

Unsere Außenstelle in Greding entwickelt sich als sehr aktive Tochter. Naturgemäß spielen dabei Karstphänomene eine bedeutende Rolle. Professor Schnitzer von der Universität Würzburg befaßt sich mit einem auffälligen Sinterfund, der zu lebhaften Diskussionen Anlaß gegeben hat.

**A. Forstmeyer und W. A. Schnitzer**

## **Außergewöhnliche Stalagmiten („Säulensinter“) aus einem Dolinenschacht des Malm Delta bei Pfraundorf (Altmühlalb)**

### **Zusammenfassung**

Im Steinbruchbetrieb der Fa. Geiger bei Pfraundorf im Altmühlal (Blatt Nr. 6934, Beilngries) wurde ein lehmgefüllter Dolinenschacht heruntergesprengt, der über 100 Tonnen Sinter enthielt, welcher im Aufbau von den sonst üblichen Höhlensintern und Tropfsteinbildungen abweichende Oberflächen- und Innenstrukturen aufwies. Neben den typischen Kalkausscheidungsformen fand sich in diesem „Schachtsinter“ auch Kalklösung an ausgedehnten Flächen. Die Anlage des Dolinenschachtes könnte bis ins jüngste Tertiär reichen, die Sinterbildungen sind wahrscheinlich quartären Alters. Das Problem der Kalkausscheidung und -lösung wird diskutiert.

### **1. Fundgeschichte**

Dem Interesse von Herrn Karl Mayer (Greding), sowie der Aufmerksamkeit und dem Entgegenkommen von Herrn H. Geiger (Pfraundorf) haben wir die Kenntnis von weiteren, ungewöhnlichen Sinterbildungen auf der Altmühlalb (FORSTMAYER - SCHNITZER 1976) zu verdanken. Herr Mayer hatte auf seinem Grundstück in Greding einen „Schachtsinter“, wie wir ihn vorerst nennen wollen, mit den Maßen 2,5 x 2 m Grundfläche, ca. 3 m Höhe und 20 Tonnen Gewicht aufgestellt (Abb. 1). Die Frage nach der Herkunft führte zum Steinbruchbetrieb der Fa. Geiger, Pfraundorf zwischen Kinding und Beilngries im Altmühlal.

Etwa in der Mitte der 300 m breiten Steinbruchswand kam zunächst eine mit rotbraunem Lehm erfüllte Spalte zutage. Beim Absprengen der Wand stürzte der Lehm auf die Halde und gab große Sintermassen frei,



Abb. 1 Größter Stalagmit („Säulensinter“) aus dem Dolinenschacht des Malm  $\delta$  des Steinbruchbetriebes Geiger in Pfraundorf. Herr K. Mayer, Greding im Vordergrund. Der Stalagmit ist 3 m hoch, 2,5 m breit und 2 m tief; Gewicht 20 Tonnen

(Foto: Schneider, Greding)

die z.T. zu Bruch gingen. Sie wurden von der Firma geborgen und gereinigt. Die schönsten Stücke sind bei der Fa. Geiger und Herrn Mayer (Greding) aufgestellt.

Nach Auskunft von Herrn Geiger und älterer Einwohner läßt sich die ursprüngliche Situation rekonstruieren (Abb. 2). Über der Spalte befand sich eine flache Doline mit den Ausmaßen 20 x 3 m und etwa 2 m Tiefe. Der

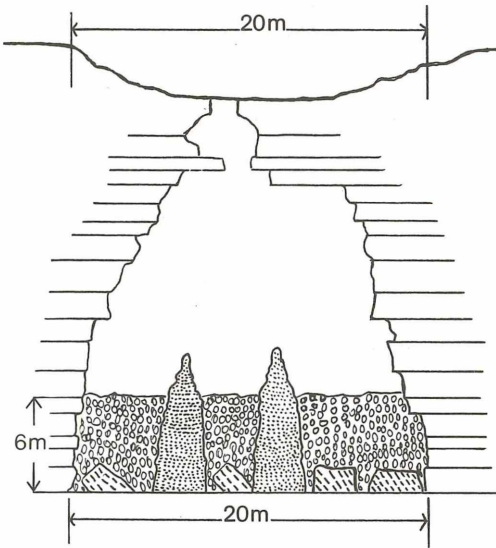


Abb. 2 Rekonstruktion des Dolinschachtes.

