

Grundsätzliche Bemerkungen über Fragen der Höhlenbildung

Von Hubert Trimmel, Wien

In den letzten Jahren ist der Problembereich der Speläogenese — worunter ich mit Kyrle (11) alle Vorgänge der Raumbildung in Karsthöhlen von der ersten Anlage bis zum heutigen Zustande verstehe — erneut zur Diskussion gestellt worden. Seit Jahrzehnten werden verschiedene, oft scharf gegensätzliche Theorien darüber verfochten. Besonders weit gehen die Auffassungen über den Anteil der mechanischen Erosion (bzw. Druckerosion oder Eforation) an den raumbildenden Vorgängen auseinander.

Unter dem Eindruck von Erfahrungen im mediterranen Karst hat H. Bock (4) die „Höhlenflußtheorie“ zur vollen Entwicklung gebracht. Sie hebt die Bedeutung der Eforation besonders hervor und will auch die Raumformung¹ der ostalpinen Karsthöhlen größtenteils auf mechanische Erosion durch tertiäre Höhlenflüsse zurückführen. Diese Theorie wird auch von G. Götzinger (10), O. Schaubberger, G. Abel² und anderen vertreten. Andere namhafte Autoren stehen dagegen auf dem Standpunkt, daß Druckerosion nicht oder nur in Ausnahmefällen vorkomme. In den Ostalpen wie in Mitteleuropa überhaupt brachte vor allem jenes Bild des Karstes andere Ansichten zur Speläogenese, das H. Cramer (6-7) und O. Lehmann (14) auf Grund eigener Untersuchungen entwarfen. W. Biese (3) maß Ausgleichswirkungen des Gebirgsdruckes den Hauptanteil an der Raumformung in Höhlen bei.

Für die Behandlung von Fragen der Höhlenentstehung ist die Feststellung wesentlich, daß die verschiedensten Ansichten möglich sind. Dies beweist, wie gering in vieler Hinsicht die exakte wissenschaftliche Untermauerung der Meinungen über den Karst und besonders über die Karsthöhlen noch ist. Daß die beiden gegensätzlichsten Auffassungen — nämlich jene von H. Bock und W. Biese — denselben Höhlenraum — die Paläotraun in der Dachstein-Mammuthöhle bei Obertraun (Oberösterreich) — als Beweis für ihre Richtigkeit heranziehen, unterstreicht diese Behauptung. Vielfach war der subjektive Eindruck flüchtiger oder einmaliger Begehungen ausschlaggebend für die Wertung des Formenschatzes.

Als Grundlage für einen weiteren Fortschritt speläogenetischer Erkenntnisse erscheint mir der Versuch wichtig, den derzeitigen Forschungsstand in einigen grundsätzlichen Bemerkungen festzuhalten. Aus den zahlreichen Veröffentlichungen, die in den

¹ Den Begriff „Raumformung“ verwende ich als Sammelbegriff für die von Kyrle (Nr. 11) als Raumerweiterung, Raumerfüllung und Raumverfall bezeichneten Phasen der Speläogenese. Diese drei Phasen stellen meiner Meinung nach nicht aufeinanderfolgende Vorgänge dar, sondern gehen meist ineinandergreifend und gleichzeitig vor sich. Die Raumformung erfolgt somit durch ständig wirksame Umbildungsvorgänge (vgl. 17, S. 26), von denen jede Höhle sofort nach der Raumentstehung betroffen wird.

² Eindeutige diesbezügliche Stellungnahme auf der 6. Vollversammlung der Bundeshöhlenkommission, Salzburg 1951. Vgl. hierüber das vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft herausgegebene Protokoll.

letzten Jahren in Osterreich Fragen der Höhlenbildung und des Alters von Karsthöhlen berührten, läßt sich eine Reihe von Anhaltspunkten für das weitere Studium der Speläogenese ableiten.

Um Entscheidungen im Hinblick auf den Wahrheitsgehalt der verschiedenen Bildungstheorien treffen zu können, und um fruchtlosen Auseinandersetzungen über ihre Gültigkeit ein Ende zu bereiten, ist die exakte Einzelbeobachtung zur Beurteilung des Formenschatzes einer Höhle notwendig. Es kommt heute darauf an, Beobachtungsergebnisse unbeeinflusst von einer der bestehenden Höhlenbildungstheorien zu sammeln. Wichtig ist dabei, daß alle diese Beobachtungen objektiv festgehaltenes Tatsachenmaterial beinhalten, daß sachlich einwandfrei beobachtet und das Ergebnis durch entsprechende exakte Untersuchungsmethoden bewiesen und belegt wurde.

