansätzen, den dreidimensionalen Erdellipsoid auf einer zweidimensionalen Karte darzustellen. Es kommt hierbei immer zu mehr oder weniger starken Verzerrungen. KRÜGER hat daraufhin im Jahre 1912 ein Verfahren entwickelt, welches die Verwendung der damals schon gebräuchlichen Gauß'schen Koordinaten für die gesamte Erdoberfläche zuläßt (Gauß-Krüger-Koordinatensystem). Um die unvermeidbaren Verzerrungen auf ein Mindestmaß zu begrenzen, wurde die Erde im Abstand von 3° in von Pol zu Pol reichende Meridianstreifen aufgeteilt. Diese Streifen haben eine Ost-West-Ausdehnung von 4°. Dabei überlappen sich die benachbarten Systeme um 1°, damit Messungen größerer Gebiete in einem System gerechnet werden können. Der Nullpunkt liegt auf dem jeweiligen Mittelmeridian und dem Äquator. In Deutschland kommen demnach vier Systeme mit den Mittelmeridianen 6°, 9°, 12° und 15° östlich Greenwich zur Anwendung. Diese Meridiane werden mit den Kennziffern 2 bis 5 benannt. Die Kennziffer ergibt sich, indem man den jeweiligen Mittelmeridian durch drei teilt. Um innerhalb eines Streifens keine negativen Werte zu bekommen, beginnt die Zählung auf dem Mittelmeridian nicht mit Null sondern mit 500.000 m. Außerdem wird die Kennziffer des Meridianstreifens davorgesetzt. Die hierdurch ausgedrückte Zahl wird als Rechtswert bezeichnet. Die Nord-Süd-Position ergibt sich aus der Entfernung vom Äquator. Dieser sogenannte Hochwert ist auf der Nordhalbkugel positiv; die Werte benötigen hier somit kein Vorzeichen.

1. Beispiel: Rechts: 3519800 Hoch: 5786300: Dieser Punkt befindet sich im dritten Meridianstreifen 19,8 km östlich des 9. Längengrades und 5786,3 km nördlich des Äquators.

2. Beispiel: Rechts: 3479250 Hoch: 5703200: Dieser Punkt befindet sich im dritten Meridianstreifen 20,75 km westlich des 9. Längengrades und 5703,2 km nördlich des Äquators.

Diese Zahlen werden während der Berechnung und je nach der gewünschten bzw. erreichten Genauigkeit noch um bis zu drei Stellen länger, d. h. auf Millimeter genau. Die Gauß-Krüger-Koordinaten bilden die Blattgrenzen für die Deutsche Grundkarte 1 : 5000 (DGK5), welche von den jeweils örtlichen Katasterämtern erstellt wird und dort von jedermann zu beziehen ist. Diese Karte eignet sich, besonders in vergrößertem Zustand, gut zur Darstellung von Karstobjekten mitsamt der durchgeführten Meßzüge, da an ihrem Blattrand Koordinaten aufgetragen sind, die die Darstellung von Einzelheiten zulassen. Bei der topographischen Karte 1 : 25000 (TK25) sind ebenfalls Koordinaten am Blattrand aufgetragen. Dieser Maßstab erlaubt jedoch keine Darstellung von Einzelheiten mehr.

### 7.3.6 Maßnahmen zur Steigerung der Meßgenauigkeit

Für die Theodolitvermessung sollte auf keinen Fall ein Kunststoffmaßband verwendet werden! Aufgrund der höheren Anforderungen an die Genauigkeit kommt hier nur ein Stahlmaßband in Frage. In der Praxis hat sich eine Länge von 50 Metern bewährt. Kürzere Maßbänder treiben oftmals, selbst in Höhlen, die Anzahl der erforderlichen Polygonpunkte unnötig in die Höhe.

Der geschlossene Rundmeßzug: Da jede Vermessung mit Fehlern behaftet ist, versucht man stets, die Genauigkeit, mit der ein Polygonzug gemessen wurde, zu kontrollieren. Hierzu bieten sich diverse Möglichkeiten an, die alle darauf basieren, das Ende des Polygonzuges an bekannte Punkte anzuschließen. Weil in einer neu zu vermessenden Höhle wohl kaum der Lage nach bekannte Punkte vorhanden sind, sollte nach Möglichkeit versucht werden, in sich geschlossene Polygonzüge zu erstellen. Hierbei ist der erste Punkt eines Zuges auch wieder der letzte. Die Messung verläuft gewissermaßen in einem Kreis. Theoretisch müßten die Koordinaten identisch sein; aufgrund von unvermeidbaren Fehlern sind sie es jedoch nicht. Deswegen wird beim Abschluß eines Zuges nach Möglichkeit immer noch der Brechungswinkel zum nächsten PP gemessen. Mit dieser Angabe ist es möglich, den Winkelabschlußfehler des Zuges zu berechnen. Er sollte höchstens wenige Zentigon betragen und wird auf alle Polygonseiten gleichmäßig

verteilt. Danach können die Punktkoordinaten berechnet werden. Doch auch jetzt werden die Anfangs- und Endkoordinaten noch nicht zusammentreffen. Die restlichen Fehler werden durch eine Abschlußfehlerverteilung ebenfalls auf alle Punkte verteilt.

Die Doppelmessung: Es liegt natürlich an der Beschaffenheit der Höhle, ob es möglich ist, einen oder mehrere Rundmeßzüge anzulegen. Besteht die Höhle nur aus einem Gang, so muß aber trotzdem nicht auf eine Kontrolle sowie Fehlerverteilung verzichtet werden. In diesem Fall bietet es sich an, die Messung als Kontrolle vom Ende des Ganges zum Anfang nochmals durchzuführen. Bei der Berechnung muß dann die Brechungswinkelsumme der Vorwärts- und der Rückwärtsmessung jedes Punktes genau 400 gon betragen. Geringe Abweichungen werden gemittelt. Anschließend werden die söhligen Längen sowie die Niveauunterschiede berechnet und auch deren Unterschiede zwischen Hin- und Rückweg von Punkt zu Punkt gemittelt. Erst danach werden die Koordinaten der einzelnen Punkte berechnet.

## 7.3.7 Besondere Meßsituationen und jeweils angewandte Verfahren

### 7.3.7.1 Engstellen

Für das Vermessen niedriger und engräumiger Höhlengänge sind die handelsüblichen Theodolitenstative selbst in zusammengeschobenem Zustand noch zu groß. Um auch durch Schlufe hindurchmessen zu können, bleibt nur, ein kleines Stativ selbst zu bauen. Dieses muß drei absolut spielfrei gelagerte Beine haben, um die Genauigkeit des Theodoliten nicht einzuschränken. Die Konstruktionsunterlagen des auf der Abbildung sichtbaren Statives der HGN e. V. (Abb. 27), welches sich in der Praxis bereits gut bewährt hat, können bei Bedarf direkt beim Autor angefordert werden. Mit Hilfe eines solchen Stativs können auch Höhlen, welche im Eingangsbereich bereits ziemlich eng sind und sich erst weiter hinten vergrößern, mit einem Theodoliten vermessen werden. Sind die Meßstellen so eng, daß der Bediener während der Messungen nicht mehr am Gerät vorbeikommt, muß der Rückwärts- und der Vorwärtsblick jeweils von zwei Personen durchgeführt werden.

### 7.3.7.2 Schwer zugängliche Objekte

Eine sog. Dreiecksmessung (Vorwärtsschnitt) bietet sich bei der Vermessung von schwer zugänglichen Objekten an, welche nicht direkt mit dem Maßband erreicht werden können. Ein typisches Beispiel wäre ein hoch in einer Steilwand gelegener Höhleneingang, welcher durch eine Schlucht vom Beobachter getrennt ist. Ist der zu vermessende Eingang von zwei Punkten der anderen Seite aus zu sehen, läßt sich der sogenannte Vorwärtsschnitt anwenden. Dazu muß zunächst das zu vermessende Gebiet als Dreieck abgesteckt werden. Den ersten Punkt bildet in diesem Beispiel der Höhleneingang, in dem ein sichtbarer Meßpunkt angebracht wird. Von diesem Punkt kann dann später ein Polygonzug in die Höhle gelegt werden. Ist das nicht beabsichtigt und soll nur der Eingang erfaßt werden, könnte man auch eine markante Stelle, z. B. einen Felsvorsprung, als Punkt wählen. Dadurch wäre es möglich, auch nicht erreichbare Objekte lage- und niveaumäßig zu vermessen. Nachdem das Ziel bestimmt ist, müssen nun noch die beiden anderen Dreieckspunkte bestimmt werden. Sie sollten nach Möglichkeit so ausgewählt werden, daß die entstehenden Dreiecksseiten etwa gleich lang sind. Die Strecke zwischen den beiden Punkten auf der Seite des Beobachters ist die Basis. Ihre Länge ist mit größtmöglicher Genauigkeit zu messen. Mit dem Theodoliten werden dann die horizontalen Dreiecksinnenwinkel zwischen der Basis und dem Ziel, sowie die Zenitwinkel zum Ziel gemessen. Mit diesen Angaben lassen sich mit Hilfe des Sinussatzes die fehlenden söhligen Strecken berechnen. Sind diese bekannt, kann durch den Zenitwinkel auch das Niveau errechnet werden. Die Genauigkeit einer Dreiecksmessung kann gesteigert werden, wenn es möglich ist, auch den



Abb. 27: Theodolitvermessung mit kleinem Stativ an einer Engstelle

dritten Dreiecksinnenwinkel zu messen. Mit der dann vorhandenen Winkelsumme (im Idealfall 200 gon) kann die Messung kontrolliert werden. Geringe Fehler werden gleichmäßig auf die drei Winkel verteilt, so daß ihre Summe genau 200 gon beträgt; danach werden die Strecken berechnet.