kleine Abzugskanal an der tiefsten Stelle wurde vor 40 Jahren wesentlich erweitert, so daß Herr Geiger sen. Gelegenheit hatte, den Dolinenhohlraum zu untersuchen. Aus Lehm und Schutt am Boden der Höhlung ragten die Spitzen von Stalagmiten etwa 1 m hoch heraus. Da es angenehm kühl war, wurde in den oberen Partien des Schachtes nach Einziehen eines Bodens Faßbier eingelagert.

## 2. Geologische Situation und Kalkkorrosion

Im ausgedehnten Steinbruch der Fa. Geiger in Pfraundorf, zwischen Beilngries und Kinding gelegen, war früher der untere Teil des Malm Delta mit ca. 30 m Mächtigkeit erschlossen. Im Norden reichte das Profil bis in die obersten Bänke des Malm Gamma 3 herab, im Süden des Bruches bildete, durch das Einfallen und einige Kleinverwerfungen bedingt, bereits Malm Delta die Bruchsohle (vgl. STREIM 1960). Der fortschreitende Abbau in den letzten 15 Jahren hat die Situation verändert.

Auf zwei Bruchsohlen wird heute im unteren Bereich die geschichtete Fazies des Malm Delta abgebaut, auf der zweiten Sohle überwiegend Riffdolomite des Malm Delta und  $\pm$  dolomitisierte Massenkalksteine. Im liegenden Stoß ist deutlich die Mergelplatte durchzuverfolgen, als wichtige Leitbank für die stratigraphische Abfolge im Malm Delta. Die geschichtete Fazies ist teilweise mit Annäherung an das Riff dolomitisiert, stark porös und kavernös. Der Riffdolomit im Westteil des Bruches liefert wertvollen Schotter, wobei die Dolomite, wie häufig auf der Südlichen Frankenalb, Kalzitüberschuß aufweisen.

Die Rekonstruktion des Dolinenschachtes nach A. Forstmeyer (Abb. 2) zeigt, daß die Doline und der Schacht im gebankten Malm Delta über der Mergelplatte gelegen haben. Wie weit der Schacht herunterreichte läßt sich nicht mehr genau klären. Nach einer gemeinsamen Ortsbesichtigung könnte er bis zu den Mergeln gereicht haben, die sich im Profil 5 m über der Mergelplatte befinden (vgl. auch Profil Pfraundorf, Abb. 4 in STREIM 1960).

Die Wässer, die in die ehemalige Doline eingespeist wurden, müssen vorwiegend aus den Bereichen der geschichteten Fazies und der massigen Fazies sowie aus der dolomitisierten Fazies des in der Umgebung anstehenden Malm Delta's gestammt haben. Niederschläge nehmen bereits in der Luft  $\text{CO}_2$  auf, jedoch steigt die  $\text{CO}_2$ -Aufnahme im Boden um ein Vielfaches 10 - 100fach). Maßgebend sind die Beschaffenheit des Bodens, seine Mächtigkeit, der Anteil an organischer Substanz und ihre mikrobakterielle Zersetzung, die Temperatur und viele andere Faktoren. Sie steuern den  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Bodenluft und damit die zusätzliche Kohlendstoffaufnahme durch die Sickerwässer und letztlich die Lösung der vorhandenen Karbonatgesteine (Korrosion).