Eine Vielzahl praktischer Erfahrungen und Beobachtungen aus Höhlen verschiedener Höhenlage, verschiedener Größe, verschiedenen Muttergesteins usw. wird schließlich einen weiteren Schritt der Forschung ermöglichen. Die nächsten Ziele nach dem „Sammelstadium“ der speläogenetischen Forschung, das noch nicht abgeschlossen ist, müßten sein:

1. Gliederung bestimmter, durch Beobachtung in verschiedenen Höhlen gewonnener gleichartiger Formenelemente der Höhlen nach homologen und analogen Formen.

Der Rundbogen beispielsweise — ein vielen Höhlen gemeinsames Formenelement — kann an verschiedenen Stellen unter gleichen oder ganz ähnlichen Voraussetzungen ausgebildet worden sein (Homologie), an anderen Stellen aber einen wesentlich anderen Entwicklungsgang durchlaufen haben, wesentlich anderen Bildungsbedingungen unterworfen worden sein. In diesem Falle sind zwar der Form nach gleiche, jedoch genetisch verschiedenwertige — eben analoge Formen entstanden.

2. Gliederung der Formenelemente der Höhlen nach rezenten und fossilen Formen.

Bestimmte Formenelemente der Höhlen können sich zweifellos unter den heute herrschenden Bedingungen bilden, sind demnach als rezent in diesem Sinne anzusprechen, andere mögen fossil sein.

Schon allein die Feststellung, ob oder daß es möglich ist, rezente und fossile Formen zu unterscheiden, läßt Schlüsse auf den Tatsachengehalt der vertretenen Höhlenbildungstheorien zu.

Die Ergebnisse speläogenetischer Untersuchungen müssen dabei in vollem Einklang mit den geologischen, morphologischen und klimatischen Erfahrungen über das untersuchte Gebiet stehen. Daraus ergibt sich als grundsätzlicher Gesichtspunkt, unter dem die entsprechenden Beobachtungen zu sammeln sind, die Unmöglichkeit, Ansichten aus einem Gebiet (etwa aus dem des mediterranen Karstes) in ein geologisch, morphologisch und klimatisch andersartiges (etwa in die Ostalpen) zu übertragen. C. Rathjens hat kürzlich festgestellt, daß sich die oberflächlichen Karsterscheinungen des alpinen Hochkarstes aus klimamorphologischen Gründen sowohl von den Karsterscheinungen in den Kalkgesteinen der mitteleuropäischen Schichtstufenlandschaften als auch ebenso vom mediterranen Karst unterscheiden (15). Es ist daher bei Beobachtungen in alpinen Höhlen gerade auf eventuelle klimabedingte Unterschiede der unterirdischen Karsterscheinungen besonderes Augenmerk zu richten. Erst ein Vergleich der auf der Basis modernsten Forschungsstandes gewonnenen Ergebnisse wird Vergleichsmöglichkeiten zwischen verschiedenartigen Karstgebieten bieten. Die vorliegenden grundsätzlichen Bemerkungen beziehen sich ausschließlich auf die Verhältnisse in den Ostalpen.

Alle bisherigen Erfahrungen sprechen dafür, daß die Höhlenbildung nicht ein einmal vor sich gegangener Vorgang ist, sondern daß die Raumformung bis in die Gegenwart fortwirkt. Kurz und treffend hat dies P. A. Chappuis durch den Vergleich der Höhle

mit einem Lebewesen zum Ausdruck gebracht³. Man kann demnach Verkarstung und Raumformung in Höhlen als Vorgänge auffassen, die von einem bestimmten Zeitpunkte an zwar mit verschiedener Intensität, aber doch mehr oder minder kontinuierlich bis zur Gegenwart fortschritten. Festzuhalten ist, daß sich dabei die letzten Bildungsphasen — man könnte sagen: die rezente und ein Teil der fossilen Höhlenbildung — in der Epoche des Quartär abspielten. Für die Beurteilung der Wirksamkeit von Vorgängen, die an der Raumbildung von Höhlen Anteil haben (höhlenbildende Faktoren), sind daher in erster Linie die verschiedenen Ergebnisse der Quartärforschung heranzuziehen. Die Höhlenkunde liegt im Schnittpunkt quartärgeologischer, bodenkundlicher, morphologischer, prähistorischer, paläontologischer und paläanthropologischer Forschung.

Es gibt zwei Wege, zu Schlüssen über die Wirksamkeit höhlenbildender Faktoren in Gegenwart und Vergangenheit zu gelangen und dadurch zugleich Alter und Entwicklungsgang von Höhlen zu bestimmen, wobei ich das letztere für weitaus bedeutsamer halte. Chappuis hat darauf hingewiesen, daß diese beiden Wege zur Untersuchung der Speläogenese auch zur Klärung tiergeographisch-ökologischer Fragen über die Anthrobionten beitragen könnten (5).