#### 7.3.7.3 Schächte

Mit Hilfe des exzentrischen Doppellotverfahrens ist es möglich, den geographischen Richtungswinkel durch einen Schacht hindurch zu übertragen. Anwendbar ist dieses Verfahren jedoch nur, wenn der Schacht senkrecht genug ist, um zwei Lote bis kurz über Grund, bzw. bis zur erforderlichen Tiefe, herabzulassen. Der besondere Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß der Theodolit weder am Schachteingang noch am Schachtgrund über bzw. unter den Loten aufgestellt werden muß. Da die Winkelfehler bei sehr kurzen Meßstrecken zunehmen, sollten die Lote so weit wie möglich voneinander entfernt aufgehängt werden. Bei einem ebenen Schachtloch können die Lote z. B. an einen Balken, welcher etwas erhöht und gegen Verschieben gesichert ist, angehängt werden. Um die Schwingbewegungen der tiefhängenden Lote zu vermeiden, sollten sie etwa 5–10 kg wiegen. Da der Theodolit nicht zentrisch darunter aufgestellt werden muß, man also auf die Lotspitze verzichten kann, können auch zwei schwere Steine verwendet werden. Die Messung beginnt vom letzten übertägigen PP aus mit der Brechungswinkelbestimmung zu einem Lotfaden sowie der Winkelmessung zwischen den beiden Lotfäden. Der Winkel zwischen den Lotfäden sollte über- wie auch untertage möglichst klein sein, was durch günstige Auswahl der Meßpunkte erreicht werden kann. Außerdem muß er sehr genau – etwa durch zehnfache Repetition – bestimmt werden. Um die ohnehin schon sehr kurze Meßstrecke nicht noch weiter zu verkürzen, sollten die Lotanknüpfungspunkte so hoch sein, daß das Fernrohr genau waagerecht gestellt werden kann. Des weiteren werden alle Strecken, auch die zwischen den Loten, genauestens gemessen. Untertage läuft die Messung ebenso ab. Danach kann mit Hilfe des Sinussatzes auf die beiden nicht direkt meßbaren Brechungswinkel über und unter den Schachtloten geschlossen werden. Mit ihrer Hilfe kann weitergerechnet werden, als ob es sich um einen normalen Polygonzug handeln würde.

#### 7.3.7.4 Doppelschächte

Das Einrechnungsverfahren: Wenn die zu vermessende Höhle zwei Eingangsschächte besitzt, kann auch in jeden der beiden Schächte jeweils nur ein Lot gehängt werden. Durch den dann meist erheblich gesteigerten Lotabstand kann der geographische Richtungswinkel genauer als bei dem zuvor beschriebenen Verfahren übertragen werden, da sich kleine Meßfehler hier nicht so gravierend niederschlagen. Übertage werden zunächst die Koordinaten der beiden Lote durch einen Polygonzug ermittelt. Untertage erstellt man ebenfalls einen Polygonzug, der die beiden Lote miteinander verbindet. Dieser Zug wird ab dem ersten Lot in einem freien Koordinatensystem gerechnet, wobei die Strecke vom ersten Lot zum ersten Aufstellpunkt für den Theodoliten mit einem frei gewählten Richtungswinkel gerechnet wird. Aufgrund der Koordinatenunterschiede ist es nun möglich, den direkten söhligen Abstand zwischen den beiden Loten zu bestimmen. Die hieraus resultierenden Entfernungen müssen, über- wie auch untertage, bis auf geringe Meßfehler übereinstimmen. Natürlich ist dies zunächst die einzige Übereinstimmung beider Züge, da die Richtungswinkel aufgrund des freien Koordinatensystems beim untertägigen Zug um einen bestimmten Winkel gegeneinander verschwenkt sind. Der korrekte Richtungswinkel der Lotverbindungslinie vom ersten zum zweiten Lot läßt sich über die Koordinatenunterschiede des übertägigen Zuges berechnen. Ebenso kann jetzt für diese Lotverbindungslinie ein Richtungswinkel des freien Koordinatensystems errechnet werden, der natürlich nicht mit dem übertägigen übereinstimmt. Wird die erste Strecke, und damit der gesamte untertägige Zug, jetzt um die Differenz der Richtungswinkelunterschiede geschwenkt, entsprechen alle untertägigen Strecken dem korrekten geographischen Richtungswinkel. Zur Kontrolle sollte der untertägige Zug mit den korrekten Werten nochmals durchgerechnet werden.

## LITERATUR

BOGUSLAWSKI, S. von (1988): Abschlußfehlerverteilung bei Rundmeßzügen. – Mitt. Verb. dt. Höhlen- und Karstforscher e. V. München, 2.

BOSSERT, T. (1991): CAD für Höhlen. Applikation zur Erstellung von Höhlenplänen. – Benutzerhandbuch Version 1.0.

FRICKE, U. (1988): Computergestützte Höhlenvermessung in einem Großhöhlensystem. – Mitt. Verb. dt. Höhlen- und Karstforscher e.V. München, 2.

HOLZ, H.-W. (1962): Raumbildliche Darstellung von Höhlen, Die Höhle, **13,** 60–64.

KOPPENWALLNER, F. X. (1959): Lichtschnitt-Profilmessungen in Stollen. – Geologie und Bauwesen, **25,** 1, 50–58.

KOPPENWALLNER, F. X. (1964): Das Xavermeter – ein Spezialkompaß für Höhlen. – Die Höhle, **15,** 1–7.

SCHULTE, G. & W. LÖHR, (1932): Markscheidekunde. – Berlin.

STUMMER, G. (1984): Die Entwicklung der Vermessung und Darstellung von Höhlen in unserem Jahrhundert. – Wissenschaftliche Beihefte zur Zeitschrift. Die Höhle, **31,** Akten des int. Symposiums zur Geschichte der Höhlenforschung, 78–80, Wien.

STUMMER, G. (1991): EDV-unterstützte Höhlendokumentation mittels AutoCAD. – Die Höhle, **42,** 4, 105-109.

TRIMMEL, H. (1960): Über die Aufnahme eines Isohypsenplanes. – Die Höhle, **11,** 97–102.

VOLQUARDTS & MATTHEWS (1980/1981): Vermessungskunde 1 u. 2. – B. G. Teubner Stuttgart.

## 8. AKTIVER FLEDERMAUSSCHUTZ (von RAINER MARCEK)

### 8.1 Lebensweise und Lebensraum der Fledermäuse

Nach Verlassen der Winterquartiere suchen die Fledermäuse im Frühjahr ihre Sommerquartiere auf. Dies können Dachböden, hohle Bäume oder auch Nistkästen sein. Die Weibchen bevorzugen im Frühsommer besonders warme Quartiere. In diesen sogenannten Wochenstuben bringen sie in mehr oder weniger großen Gruppen ihre Jungen zur Welt. Ein Weibchen entbindet in der Regel ein Junges. Von nun an wird es 8 Wochen lang gesäugt. Ganz in der Nähe der Wochenstuben liegen die Jagdgebiete, in denen die Weibchen ihre Insektennahrung finden. Die Jungtiere werden nicht mit auf den Jagdflug genommen. Die Weibchen sind aber sehr wohl in der Lage, im Notfall ihre Jungen durch die Luft zu transportieren. Etwa Ende August lösen sich die Wochenstubengesellschaften auf. Ab September bis in den Winter hinein dauert die Paarungszeit. Schon im Herbst fliegen die Fledermäuse in ihre Winterquartiere. Dies sind häufig Bergwerke, Keller oder Höhlen.

Ein für Fledermäuse geeignetes Winterquartier muß folgende Anforderungen erfüllen: Es muß frostfrei sein, eine hohe Luftfeuchte aufweisen und störungsfrei sein. Im Winterschlaf laufen alle Körperfunktionen auf Sparflamme. Die Körpertemperatur sinkt von 38°C auf 3–5°C. Die Atemfrequenz ist niedrig, der Herzschlag verlangsamt sich, auch der Stoffwechsel wird auf ein Minimum gebracht. Dies führt zu einem nur sehr geringen Energieverbrauch, was die Fledermaus befähigt, bis zu 6 Monaten von ihren Fettreserven zu leben. Der Winterschlaf wird normalerweise mehrmals unterbrochen, um die Blase zu entleeren oder den Hangplatz zu wechseln. Hierbei wird die Körpertemperatur auf 38°C erhöht. Dies dauert jedoch recht lange. Bei Störungen erwacht die Fledermaus mit hohem Energieaufwand sehr schnell. Ist dies oft der Fall, reichen die Fettreserven nicht aus, um im Frühjahr zu erwachen. Alle einheimischen Fle-

dermäuse ernähren sich von Insekten. Die Beute wird in der Regel im Flug ergriffen. Sie finden ihre Nahrung mit Hilfe der Ultraschallortung, die bei dieser Tiergruppe zur höchsten Perfektion ausgebildet ist. Die Tiere stoßen hochfrequente Töne aus, die von Beutetieren oder auch Hindernissen reflektiert werden. Diese Echos können vom Gehöhr der Fledermäuse ausgewertet werden. Für menschliche Ohren sind die Geräusche nicht hörbar.