Für die Bildung der im einzelnen beschriebenen Sinterformen standen hinreichend große Kalkareale zur Verfügung, die über die Zeiträume des Quartärs ausreichende Mengen

von Kalk lösen und wieder ausscheiden konnten. Der Lösungsvorgang in Karbonatgesteinen (Korrosion) und die Ausscheidung von Kalk aus Hydrogenkarbonat-Wässern geht auf die Wechselwirkung der in Lösung befindlichen Ionen zurück. In reinem Wasser, also ohne Kohlendioxidgehalt, wird zunächst eine sehr geringe Kalkmenge durch das Wasser direkt gelöst, wobei das Löslichkeitsprodukt durch die Formel

$$(\text{Ca}^{2+}) \cdot (\text{CO}_3^{2-}) = L (\sim 10^{-8})$$

ausgedrückt wird. Die in den Sickerwässern des Karstes in unterschiedlicher Menge vorhandene Kohlensäure dissoziiert in der ersten Stufe nach folgender Gleichung:

$$\frac{(\text{H}^+) \cdot (\text{HCO}_3^-)}{(\text{H}_2\text{CO}_3)} = K_1 (\sim 10^{-6})$$

Die  $\text{HCO}_3^-$ -Ionen können wieder aufgespalten werden wobei die Dissoziationskonstante sehr klein ist.

$$\frac{(\text{H}^+) \cdot (\text{CO}_3^{2-})}{(\text{HCO}_3^-)} = K_2 (\sim 10^{-10})$$

Letztlich läuft der Vorgang der Kalklösung oder der Kalkausscheidung auf den H-Ionen-Anteil hinaus (nach CORRENS 1949, S. 225, ZÖTL 1974) Ein wesentlicher Faktor für die Korrosion und/oder die Ausscheidung von  $\text{CaCO}_3$  ist der Anteil der gasförmig gelösten, der sogenannten freien Kohlensäuren. Neben dem Partialdruck wird der  $\text{CO}_2$ -Gehalt des Wassers vor allem durch die Temperatur beeinflusst. Bei Temperaturerhöhung von  $0^\circ\text{C}$  auf  $20^\circ\text{C}$  nimmt der Gehalt an freier Kohlensäure etwa um die Hälfte ab. Ebenso spielt der Druck für die Löslichkeit des  $\text{CO}_2$  im Wasser eine Rolle. Von Bedeutung ist gleichfalls die Größe der Kristalle, die die Gesteine aufbauen. Das zu transportierende Hydrogenkarbonat kann sich im Wasser nur dann halten, wenn eine bestimmte Menge „aggressives  $\text{CO}_2$ “ vorhanden ist. Entweicht das freie zugehörige  $\text{CO}_2$  z.B. bei Temperaturerhöhung, so muß Kalzit ausfallen.

Die Beziehungen zwischen Karbonathärte,

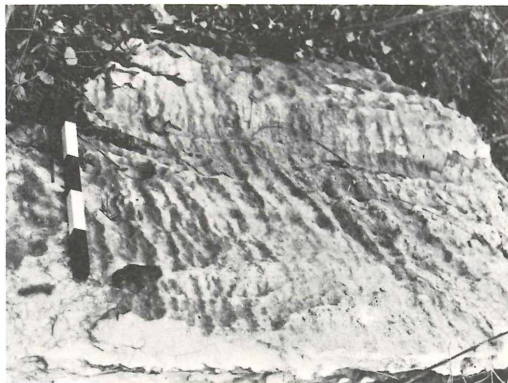


Abb. 3 Nachträgliche Lösungserscheinung an den Sintern von Pfraundorf

(Foto: Forstmeyer)

gebundener und freier zugehöriger Kohlensäure ist aus zahlreichen Lehrbüchern (KELLER-HAFFENEGGER 1951, BRINKMANN 1964) ersichtlich.

Zu der Härte 18, wie wir sie überwiegend in den Quellen der Altmühl-Alb finden, auch unterhalb des Steinbruches der Fa. Geiger, würden 140 mg pro Liter gebundenes und 76 mg/l freies  $\text{CO}_2$  gehören.