Der Lebensraum der Fledermäuse ist dreigeteilt in Sommerquartier, Winterquartier und Jagdbiotop. Je nach Art kann das Sommerquartier ein Dachstuhl oder auch ein hohler Baum sein. Die Winterquartiere befinden sich meist in Höhlen oder Bergwerken. Jagdbiotope sind Flächen, in denen die Fledermäuse ihre Nahrung finden. Reich strukturierte Landschaften mit Hecken, Wäldern, Gewässern sind ideale Räume für die jagenden Fledermäuse.

## 8.2 Rückgang der Fledermausbestände und durchgeführte Schutzmaßnahmen

Die Bestände gehen zurück. Folgende Gründe hierfür sind zu nennen:

a) Verlust von Sommerquartieren (Wochenstuben)
b) Verlust von störungsfreien Winterquartieren
c) Verringerung des Nahrungsangebotes durch den Einsatz von Insektiziden und Herbiziden
d) Uniformierung der Landschaft
e) Vergiftung durch Holzschutzmittel in den Quartieren

Fledermäuse stehen seit 1936 unter Naturschutz. Trotzdem schrumpfen die Bestände zusehends. Aus den genannten Gründen für den Rückgang ergeben sich auch die Schutzmaßnahmen. Relativ einfach ist der Schutz der Sommerquartiere. Dachstühle großer Gebäude müssen für die Tiere zugänglich gemacht werden. Bekannte Wochenstuben stehen unter besonderem Schutz. Durch das Aufhängen sog. Fledermausbretter an Gebäuden können zusätzliche Quartiere geschaffen werden. Im Wald sollten Hohlbäume erhalten bleiben. Zu den natürlichen Quartieren können in jüngeren Beständen Ansiedlungskästen zusätzlich zur Verfügung gestellt werden. Winterquartiere müssen für Fledermäuse zugänglich sein. Aber auch verschüttete Eingänge, z. B. von Bergwerken, sollten wieder geöffnet werden. Die Winterquartiere sind während der Zeit des Winterschlafes unbedingt störungsfrei zu halten. In den Jagdbiotopen ist der Uniformierung der Landschaft entgegenzuwirken. Dies kann z. B. durch das Anlegen von Hekken, die die Tiere gern als Leitlinien im Gelände benutzen, geschehen. Insgesamt sollten wir für eine Strukturierung der Landschaft sorgen. Dadurch erreichen wir eine Wiederbesiedelung durch Insekten, und dies zieht Insektenfresser an. Der massive Einsatz von Insektiziden und Herbiziden ist in Frage zu stellen. Durch die Einführung der Grünbrache ist hier eine Erleichterung zu spüren. Die Vergiftung der Fledermäuse durch Holzschutzmittel in den Quartieren ist durch den Einsatz fledermausfreundlicher Mittel zu vermeiden.

## 8.3 Fledermäuse in den Höhlen von Süntel und Wesergebirge

Wie in anderen Karstgebieten bieten auch die Höhlen und andere Karsterscheinungen im Süntel und Wesergebirge den Fledermäusen reichlich Überwinterungsquartiere. In erster Linie sind es natürlich die großen und kleinen Höhlen, die die Fledermäuse anziehen. Aber auch Klüfte in Felspartien von Wesergebirge und Süntel ermöglichen den Tieren einen ungestörten Winterschlaf. Die unterschiedlichen Höhlen, z. B. Horizontal- oder Vertikalhöhlen, werden durch Fledermäuse mit unterschiedlichen Ansprüchen genutzt.

Folgende Arten konnten bis jetzt in den von der HGN betreuten Höhlen festgestellt werden:

*Myotis myotis*
*Myotis bechsteini*
*Myotis dasycneme*

*Myotis daubentoni*
*Myotis brandti*
*Myotis mystacinus*
*Myotis nattereri*
*Pipistrellus pipistrellus*
*Pipistrellus nathusii*
*Plecotus auritus*
*Barbastella barbastellus*

Durch die Vielzahl der natürlichen Höhlen im Süntel und Wesergebirge und durch die hohe Qualität fast aller Winterquartiere verteilen sich die Fledermausbestände auf die Quartiere. Bei uns gibt es keine Massenvorkommen, wie z. B. in der Segeberger Höhle bei Bad Segeberg (Schleswig-Holstein), die als einziges geeignetes Quartier viele Tiere anzieht. Nun zu den Arten und ihrer Verteilung in den Höhlen im einzelnen.

*Myotis myotis* (Großes Mausohr)

Obwohl die Spezies *Myotis myotis* (Großes Mausohr) im Landkreis Hameln-Pyrmont nicht zu den häufigeren Arten zählt, ist sie in den Höhlen relativ oft anzutreffen (Abb. 28). Ein ständiges Vorkommen ist in der Langenfelder Höhle (Süntel) zu verzeichnen. Hier ist das Große Mausohr häufig im Winterschlaf anzutreffen. Dabei hängen die Tiere über die ganze Höhle verteilt, meist einzeln. Sie meiden jedoch die niedrigen tagfernen Schlufstrecken der Höhle. Im Sommer sind immer einige Mausohrmännchen anzutreffen. In den Monaten August und September halten sich sehr viele Tiere in der Höhle auf. Dieses Quartier wird demnach auch als Zwischenaufenthalt wandernder Fledermäuse genutzt. Ein weiteres wichtiges Vorkommen dieser Art befindet sich in der Oberen Höhle (Süntel) in direkter Nachbarschaft zur Langenfelder Höhle. Vereinzelt konnten wir die Art schon seit einigen Jahren in dieser Höhle nachweisen. Nach einer Sicherungsmaßnahme am Eingang steigt der Bestand ständig an. In der Alten Höhle (Süntel) halten sich im Sommer ebenfalls einige Mausohren auf. In den Schachthöhlen des Katastergebietes kommt das Große Mausohr in der Salamanderhöhle (Süntel) und in der Wilhelmina- und Fledermaushöhle (Wesergebirge) vor.

*Myotis bechsteini* (Bechsteinfledermaus)

Die Art konnte bisher in lediglich einer kleinen Vertikalhöhle nachgewiesen werden. Es handelt sich hier um ein Winterquartier im Silberloch II am Amelungsberg.

*Myotis dasycneme* (Teichfledermaus)

Die Teichfledermaus zählt auch zu den wandernden Fledermausarten. So ist es möglich, daß die in der Langenfelder Höhle überwinternden Tiere aus entfernteren Gegenden kommen. Ein Tier konnte auch in der Riesenberghöhle (Süntel) nachgewiesen werden.

*Myotis daubentoni* (Wasserfledermaus)

Die Wasserfledermaus gehört im Landkreis Hameln-Pyrmont zu den häufig auftretenden Arten. Bevorzugte Überwinterungsquartiere sind die großen Horizontalhöhlen. Die Langenfelder Höhle und die Riesenberghöhle sind die Hauptvorkommen der Art im Winter. Aber auch die Obere Höhle wird im Winter aufgesucht.

*Myotis brandti*, Myotis mystacinus (Große und Kleine Bartfledermaus)

Die Bartfledermäuse überwintern vorzugsweise in der Salamanderhöhle. Hier hängen die Tiere frei an den Schachtwänden. Auch in der Oberen Höhle konnte die Art nachgewiesen werden. Aus der Riesenberghöhle ist ein Sommernachweis bekannt.



Abb. 28: Großes Mausohr (*Myotis myotis*)

*Myotis nattereri* (Fransenfledermaus)

Von der Fransenfledermaus gibt es nur einen Nachweis aus der Riesenberghöhle. Hier handelt es sich um ein Winterquartier. Die Art zählt dennoch zu den häufigen Fledermausarten im Landkreis.

*Pipistrellus pipistrellus* (Zwergfledermaus)

Auch hier nur ein Nachweis der Art aus dem Silberloch II. Von der Zwergfledermaus sind mehrere Winterquartiere in Gebäuden bekannt.

*Pipistrellus nathusii* (Rauhhautfledermaus)

Von der Rauhhautfledermaus, die in den umliegenden Wäldern häufig vorkommt, gibt es mehrere Nachweise aus der Salamanderhöhle. Da es sich bei dieser Art aber um eine wandernde Fledermaus handelt, müssen die Tiere in der Höhle nicht unbedingt aus unserem Raum stammen.

*Plecotus auritus* (Braunes Langohr)

Die Salamanderhöhle wird vom Braunen Langohr zum Winterschlaf aufgesucht. Die Pionierhöhlen werden auch im Sommer von Einzeltieren benutzt.