Ist so die Ausscheidung der verschiedenen Stalagmiten und anderer Sinterformen durchaus verständlich, so bereitet die Erklärung der tiefgreifenden Lösungskanäle, die Unterbrechung vorhandener Sinterbänder, zahlreiche Perforierungen und flächenhafte Anlösung an den Sinterformen mehr Schwierigkeiten (vgl. Abb. 5). Wahrscheinlich spielen mehrere Faktoren eine Rolle: So z.B. die Einspeisung von größeren Wassermengen mit höherem  $\text{CO}_2$ -Gehalt, Mischungskorrosion und freiwerdendes  $\text{CO}_2$  (vgl. BÖGLI 1964) und schließlich der Verschluß des Schachtes durch Lehme (überwiegend eingeschwemmter Lößlehm) und der damit verbundenen Anreicherung von  $\text{CO}_2$  im Dolinenschacht. Auf den zeitweisen Verschluß des Dolinenschachtes deuten Bodensinter hin. Insgesamt gesehen können zahlreiche Faktoren die Lösungsvorgänge an den verschiedenen Sintern gesteuert haben.

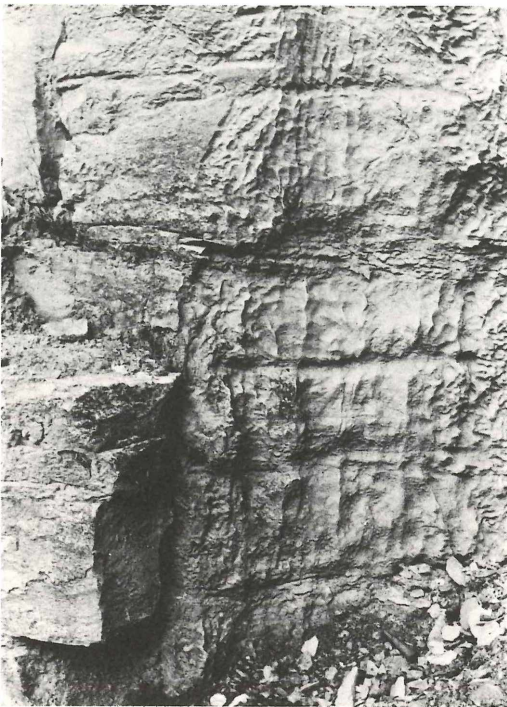


Abb. 4 Lösungsmuster an Malm  $\beta$ -Kalken in einem 20 m tiefen Schacht des Gredinger Berges  
(Foto: Forstmeyer)

### 3. Form und Innenstruktur der Sinter

Der Sintersäule (Abb. 1) sowie 4 weiteren großen Bruchstücken sind drei Merkmale gemeinsam. Die Oberflächen sind gleichmäßig mit kleinen Konkav-Formen, also „Hügelchen“ bedeckt. Sie bestehen aus starken runden Rippen, zwischen den Rippen befinden sich schmale tiefe Einkerbungen. Die Oberflächen sind mit einer grauen bis schwarzen Rinde überzogen. An der gleichen Säule können sich auf der Rückseite (Abb. 4) dazu die negativen Formen gebildet haben mit konvexen, näpfchenartigen Hohlformen, scharfen Rippen und Graten. In einem 20 m tiefen Spalt des Gredinger Berges konnte das gleiche Muster nachgewiesen werden als typische Form der Kalklösung (Abb. 4). Wenn die Säulen- oder Schachtsinter eine bestimmte Oberflächengestaltung aufzeigen, so dürften die besonderen Bedingungen im Dolinenschacht dafür verantwortlich sein.

Der heute ca. 20 m tiefe Schacht gestattet im Gegensatz zu Höhlen nur zeitweise Luftbewegungen. Wir dürfen daher über längere Zeiträume eine stehende Luftsäule etwa gleicher Temperatur – mittlere Jahrestemperatur – annehmen. Von Herrn Geiger geborgene großflächige Kalzitdrusen, die nur im stehenden Wasser entstehen, verraten den mindestens zeitweiligen Verschuß zum Karstwasserspiegel. Damit bildet sich jedoch eine hohe Kohlensäure-Konzentration, die für Lösungsvorgänge an bereits ausgeschiedenen Sintern von Bedeutung gewesen sein dürfte. Auch TRIMMEL (1968) nimmt „gegenüber der Außenatmosphäre durchschnittlich höheren  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Höhlenluft“ an, wobei er unter Bezug auf BÖGLI darauf hinweist, daß „infolge der progressiven Zunahme der Kohlensäure“ ein Überschuß an  $\text{CO}_2$  für weitere Kalklösung zur Verfügung steht.

Im Vergleich zu den Stalagmiten in vielen Höhlen mit zylindrischen Formen und Sinterbildungen unter den Stalagtiten ist die Oberfläche des „Säulensinters“ tief eingekerbt, die Sintersäule von vielen Lösungskanälen durchzogen und seitlich durch tief eingreifende Lösungsmuster gekennzeichnet. Für weitere Untersuchungen ließ Herr Geiger freundlicherweise einen tonnenschweren Block in den Steinmetzbetrieb Regnet, Unteremmendorf transportieren, wo eine Platte herausgesägt und poliert wurde. Beiden Betrieben haben wir für freundliches Eingehen auf unsere Wünsche sehr herzlich zu danken.

Die Platte (Abb. 5) besitzt die Maße 110 x 60 cm und stellt ein Bruchstück dar, das etwa ein Viertel der Sintersäule wiedergibt. Die untere und rechte Kante (dort wo der Maßstab liegt) sind Bruchflächen, während alle übrigen Begrenzungsflächen die natürliche Außenseite des „Säulensinters“ darstellen. Die auch farblich schöne, polierte Platte zeigt konzentrische, wellig verlaufende Sinterschichtungen sehr verschiedener Bandbreiten. Eine periodische Verunreinigung durch Tone, Lehme und Eisenverbindungen führt zur Färbung der Bänder, von grau-weiß zu gelblich-braun bis kräftig braun. Wie beim Beckensinter (FORSTMAYER-SCHNITZER 1976) lassen sich auch hier Feinschichtungen



Abb. 5 Schnitt durch den großen „Säulensinter“ (Foto: E. Keck, Geologisches Institut Würzburg)

auszählen; viele Bänder liegen im Millimeter- andere im Zentimeterbereich.

Ob es sich bei den Feinschichtungen um jahreszeitlich bedingte Ausscheidungen handelt, ist nicht sehr wahrscheinlich. Jedoch spiegelt sich im Wechsel von gefärbten, verunreinigten Sintern mit sehr hellen, äußerst feingebänderten Lagen ein unterschiedlicher Wasserzufluß wider, der vielleicht klimatisch bedingt sein kann. Die bisher bekannten Funde müßten vergleichend auf Hell-Dunkel-Bänderung, Anzahl der Bänder etc. untersucht werden, ehe weitergehende Schlüsse gezogen werden.

Die vorliegenden Sinter bestehen aus Kalzit. Aragonit konnte röntgenographisch, ähnlich wie bei den Sintern am Euerwanger Bühl (FORSTMAYER und SCHNITZER 1976), nicht nachgewiesen werden. Für die Fällung von Kalzit bzw. Aragonit aus wässrigen Lösungen sind außer der Temperatur vor allem die Konzentration, pH-Wert und die Lösungs- genossen (vor allem  $Mg^{++}$ ) ausschlaggebend. Bei den Aragonit-Vorkommen von Neumarkt und dem kleinen Vorkommen auf Blatt Wissing (HERTLE 1962) waren die Bedingungen für die Ausfällung von Aragonit offenbar optimaler als am Euerwanger Bühl und bei Pfraundorf (Einzelheiten bei SCHNITZER und BAUSCH 1974).