*Barbastella barbastellus* (Mopsfledermaus)

Bisher konnte nur ein Nachweis dieser Art erbracht werden. Hier handelt es sich um zwei Tiere im Sommer in der Langenfelder Höhle.

Bei einer Bewertung der Höhlen nach ihrer Wichtigkeit als Winterquartier für Fledermäuse liegt die Langenfelder Höhle ganz sicher an erster Stelle. Mit vier Arten und einer hohen Zahl überwinternder Tiere ist sie besonders hervorzuheben. Mit ebenfalls vier Arten und einer ähnlich hohen Individuenzahl ist die Salamanderhöhle an die zweite Stelle zu setzen. An dritter Stelle liegt die Riesenberghöhle mit fünf Arten, allerdings immer nur Einzeltiere. Die Obere Höhle sollte mit drei Arten an vierter Stelle genannt werden. Ganz sicher sind aber in allen anderen Höhlen überwinternde Tiere anzutreffen. Nachweise sind manchmal schwierig zu erbringen, besonders in den tiefen Schachthöhlen.

## 8.4 Angewandter Fledermausschutz

Seit jeher hat die Höhlengruppe Nord e. V. auf eine Befahrung der Höhlen im Winter verzichtet. Eine Ausnahme bilden nur die Befahrungen zur Bestandsschätzung durch den Beauftragten für Fledermausschutz. Diese Befahrungen erfolgen in der Regel im Abstand von vier Jahren. Große Anstrengungen werden zum Beispiel zum Schutz der Oberen Höhle als Fledermausquartier gemacht. Stabile Verschlüsse wurden angebracht, und nur die Fledermäuse haben noch ungehinderten Zutritt.

Im Jahre 1994 begann die Bezirksregierung Hannover mit der Erfassung aller für den Fledermausschutz wichtigen unterirdischen Quartiere. Dazu zählten Bergwerke, Bunker, Tunnel, Eiskeller und Höhlen. Aus dem Katastergebiet der HGN sind 14 Höhlen zu nennen. Zu der Zeit befanden sich bereits 3 der genannten Höhlen unter Verschluß. Im Laufe der nächsten Jahre sollten nach und nach alle genannten Höhlen in irgend einer Form gesichert werden. Dabei wurde zunächst an Stahlgitter gedacht. Alle Maßnahmen plante man immer in Zusammenarbeit mit dem Beauftragten für Fledermausschutz und der HGN. Bis heute sind 11 Höhlen, zumeist durch massive Stahlgitter, dauerhaft geschützt. Die HGN, als betreuender Verein, hat nach wie vor Zugang, allerdings immer in Absprache mit dem Fledermausbetreuer. Der fledermausgerechte Verschluß so vieler Höhlen und damit die Sicherung der lebenswichtigen Winterquar-

tiere allein ist schon ein Erfolg. Die Zukunft wird uns zeigen, ob die Bestände in den gesicherten Höhlen zunehmen oder nicht. Für Höhlen, die schon seit einigen Jahren gesichert sind, können schon Aussagen gemacht werden. So ist der Bestand der überwinternden Mausohren in der Oberen Höhle nach der Sicherungsmaßnahme deutlich angestiegen. Auch der Bestand winterschlafender Teichfledermäuse in der Langenfelder Höhle nimmt zu. Alle verschlossenen Höhlen üben aber auch einen besonderen Reiz aus. Hinter einem Gitter muß ja etwas Wertvolles stecken, denn sonst wäre die Höhle wohl nicht verschlossen. Das Wertvolle, so soll an dieser Stelle betont werden, sind die Fledermäuse, die durch die Gitterverschlüsse vor unaufgeklärten und vor ungebetenen Höhlenbesuchern geschützt werden sollen. Auch für in Höhlenvereinen organisierte Höhlenforscher und -schützer gilt es, die Höhle als Lebensraum der Fledermäuse so selten wie möglich und so oft wie nötig zu betreten. Und so hat die Höhlengruppe Nord (HGN) in ihrem behutsamen Umgang mit den Höhlen und durch jahrzehntelange Erfahrungen in der Höhlenforschung und im Höhlenschutz einen wesentlichen Beitrag zum Naturschutz geleistet. Dieser Bericht soll schließlich der Aufklärung dienen zum Thema Schutz des Lebensraumes Höhle und Erhaltung bzw. Aufstockung unserer vom Aussterben bedrohten Fledermausbestände.

## LITERATUR


BAKER, J. (1961): What about bats? – Carlsbad Caverns Natural History Association, Carlsbad New Mexico.

BLAB, J. (1980): Grundlagen für ein Fledermaus-Hilfsprogramm. – Themen der Zeit, Hrsg.: Einhard Bezzel, Kilda-Verlag, Greven.

BEKIERZ, F. W. & H. BRASSELER (1985): Bibliographie über Fledermaus-Bibliographien CHIROPTERA. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **77**, 1–139, Frankfurt a. M.

GEBHARD, J. (1982): Unsere Fledermäuse. – Veröffentl. aus dem Naturhist. Museum Basel, **10**.

HECKENROTH, H. & B. POTT-DÖRFER (1988): Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen. Beiträge zum Fledermausschutz in Niedersachsen 17. – Niedersächsisches Landesverwaltungsamt – Fachbehörde für Naturschutz.

HECKENROTH, H. & B. POTT-DÖRFER (1990): Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen. Beiträge zum Fledermausschutz in Niedersachsen 26. – Niedersächsisches Landesverwaltungsamt – Fachbehörde für Naturschutz.

KULZER, E. (1981): Winterschlaf. – Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde. Serie C, **14**.

KULZER, E. & M. SCHÄFFLER (1985): Fledermäuse: Lebensweise – Bedrohung – Schutz. – Materialhefte zur Karst- und Höhlenkunde.

NATUSCHKE, G. (1960): Heimische Fledermäuse. – Die Neue Brehm Bücherei, Magdeburg.

RICHARDS, K. & A. LIMBRUNNER (1992): Fledermäuse. Fliegende Kobolde der Nacht. – Franckh-Kosmos Verlags GmbH und Co, Stuttgart.

SCHOBER, W. (1983): Mit Echolot und Ultraschall – Die phantastische Welt der Fledertiere. – Herder Verlag, Freiburg im Breisgau.

SCHOBER, W. & E. GRIMMBERGER (1987): Die Fledermäuse Europas. – Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart.

VANDEL, A. (1965): Biospeleology. The biology of cavernicolous animals. – Pergamon Press, Oxford.

YALDEN, D. W. & P. A. MORRIS (1975): The lives of bats. – Quadrangle The New York Times Book Co., New York.

# 9. STEINBRUCHBETRIEB UND NATURSCHUTZ – STEINBRÜCHE ALS LEBENSRAUM

**(von JOSEF WÄRMER – SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG)**

Der Zielkonflikt zwischen der Sicherung und Nutzung heimischer Gesteinsrohstoffe einerseits und dem Natur- und Landschaftsschutz andererseits muß ergebnisoffen diskutiert werden. Steinbruch und Naturschutz müssen keinen Widerspruch darstellen, sondern können sich ergänzen. Gespräche sollen nicht der Kritik dienen, sondern mögliche Konflikte beseitigen, damit Rohstoffgewinnung und Naturschutz harmonieren. Es wird der Sache – nämlich unserer gemeinsamen Umwelt – dienen.

## 9.1 Lagerstätten und Bedarf des Menschen

An der erdgeschichtlichen Zeittafel ist abzulesen, wann, wo und welche Naturgesteine uns die Natur vor Abermillionen von Jahren als Bodenschatz zur Verfügung gestellt hat. Naturgestein ist standortgebunden. Es kann daher nur dort abgebaut werden, wo seine Lagerstätten sind. Aber meist nur die zugänglichen, weil oberflächennahen Gesteinslagerstätten, sind wirtschaftlich erreichbar. Oftmals sind diese bodennahen Rohstoffe durch Infrastruktur oder konkurrierende Nutzungsansprüche nicht abbaubar. Auch nicht jedes Naturgestein ist hinsichtlich seiner technischen bzw. chemischen Eigenschaften verwertbar. Letztlich muß das gewinnbare Naturgestein verbrauchernah plaziert sein, damit später unnötige Verkehrsbelastungen und Frachtkosten vermieden werden. So gesehen ist unser Land doch nicht „stein-reich", denn nur wenige sorgsam ausgesuchte Lagerstätten können alle diese Ansprüche an einen Naturgesteinsabbau erfüllen – wenn dann nicht noch als letzte entscheidende Hürde die oft fehlende öffentliche Akzeptanz, überspannte Umweltansichten, lokale Interessen, St. Florian-Verhalten und schwierige sowie zeitraubende Genehmigungsverfahren wären.