Die abgebildete Platte zeigt zwei 3-5 cm starke dunkle Bänder im unteren und mittleren Teil, ein sehr schmales zwischen diesen beiden und rechts oben nochmals mehrere verschieden starke aber nicht so dunkle Bänder. Außergewöhnlich sind etwa 20 kleinere und größere, verschieden tief in den Sinter eindringende Perforationen, die die Lösungsvorgänge während und nach der Hauptausscheidungsphase erkennen lassen. Bei aufmerksamer Betrachtung der Abb. 5 fallen zunächst Lösungsformen auf (tiefe Einkerbungen), die die vorhandenen Sinterbänder diskordant abschneiden und jungen Datums sein dürften. Besonders deutlich sind sie im linken Teil der Abbildung zu erkennen (Abschneiden des dünnen Sinterbandes zwischen den beschriebenen beiden dicken, dunkel gefärbten Bändern). Ähnliche Erscheinungen nachträglicher Lösung zeigt z.T. der rechte Teil der Sinterplatte. Andererseits zei-

gen die Perforationen im mittleren Teil der Platte Lösungskanäle, die die nachträglich ausgeschiedenen Sinter fahnenförmig zur Perforation hinziehen; ein Zeichen dafür, daß während der Sinterausscheidung gleichzeitig an einzelnen Stellen Sinter gelöst und wieder ergänzt wurden. Auch der rechte Teil der Platte zeigt eine mehrmals durch Lösung unterbrochene Sinterbildung, einziehende Sinterfahnen und junge Lösungserscheinungen am Außenrand des ungewöhnlich großen „Säulensinters“.

#### 4. Gefurchte und plattige Sinter

Während der bisher behandelte Stalagmit trotz seiner ungewöhnlichen Formen und Maße dem bekannten Entstehungsschema entspricht und verständlich ist, ist die Genese der in Abb. 6 und 7 gezeigten Muster schwieriger zu deuten.

Das Muster entsprechend Abb. 6 mit den Maßen von 1,20 x 1,0 x 1,0 m und einem Gewicht von 1 - 2 t lag am Fuß der Sintersäule. Ob dies der primäre Lagerplatz im Dolinenschacht war, ist nicht sehr wahrscheinlich, da das Stück große Bruchflächen aufweist und auf seiner Rückfläche Einschluß von Malm  $\delta$  enthält. Es wäre denkbar, daß er aus einer früheren Phase der Schachtenstehung stammt und sich wesentlich höher befunden hat. Auch das auffällige Rippenmuster ist vielfach durch Bruch beschädigt. Das Ganze macht den Eindruck, als ob ein Sickerwassergerinne zu vielfältigen Verästelungen geführt habe. Die Entnahme von Proben, Bruch und Schliff der Rippen ergab an der äußeren gerundeten Rippe Sinterauftrag in Bogen, die parallel zur Rippenwand verliefen, jedoch in der Tiefe der Rippen eine Verengung der Rippenstärke mit geschnittenen Sinterlinien d.h. Wiederlösung von Sinterauftrag zeigt. Dies stimmt durchaus mit unserem Befund an den Säulen überein.

Schwieriger ist die Ausdeutung des Musters Abbildung 7. Die Maße liegen bei 1,2 x 0,8 x 0,8 m; das Gewicht liegt ebenfalls im Tonnenbereich. Er dürfte auf der Sohle des Schachtes gelagert haben. Wahrscheinlich handelt es sich zunächst um einen kleineren Stalagmiten, der umgestürzt und auf dem Boden des Schachtes zu liegen kam. Diese Säule wurde

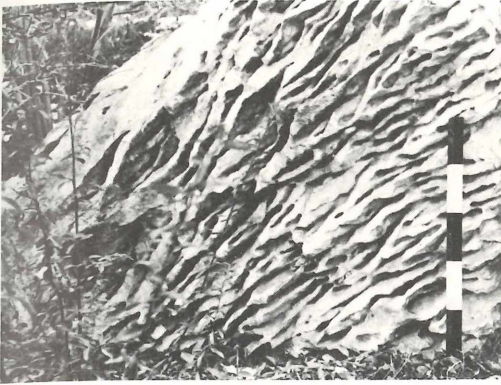


Abb. 6 Wabenförmiger Deckensinter  
(Foto: Forstmeyer)