Ein Verzicht auf einen Naturstein-Abbau ist deshalb undenkbar, solange wir Menschen Baumaterialien für Verkehrsflächen und Baulichkeiten sowie Rohstoffe für andere industrielle Prozesse etc. benötigen. Wir Menschen wünschen Schutz und Geborgenheit in unseren Häusern. Wir beanspruchen sichere und komfortable Straßen und Schienenwege, um uns stets fortbewegen zu können. Wir benötigen Fabriken und Bürogebäude, um unserer Arbeit nachzugehen. Unsere Kinder sollen in gesunden Kindergärten, Schulen und Universitäten untergebracht werden, etc. etc. Wenn es also darum geht, menschengerecht, d. h. umweltbewußt mit natürlichen Materialien zu bauen, so können wir auf eine Mindestversorgung mit Naturgestein als Roh- und Massenbaustoff etwa auf der Höhe des heutigen Niveaus auch in Zukunft nicht verzichten. Denn Wachstum unserer Industriegesellschaft bedeutet Verbrauch großer Mengen mineralischer Rohstoffe, und dies heißt, Gewinnungsstätten für Naturgestein in unserem Lande vorzuhalten. Aber anders als in der Konsumgesellschaft, wo durch Werbung Bedarf künstlich erzeugt werden kann, sind Rohstoffproduktion und Rohstoffabsatz entsprechend dem Bedarf unserer Gesellschaft angepaßt. Es wird nicht zum Selbstzweck abgebaut und produziert. Die Naturstein-Industrie betreibt also unumgänglich Bedarfsdeckung und nicht Bedarfsweckung. Wir Menschen schaffen diesen Bedarf nach Naturgestein selbst, und wir entnehmen der Natur das, was wir zur Deckung unseres täglichen Bedarfs benötigen, denn der Rohstoffverbrauch ist direkt abhängig von unseren Wünschen. Der Abbau-Unternehmer bleibt daher in erster Linie für die Versorgung dieses Marktes mit Gesteinsstoffen und für den schonenden Umgang mit diesen natürlichen Ressourcen verantwortlich. Denn Naturgestein ist nur sehr begrenzt substituierbar bzw. durch Recyclingstoffe ersetzbar.

## 9.2 Eingriff in Natur- und Kulturlandschaft

Niemand wird also die Notwendigkeit des Gesteinsabbaues und dessen volkswirtschaftliche Bedeutung ernsthaft in Frage stellen wollen. Aber: Gesteinsabbau und die damit verbundene

Rohstoffversorgung bedeuten selbstverständlich einen notwendigen Eingriff in Natur- und Kulturlandschaft. Dieser Eingriff in Kulturlandschaften geschieht in der Regel aber nur vorübergehend, mit begrenzter Landinanspruchnahme, und schafft am Ende neue Lebensräume in Sonderlandschaften. Rohstoffgewinnung und Naturschutz sind also Ergänzungen und kein Widerspruch, weil Gesteinsabbau auf Dauer ein Vorteil für die Natur und eine Chance für den Naturschutz ist. In unserem Lande können wir ebensowenig auf Natur und Naturschutz verzichten wie auf den Abbau oberflächennaher Naturgesteine.

Ein vorübergehender Eingriff bedeutet, daß anders als bei Industrie, Gewerbe, Siedlungsbau, Verkehrsinfrastruktur und öffentlichen Einrichtungen die Fläche nicht für alle Zeit der Naturnutzung entzogen, sondern nur vorübergehend in Anspruch genommen wird. In der Regel findet eine mehr oder weniger lange Zwischennutzung einer Fläche, also eine Leihe und kein endgültiger Flächenverbrauch statt. Die begrenzte vorübergehende Landinanspruchnahme durch Naturgesteinsabbau resultiert aus der Tatsache, daß anders als bei anderen Rohstoffen die Abbaumächtigkeiten hoch sind und damit der vorübergehende Flächenverbrauch gering ist.

Wachstum unserer Industriegesellschaft in unserem eng besiedelten Land mit ehemals ländlich geprägter Region aber zunehmender Bevölkerungszahl bedeutete in der Vergangenheit auch flächendeckende Verdrängung von Naturlandschaften. Es wurden dauerhafte naturfremde Infrastrukturen und Kulturlandschaften geschaffen, auf denen nunmehr intensive menschliche Nutzung durch monotone Land- und Forstwirtschaft betrieben wird. Unter großen Verlusten bei Flora und Fauna wurden aus artenreichen Naturlandschaften bzw. noch halbwegs naturnahen Kulturlandschaften jener Zeitabschnitte biologisch arme Kulturlandschaften heutiger Prägung. Diese Umbildung vollzog sich zu Gunsten des dynamischen Wachstums von Bevölkerung und Wohlstand, Produktion und Konsum mit all seinen Wohlstandswirkungen, auf die wir Menschen heute nicht verzichten möchten. Diese z. T. Jahrhunderte alten naturnahen Ökosysteme sind flächendeckend nicht wieder zurückzuführen.

Das menschliche Auge empfindet häufig den Anblick eines Steinbruches als „offene Wunde", „Zerstörung der Kulturlandschaft in der nahen Umgebung" oder als „Störobjekt in einer flurbereinigten Landschaft". Demgegenüber werden natürliche Klippenformationen, wie z. B. die Hohenstein-Klippen im Süntel, als durchaus natürlich empfunden und als Naturdenkmal betrachtet. Eine Ähnlichkeit mit der Abbruchkante eines Steinbruchbetriebes ist daher rein zufällig. Manche Bürger empfinden den Betrieb eines Steinbruches als störend. Ihnen ist der Bezug zu diesem natürlichen Rohstoff verlorengegangen, denn sie beachten nicht, daß sie den Bedarf an Naturgesteinprodukten selber schaffen, weil auch ihr Leben in so vielfältiger Weise dadurch beeinflußt wird. Diese Bürger sollten erkennen, daß wir heute nun einmal in einer Kulturlandschaft leben, daß Gesteinsabbau fast nur auf biologisch armen nach ökonomischen Gesichtspunkten bewirtschafteten Kulturflächen mit entweder monotoner landwirtschaftlicher Nutzung oder forstwirtschaftlichem Wirtschaftswald, vergleichbar einer Holzfabrik, stattfindet.

## 9.3 Steinbrüche als Lebensräume

Es gilt zu begreifen, daß schon während der Abbauphase, aber ganz sicher nach Beendigung des Gesteinsabbaues Steinbrüche als Rückzugsgebiete wichtige Funktionen innerhalb des Naturhaushaltes übernehmen. Sie werden zu einer neuen Heimat mit neuen Lebensräumen für selbst nach der Roten Liste seltene und artenbedrohte Tiere und Pflanzen. Rekultivierung und Renaturierung läßt nach einer Erholungskur für die Natur große Chancen für die Entwicklung bedrohter und schützenswerter Biotope entstehen. Es spricht für sich, daß die meisten kartierten Biotoplandschaften in unserem Lande ehemalige Abbaustätten von Rohstoffen sind. Jeder Steinbruch ist eine Vorbereitung auf eine zukünftige neue und artenreiche Naturlandschaft mit biologischer Vielfalt durch Biotopvielfalt – eine ökologische Keimzelle (Abb. 29 u. 30).

Der Eingriff in die Natur und Kulturlandschaft endet mit der sinnvollen Wiedereingliederung der abgebauten Flächen in eine Folgenutzung, die die natürlichen Gegebenheiten der Ab-

baustelle berücksichtigt. Hierunter waren bisher und überwiegend land- und forstwirtschaftliche Nutzungen zu verstehen. Beim Vorhandensein besonders geeigneter geologischer Barrieren kann eine Nachnutzung als Deponie im öffentlichen Interesse liegen. Auch Erholungs- und Freizeitnutzungen mit angelegten Badeseen, Angelsportflächen, Sportplätzen, geologischen Lehrpfaden, befahrbaren Tropfsteinhöhlen, Kletterwänden, Schießsportanlagen, Freilichtbühnen etc. kommen in Betracht. Die Nutzung als Industrie- und Gewerbeanlage sowie als Siedlung kann dort sinnvoll sein, wo eine entsprechende Infrastruktur vorhanden ist. Eine Nutzung für Zwecke des Naturschutzes verbindet allerdings am sinnvollsten beide Zielsetzungen – nämlich den vorangegangenen Gesteinsabbau mit der Schaffung einer artenreichen Naturlandschaft. Dieser Trend muß gefördert werden, da dies in einem hohen Maße zur Akzeptanz des zukünftigen Rohstoffabbaues beitragen wird. Die Steine- und Erdenindustrie ist wohl der einzige Industriezweig, der während und nach seiner Tätigkeit Lebensräume hinterläßt.

## 9.4 Rekultivierung

Rekultivierung bedeutet aktive Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit und der ursprünglichen Pflanzendecke, wobei auch hauptsächlich landschaftsästhetische Gesichtspunkte und die Wiederherstellung des früheren Zustandes im Vordergrund stehen. Der Schwerpunkt liegt in der planmäßigen Wiedernutzbarmachung der Fläche für menschliche Zwecke, damit diese nach dem Abbau genauso wieder genutzt wird wie zuvor – als Kulturfläche. In der Regel folgen Rekultivierungsmaßnahmen schon während des Gesteinsabbaues sukzessiv dem Abbaufortschritt.

Der Rekultivierung kann oder sollte eine geomorphologische Wiedereingliederung vorangehen. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, Teilflächen mit unbelastetem Erdaushub aufzuschütten, um das ursprüngliche und gewollte Landschaftsprofil wiederherzustellen. Dies hat zugleich den positiven Effekt, daß etwa Aushub von Erd- und Gesteinsmassen für den Wohnungs- und Straßenbau der Natur wieder zugeführt wird und eine Bodenmodellierung ermöglicht. Denn neben der Flächengestaltung ist in erster Linie der aufgebrachte Boden wichtig, weil Boden der Lebensraum für alle Kulturpflanzen ist.

Die Rekultivierung verlangt nicht nur die Beachtung von bodenkundlichen Gesichtspunkten, auch ist eine differenzierte Betrachtungsweise von Besonderheiten der land- und forstwirtschaftlichen Wiedernutzbarmachung erforderlich. Während die Landwirtschaft Wert auf Zwischenbegrünung legt und auf die Art der Bewirtschaftung in den ersten Jahren nach Abschluß der Rekultivierung, muß die Forstwirtschaft besonders auf kleinklimatische Verhältnisse, Relief und Harmonie der Forstpflanzen achten, weil sich Versäumnisse im nachhinein nur sehr aufwendig lösen lassen. Rekultivierung kann zur Bereicherung einer ausgeräumten Landschaft beitragen, z. B. durch extensive Folgebewirtschaftungsformen wie extensive Acker-, Grünland- und Streuobstnutzung. In jüngster Zeit wird allerdings das Konzept der Rekultivierung, also der „Nach-Behandlung", des „in die Landschaft wieder einpassen", der „landschaftsgerechten Begrünung" oder „ordnungsgemäßen Wiedernutzbarmachung" zunehmend in Frage gestellt. Hilfe durch Selbsthilfe der Natur oder „Renaturierung" ist angesagt. Gemeint ist, daß sich die Natur das Gewinnungsgebiet selbst zurückerobert. Im Ergebnis läßt sich feststellen, daß sowohl durch gut durchgeführte Rekultivierungs-, insbesondere aber durch Renaturierungsmaßnahmen die jeweiligen Flächen vielfach eine Aufwertung gegenüber dem Zustand vor dem Eingriff, also vor dem Gesteinsabbau, erfahren.

## 9.5 Renaturierung

War bisher die Hauptursache des Artenschwundes die Beseitigung von Sonderstandorten, so ist es zukünftig Ziel der Renaturierung, einen erfolgsorientierten Ausgleich für den Eingriff in Natur und Kulturlandschaft dadurch zu schaffen, daß Sekundärlebensräume einer Vielzahl von

selten gewordenen Tier- und Pflanzenarten zur neuen Heimat werden. Die Fachwelt definiert die Renaturierung als einen Prozeß der natürlichen Besiedlung von heimischen Pflanzen- und Tierarten an einem vom Menschen geschaffenen Standort, um einer standort- und klimagerechten Lebensgemeinschaft zuzustreben. Dabei kann die Renaturierung durch „Liegenlassen", also aus eigener Kraft selbständig und ohne jegliche Einflußnahme des Menschen verlaufen. Sie kann aber auch durch gezielte initiale Bepflanzungen und anschließendem „Sichselbstüberlassen" eingeleitet werden und erfolgt dadurch in der Anfangsphase beschleunigt. Sie kann aber auch als sogenannte kontrollierte Renaturierung ähnlich der Rekultivierung gezielt durch Planung, Anlage, Bepflanzung und anschließender Pflege in ihrem Verlauf gesteuert werden. Die Renaturierung sieht eine „Naturschutznutzung" vor, die den Eigenarten und Möglichkeiten des Abbaugebietes und den ökologischen Bedingungen im jeweiligen Landstrich angepaßt ist.

### 9.5.1 Sukzession

Das ungestüme floristische und faunistische Entwicklungspotential eines Steinbruches sollte als Chance für den Naturschutz begriffen werden. Durch äußerst zurückhaltende Herrichtungsarbeiten wird die Abbaustätte behutsam auf eine Inbesitznahme durch die Natur vorbereitet. Auf diesen Pionierflächen setzt dann rasch die Erstbesiedlung mit Pionieren der Pflanzen- und Tierwelt ein. Im Laufe der natürlichen Sukzession wird später unter Verlust des jugendlichen Reizes der Pionierstadien ein reiferes Stadium erreicht. Teilweise kommen konkurrenzstärkere Folgegesellschaften auf, bis sich nach langer Zeit Gehölze, Wälder und am Ende der Sukzession neue Schlußgesellschaften eingefunden haben. Gerade diese unterschiedlichen und ungestört ablaufenden Sukzessionsstadien in enger Nachbarschaft machen den Naturschutzwert der Flächen aus. So schafft die Natur selber ein überaus abwechslungsreich ausgestattetes naturschutzwürdiges Kleinod.

### 9.5.2 Natürliche Wiederbesiedlung

Je nach Umfeld des Steinbruches ist die Dauer und Qualität einer Wiederbesiedlung von zahlreichen Faktoren abhängig. Zunächst wandern diejenigen Arten ein, die nahe am Steinbruch leben. Eine Besiedlung über weite Entfernungen ermöglichen Ausbreitungsmechanismen, über die Vögel, flugfähige Insekten und Pflanzen mit Samen, die vom Wind transportiert werden, verfügen. Die Entfernung des Steinbruches also zu einem potentiellen Lieferbiotop, die Verbreitungsweise einer bestimmten Art und der Einfluß des jeweiligen Umfeldes führen letztlich zu standortgerechten Lebensgemeinschaften.

### 9.5.3 Dynamik

Großflächig zum Abbau genehmigte Bereiche gestatten es, auch größere Flächen für die Entwicklung von „temporären Lebensräumen" zur Verfügung zu halten. Natürlich dürfen dem Abbauunternehmer aus der dynamischen Bedeutung dieser Wanderbiotope keine unabsehbaren Nachteile entstehen. Weil eben die Lebensansprüche vieler Tier- und Pflanzenarten heute soweit bekannt sind, und weil Flora und Fauna von jeher gewohnt sind, sich ständig wechselnden Bedingungen anzupassen, kann man diesen Arten Lebensräume auch gezielt gestalten. So können kurzfristig regenerierbare Lebensräume, wie z. B. Feuchtstandorte, mit Großgeräten sogar verlagert werden. Auch hat sich der Einsatz von Mähgut mit den darin enthaltenen Samen von Halbtrockenrasen auf zu renaturierende Flächen des Steinbruches als erfolgsversprechend herausgestellt. Selbst Trockenrasengesellschaften lassen sich durch Umsetzen gut verpflanzen oder durch gezieltes Ausbringen einzelner Pflanzen oder durch Einsäen in entsprechend vorbereiteten Substraten neu anlegen.



Abb. 29: *Hieracium sylvaticum* (Waldhabichtskraut)

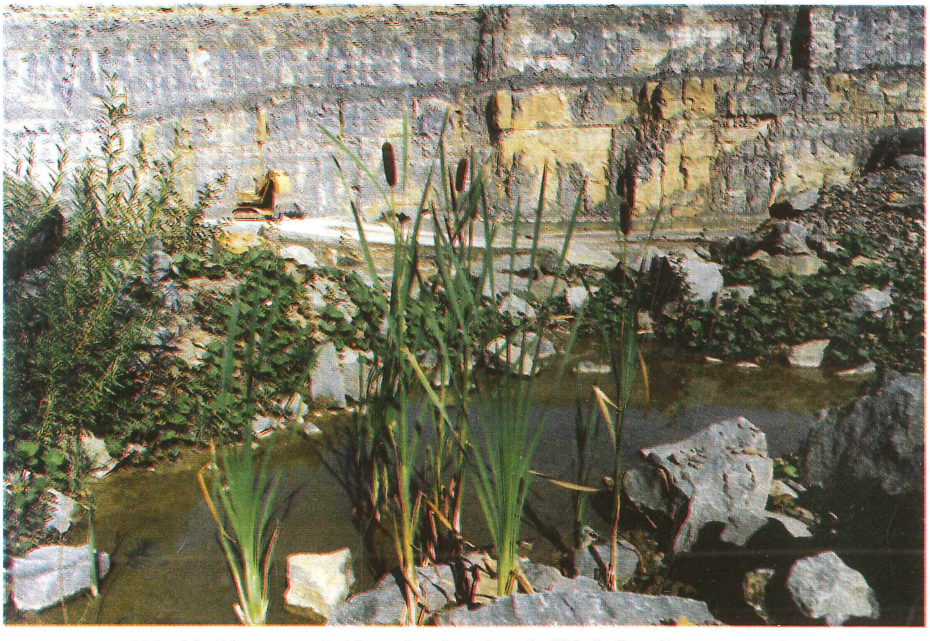


Abb. 30: Biotopentwicklung im Steinbruch (Werk Segelhorst, Süntel)

### 9.5.4 Mangelstandorte

Die Naturstein-Industrie mit ihren vielfältigen Abbaustätten ist insbesondere befähigt, bedeutende Sonderstandorte für den Arten- und Biotopschutz anzulegen und damit wichtige Funktionen innerhalb des Naturhaushaltes zu übernehmen, da diese Biotope heutzutage besonders selten und deshalb ausdrücklich geschützt sind. Diese ökologischen Mangelstandorte zeichnen sich durch extreme und außergewöhnlich vielfältige Standortbedingungen aus, denn sie sind einmal zu trocken, anderswo zu feucht oder nährstoffarm, in anderen Fällen wieder zu steinig oder zu humos, sauer oder basisch, sonnig oder schattig, windexponiert oder geschützt; derartigen Kombinationen sind keine Grenzen gesetzt. Weil Steinbrüche in teilweise sehr komplexer Art und Weise mit ihrer Umwelt verzahnt sind, sind sie auch in der Lage, vielen gefährdeten Tier- und Pflanzenarten bereits während der Abbautätigkeit und insbesondere nach Abbauende diesen geeigneten Lebensraum anzubieten. Dies können erfolgreich renaturierte schützenswerte Sonderbiotope wie Steilwände, Böschungen, Steinbruchsohlen, Abraumhalden, Wechselfeuchtflächen und Gewässer als Initial- und Rückzugsbiotope sein.