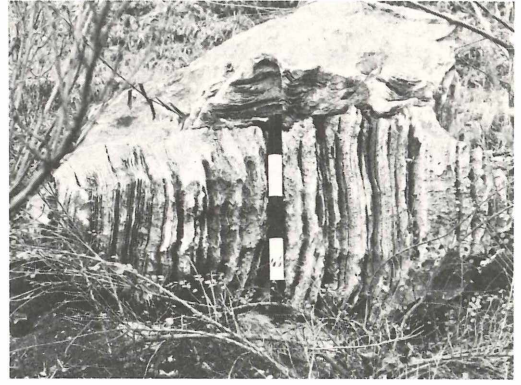


Abb. 7 Umgestürzter Stalagmit mit aufliegendem  
horizontal geschichtetem Sinter und mehrmaligen  
Anlösungsphasen  
(Foto: Forstmeyer)

dann später längs der Sinterflächen durch Sickerwässer angelöst, wobei die nun senkrecht herauspräparierten Lösungsfugen 50 - 60 cm tief in den Stalagmiten hineinreichen. In einer späteren Phase wurden auf dem umgestürzten Sinter, horizontal, jüngere Sinterschichten abgelagert. Auch diese wurden in einer noch jüngeren Phase wieder angelöst und der darunter liegende Stalagmit zum zweiten Mal. Diese Deutung läßt sich zunächst aus dem Geländebefund entnehmen, jedoch wären nach Anschliffen auch andere Deutungen denkbar. Das eigenartige Fundstück zeigt aber auch hier den mehrmaligen Wechsel zwischen Sinterbildungen und Lösungerscheinungen, wie an dem großen „Säulensinter“ beschrieben wurde.

Anschriften der Verfasser:

**Alfred Forstmeyer**, Dipl.Ing., Ministerialrat a.D.,  
Attenhofer Weg 6  
8547 Greding

**Prof. Dr. W. A. Schnitzer**,  
Geologisches Institut der Universität Würzburg  
Pleicherwall 1,  
8700 Würzburg

## Literaturverzeichnis

**BÖGLI, A.:** Die Kalkkorrosion, das zentrale Problem der unterirdischen Verkarstung. – Steir. Beiträge z. Hydrogeologie, Heft 15/16, 75-90, Graz 1964.

**BRINKMANN, R.** et al.: Lehrbuch der Allgemeinen Geologie, Band I, 520 S., 297 Abb., 38 Tab. – Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1964.

**CORRENS, C.W.:** Einführung in die Mineralogie. – 405 S., Springer Verlag Berlin – Göttingen – Heidelberg 1949.

**FORSTMAYER, A.** u. **SCHNITZER, W.A.:** Die Kalksintervorkommen am Euerwanger Bühl bei Greding (Südliche Frankenalb). – Jahresmitt. Naturhist. Ges. Nürnberg, 1976, 103-108, Nürnberg 1976.

**HERTLE, A.:** Stratigraphie und Tektonik der Fränkischen Alb um Wising. – Erlanger geol. Abh., 45, 41 S., Erlangen 1962.

**KELLER-HAFFENEGGER:** Zur Hydrochemie des Grund und Quellwassers in den nördlichen Rheinlanden. – Forschungen zur deutschen Landeskunde, 50, 88 s., 19 Abb., 1 Faltkarte, Landshut, Bayern 1951.

**SCHNITZER, W.A.** u. **BAUSCH, W.:** Ein neuer Aragonitfundpunkt bei Erlangen und die Genese der fränkischen Aragonitvorkommen. – Geol.BI.NO-Bayern, 24, 260-270, Erlangen 1974.

**STREIM, W.:** Geologie der Umgebung von Beilngries (Südliche Frankenalb). – Erlanger geol. Abh., 36, 15 S., Erlangen 1960.

**TRIMMEL, H.:** Höhlenkunde. – 300 S., Braunschweig (Vieweg) 1968.

**ZÖTL, J.G.:** Karsthydrogeologie. – 291 S., Springer Verlag Wien – New York 1974.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Natur und Mensch - Jahresmitteilungen der naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V.](#)

Jahr/Year: 1977

Band/Volume: [1977](#)

Autor(en)/Author(s): Forstmeyer Alfred, Schnitzer Walter Alexander

Artikel/Article: [Außergewöhnliche Stalagmiten \(„Säulensinter“\) 17-23](#)