### 9.5.5 Beispiele

Sind auch Steinbrüche für den oberflächlichen Betrachter lediglich nutzlose „Wunden in der Landschaft", so zeigt doch oft der direkte Vergleich der Gesamtartenzahl von noch betriebenen Steinbrüchen und ihrem Umfeld, daß Steinbrüche bei nur 5–10 % des Flächenvolumens seines betrachteten Umfeldes, mindestens aber die Hälfte der Artenzahlen des Umfeldes aufweisen. In stillgelegten Steinbrüchen sind im allgemeinen sogar erheblich mehr Arten anzutreffen als im Umfeld. So stellen Steinbrüche selten vorhandene Rückzugsgebiete und Ersatzstandorte für die ehemalige Fauna und Flora dar, welche in den genutzten Kulturlandschaften kaum noch geeignete Lebensräume finden wie z. B. Ackerwildkräuter, Grünlandarten, Laufkäfer, Heuschrekken, Spinnen, Schmetterlinge etc. Als klassisches Beispiel finden besonders bedrohte Tierarten wie Uhu und Wanderfalke neue Überlebensmöglichkeiten in den nährstoffarmen Lebensräumen und den Felswänden eines Steinbruches. Zahlreiche Vogel- und Insektenarten sowie eine Vielzahl von Pflanzenarten dokumentieren eine hohe Biotop- und Artenvielfalt. So sind Abbaustätten für Kreuz-, Wechsel- und Geburtshelferkröten, Gelbbauchunken und Orchideen ideale Ersatzstandorte für den Verlust ihrer Primärlebensräume. Steinbrüche zählen zu den besten Amphibien- und Reptilienstandorten, weil Amphibien in den oft zahlreichen und verschiedenen flachen Tümpeln und Wasseransammlungen ablaichen können, während die Reptilien die südexponierten, unvollständig bewachsenen Böschungen besiedeln. Um diesen Lebensraum zu erhalten, ist allerdings von Zeit zu Zeit eine Pflegemaßnahme zur Auslichtung des Bewuchses unabdingbar notwendig. Bei Gebüschen und waldfreien Flächen siedeln sich Flechten und Moose, in dem wärmeren Mikroklima von Felsnischen und Hängen Felsbandgesellschaften an etc. etc.

## 9.6 Schluß

In Steinbrüchen wird der Kreislauf der Naturgesteine sichtbar. Hier sind Bodenschätze vorhanden, deren Nutzung die lebens- und überlebensnotwendigen Bedürfnisse und Wünsche der Menschen befriedigt. Hier wird der notwendige Eingriff in die Natur- und Kulturlandschaft deutlich, welche am Ende durch verantwortliche Maßnahmen auf Grund umweltgerechter Planung eine ökologisch ausgewogene Naturlandschaft hinterläßt. Auf dieser Grundlage können Rohstoffgewinnung und Naturschutz miteinander harmonieren – im Einklang mit der Natur. Die Steinbruchindustrie schafft Lebensräume für Pflanzen, Tiere und Menschen.

„Das, was wir heute tun, entscheidet darüber, wie die Welt von morgen aussieht"
(Boris Pasternak)

## LITERATUR

BECKER-PLATEN, J. D. (1995): Renaturierung von Abgrabungsflächen der Steine und Erden-Rohstoffe als Chance zur Schaffung von schützenswerten Biotopen. – Berichte der Reinhold-Tüxen Gesellschaft, Rinteln Symposium IV, Rinteln, **7,** 169–188.

BEISSWENGER, T. (1996): Rekultivierung und Naturierung. – Die Naturstein-Industrie **2,** 19–24.

## 10. SCHLUSSWORT (von RAINER FABISCH)

Für die organisierte Höhlenforschung bietet sich in den Höhlen des Wesergebirges und des Süntels noch ein weites Betätigungsfeld. Die zukünftigen Schwerpunkte in der Erforschung der Höhlen und deren Umfeld sind:

1. Rekonstruktion der Entwicklung der Riesenberghöhle durch Höhlensedimentuntersuchungen, Bestimmung der Wasserfließrichtungen anhand von Fließfacetten u.v.a.m.
2. Detailuntersuchungen der Dolinen nördlich der Südwehe hinsichtlich ihrer Entstehung und ihrer Eigenschaft als Repräsentanten verstürzter Höhlenräume.
3. Höhlenforschung in den Klufthöhlen des Wesergebirges vorzugsweise unter archäologischen Gesichtspunkten.
4. Detailuntersuchungen der Bergrutsch- bzw. Bergsturzphänomene am Amelungsberg und am Hohenstein. Die Ergebnisse dieser Fallstudien stellen das Ausgangsmatertial für zukünftige Untersuchungen ähnlich gearteter geologisch-geomorphologischer Situationen im Wesergebirge dar.

Die höhlenforschenden und steinbrechenden Autoren leisten mit diesem Beitrag Aufklärungsarbeit zu den Inhalten der organisierten Höhlenforschung und zum Höhlen- und Fledermausschutz sowie zum Naturschutz. Sie dokumentieren weiterhin, wie ökologische und ökonomische Interessen miteinander harmonieren können und eine übergreifende Zusammenarbeit funktionieren kann. Erst durch die Steinbrucharbeiten konnten die schönsten Höhlen des Süntels zugängig gemacht werden, die neuen Lebensraum für Fledermäuse bedeuten. Und nach Renaturierung von Steinbruchareal wird weiteres ökologisches Neuland für Flora und Fauna gewonnen sein.

Schließlich soll deutlich herausgestellt werden, daß die Ergebnisse der bis heute geleisteten Vereinsarbeit der Höhlengruppe Nord e. V. nur durch die enge Zusammenarbeit mit den Naturschutzbehörden, dem Institut für Denkmalpflege und mit der SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG erreicht werden konnten. Im Namen der Höhlengruppe Nord e. V. möchte ich hierfür danken den Herren Schmidt (Obere Naturschutzbehörde, Hannover), Bosse und Dr. Caspari (Forstamt Oldendorf), Dr. Cosack (Institut für Denkmalpflege, Hannover) und der SSS Schaumburger Steinbrüche GmbH & Co. KG, Steinbergen.

## HÖHLENFACHBEGRIFFE (Auswahl)

**Aktive Höhle**

Höhle, die vom Wasser durchflossen wird und durch dessen Arbeit sich vergrößert

**Befahrung**

Der Bergmann „befuhr" mit „Fahrten" (Leitern) seine Grube. In Anlehnung daran befährt auch der Höhlenforscher eine Höhle – gleichgültig, ob gegangen, gekrochen oder auf Leitern geklettert wird.

**Calcit**

Eine Mineralform des Calciumkarbonats; mit Abstand das häufigste Sintermineral.

**Deckenkolk**

Durch Mischungskorrosion entstandene Hohlform an der Höhlendecke.

**Doline**

Kommt vom slowenischen Wort „Dolina" für Tal, auch Karsttrichter genannt. Bezeichnet kesselförmige Einsenkung oder auch Einbrüche im Karstgebiet.

**Erdfall**

Oberflächenhohlform in Karstgebieten, die auf den Einsturz von Höhlen zurückgeht.

**Excentriques**

Gekrümmte Sinter aus Calcit, die von einer Kapillare durchzogen und nicht durch abtropfendes Wasser gebildet werden.

**Fließfacetten**

Muschelartige Lösungshohlformen an den Wänden turbulent durchströmter Höhlen.

**Höhlenlehm**

Am Höhlenboden sammeln sich Tonminerale, Eisenhydroxide und feiner Quarzsand als unlösliche Bestandteile des Kalkes und bilden zum Teil mächtige Lehmlager. Zusätzliches Material kann von der Oberfläche eingeschwemmt werden.

**Kalk**

Calciumkarbonat, wird von wässrigen Lösungen des Kohlendioxids chemisch angegriffen. Diese Korrosion führt zur Höhlenbildung. Kalk ist das verbreitetste Höhlengestein.

**Karst**

Nach der istrischen (Nord-Kroatien) Region benannter Landschaftstyp mit überwiegend unterirdischer Entwässerung. Typische Karstgesteine sind Kalk, Dolomit und Gips.

**Klüfte**

Das Gestein mehr oder weniger senkrecht zerteilende Fugen. Wasserwegsame Klüfte und die waagerecht liegenden Schichtfugen sind Vorbedingungen einer Höhlenbildung.

**Mischungskorrosion**

Grundlegender Prozeß der Höhlenbildung in Kalken und Dolomiten. Beim Aufeinandertreffen von zwar kalkgesättigten aber mit unterschiedlichem $CO_2$-Druck belasteten Wässern (z. B. an Kluftkreuzungen), wird erneut $CO_2$-freigesetzt und kann das gemischte Wasser kalkaggressiv machen.

**Phreatisch**

Bereich unter dem Karstwasserspiegel; Wasser fließt ohne freie Oberfläche unter Druck.

**Primärhöhlen**

Sie entstehen schon bei der Bildung des Umgebungsgesteins, z. B. Tuffhöhlen und Lavahöhlen.

**Schauhöhlen**

Mit Treppen, Wegen und Beleuchtung hergerichtete Höhlen, die gegen Entgelt ohne spezielle Ausrüstung besichtigt werden können.

**Schluf, schliefen**

Engstellen in Höhlen, bzw. das Durchkriechen solcher Engstellen. Unbekannte Schlüfe möglichst nie mit dem Kopf voran angehen, bei Festklemmen des Körpers ist Hilfe dann nicht schnell genug möglich. Sehr enge Schlüfe sollten nur von erfahrenen Höhlenforschern versucht werden.

**Sekundärhöhlen**

Höhlen, die erst nach der Bildung des Gesteins entstanden, beispielsweise durch Korrosion.

**Sinter**

Aus wässrigen Lösungen ausfallende Mineralbildungen. In Höhlen ist es in der Regel Calcit, der durch $CO_2$-Abgabe aus Sickerwässern auskristallisiert.

**Siphon**

Unter Wasser liegende Höhlenstrecke, die durchtaucht werden muß.

**Speläologie, Speläologe**

Die Höhlenkunde, bzw. der Höhlenkundler. Abgeleitet aus dem griechischen spelaion = Höhle, Grotte sowie logos = Wort, Lehrsatz. Als Bezeichnung der wissenschaftlichen Höhlenkunde im Deutschen gebräuchlich, im Englischen auch für die mehr sportliche Höhlenforschung. Die Speläologie umfaßt als interdisziplinäre Wissenschaft Aspekte aller Naturwissenschaften und einen großen Teil der Humanwissenschaften (z. B. Archäologie, Anthropologie und Historik).

**Stalagmiten**

Auf dem Boden aufwachsende Tropfsteine. Nach den Formen unterscheidet man Kerzen- und Palmstammstalagmiten. Sie entstehen durch auftropfendes Wasser.

**Stalaktiten**

Von der Decke hängende Tropfsteine, die durch abrinnendes und abtropfendes Wasser entstehen.

**Tropfsteine**

Aus abrinnenden Sickerwässern ausgeschiedene Calcit-Sinter.

**Vados**

Bereich über dem Karstgrundwasserspiegel, Bereich der Sickerwässer und frei fließender Höhlenbäche.

## QUELLEN

KEMPE, S., Hrsg. (1982): HB Bildatlas Spezial **4:** Höhlen in Deutschland, Hamburg
BAUER, E. W. (1971): Höhlen. Welt ohne Sonne. – Österreichischer Bundesverlag, Wien

Manuskript eingegangen: 18. 10. 1996

Anschrift des Herausgebers:

Rainer Fabisch
Heidweg 14
29313 Hambühren

## NATURHISTORISCHE GESELLSCHAFT HANNOVER

(Geschäftsstelle: Stilleweg 2, 30655 Hannover, Tel.: 05 11-6 43 24 70)

1. Ordentliche Mitglieder zahlen als Beitrag für ein Jahr 25,— DM zuzüglich 20,— DM für KULTURRING-Bezieher, Schüler und Studenten 15,— DM zuzüglich 20,— DM für KULTURRING-Bezieher.

   Bezug der Veröffentlichungen der NGH ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.

2. Überweisung der Mitgliedsbeiträge wird erbeten auf das Konto Nr. 101031664 bei der Norddeutschen Landesbank Hannover (BLZ 25050000) oder auf das Postgirokonto Hannover Nr. 6665-307 (BLZ 25010030).

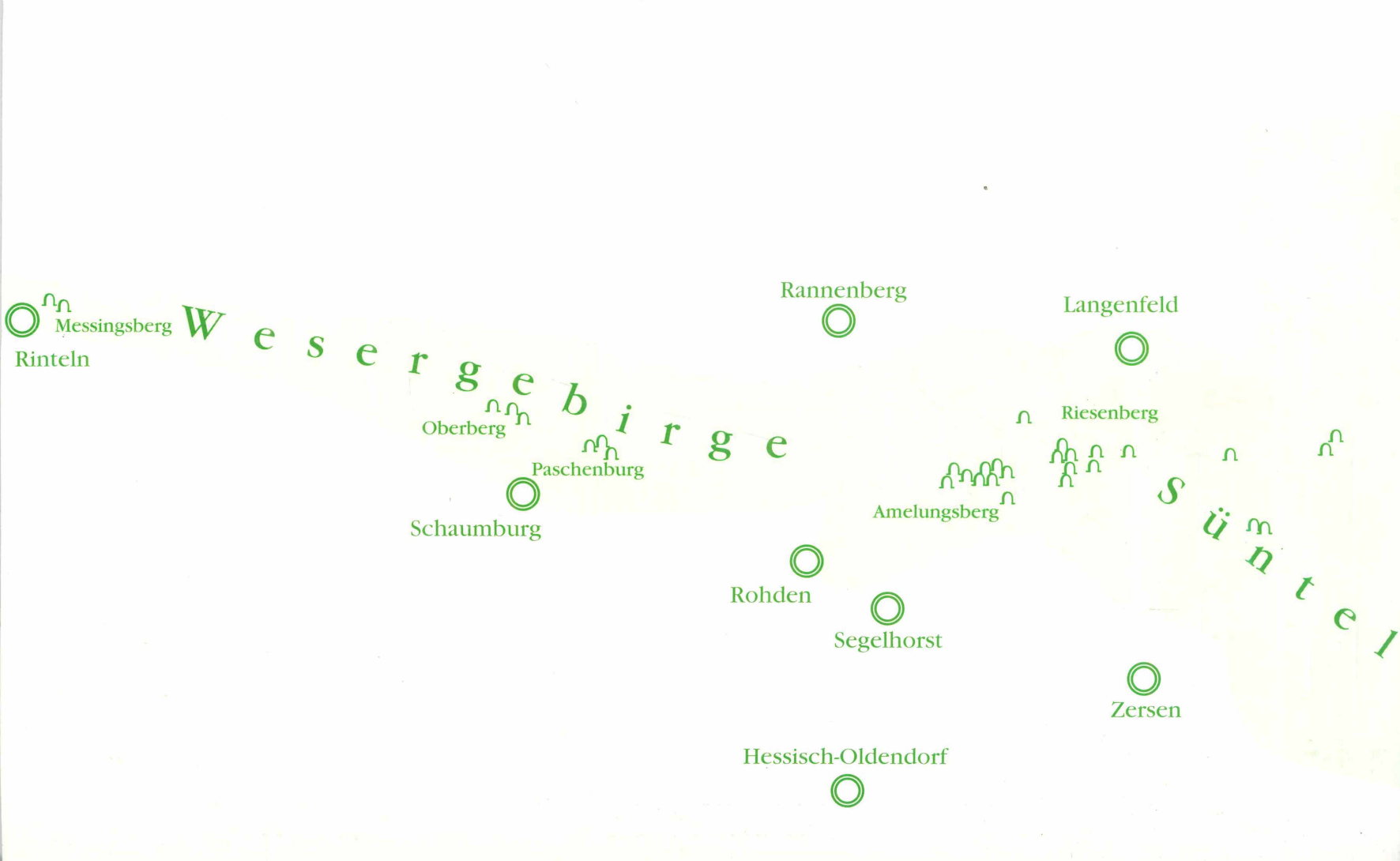
3. Zuwendungen an die NGH sind vom Finanzamt gem. § 4 Abs. 1 Ziff. 6 KStG als gemeinnützig anerkannt worden. Sie können daher von der Steuer abgesetzt werden.

4. Die »Berichte« der Naturhistorischen Gesellschaft erscheinen in der Regel einmal im Jahr, die »Beihefte« in unregelmäßiger Folge.

### ☞ Mitgliederwerbung!

Für die Werbung eines neuen Mitgliedes
gewährt die Naturhistorische Gesellschaft Hannover
als P r ä m i e wahlweise einen Bericht oder ein
Beiheft ihrer erhältlichen Veröffentlichungen
oder einen Regenschirm mit NGH-Emblem.

Beitrittsformulare können von der Geschäftsstelle
bezogen werden.


Messingsberg
Rinteln
Weserg e b i r g e
Rannenberg
Langenfeld
Oberberg
Paschenburg
Schaumburg
Riesenberg
Amelungsberg
Süntel
Rohden
Segelhorst
Zersen
Hessisch-Oldendorf