Der erste Weg beruht auf der Beobachtung, wieviel sich eine Höhle in historischer und prähistorischer Zeit geändert hat. Man geht vom augenblicklichen Zustand der Höhle und von ihrem derzeitigen Inhalte aus und versucht, durch Untersuchung von Herkunft und Alter der Höhlensedimente, des Höhlensinters und sonstiger Inhaltsprodukte zu einer Aussage über die Wirksamkeit verschiedener Faktoren im Laufe der Zeit zu kommen. Zur Erlangung derartiger Aussagen gestatten vor allem die Arbeiten von R. L a i s (12) sowie die Überlegungen H. W. F r a n k e s zur Anwendung der Radiokarbonmethode auf Höhlensinter (9) wichtige Aspekte. Bei der Verfolgung dieses Weges ist die Grundforderung vorausgesetzt, daß nicht das uns allein zugängliche Konvakuationsprofil⁴ eines Höhlenraumes die Grundlage für dessen genetische Beurteilung bilden darf, sondern nur der ganze Evakuationsraum dafür in Frage kommt (vgl. 17, S. 28). Es hat sich herausgestellt, daß dieser historisch-analytische Weg — wie ich ihn nennen möchte — wertvollste Beiträge zur Kenntnis gegenwärtig wirkender höhlenbildender Faktoren liefert, aber nur in seltenen Ausnahmefällen bis zur tatsächlichen Höhlenentstehung zurückführen dürfte. Ich stimme mit Chappuis darin überein, daß nur die jüngeren Phasen der Entwicklungsgeschichte eines Höhlenraumes auf diese Weise ausführlich beleuchtet werden können. Immerhin kann man das mögliche Alter einer Höhle durch diese Methode gegen die Jetztzeit hin abgrenzen, d. h. ein Mindestalter für eine bestimmte Höhle festlegen. Es ist ferner möglich, Veränderungen im Raumbilde oder Einzelformen festzustellen, von denen angenommen werden darf, daß sie unter bestimmten höhlenklimatischen Bedingungen rezente oder wenigstens sehr jugendliche Bildungsvorgänge repräsentieren.

Der zweite mögliche Weg, Alter und Entwicklung einer Naturhöhle zu bestimmen, liegt in der Untersuchung der engeren und weiteren Umgebung der Höhle vom geographisch-geologischen Gesichtspunkt. Wichtige Anhaltspunkte für die Verkarstungsvorgänge, ihr Alter, ihre Intensität und ihr Ausmaß, sowie für die Raumentstehung und Raumformung liefern vor allem Beobachtungen über Stratigraphie und Tektonik. Ins-

³ „Les grottes naissent, se développent et meurent comme les êtres vivants“ — die Höhlen entstehen, entwickeln sich und gehen schließlich zugrunde wie die Lebewesen (5).

⁴ Über die Begriffe Konvakuationsprofil und Evakuationsprofil vgl. K y r l e (11). Als Evakuationsprofil wird der gesamte, von anstehendem Muttergestein umgebene Hohlraum aufgefaßt. Ein Teil der Evakuationsfläche ist zumeist von Höhleninhalt verschiedener Art erfüllt, so daß uns nur ein Bruchteil (der Konvakuationsfläche) zugänglich ist.

besondere dem Studium der Lokaltektunik bzw. der „Kleintektonik“ im Sinne von O. L e h m a n n (13) kommt dabei große Bedeutung zu. Weitere Anhaltspunkte liefern geomorphologische Befunde, deren Zusammenhänge mit der Höhlenbildung K. W i c h e (19) behandelte. Dieser Weg ermöglicht durch die Feststellung raumbestimmender Klüfte und Verwerfungen, ihrer tektonischen Bedeutung und ihrer morphologischen Auswirkung Aussagen darüber, wann die Höhlen eines Gebietes frühestens entstanden sein können, die an diese Klüfte und Verwerfungen gebunden sind. Da überdies die Ausbildung der Altlandschaft vor die gegenwärtige Verkarstungsperiode der Kalkalpen fallen muß, lassen sich aus dieser Methode einige Anhaltspunkte für die Altersbegrenzung der Höhlenbildung gegen die Vergangenheit hin gewinnen. Zur Frage der Entstehungsbedingungen für verschiedene Einzelformen des Höhlenraumes — etwa des Rundbogens, der Kantenrundung von Blöcken, der Wandglättungen u. dgl. — lassen sich aus dieser Methode nur insofern Aussagen ableiten, als die Abhängigkeit der Formen von den tektonisch-stratigraphischen Gegebenheiten konstatiert werden kann.

Die bei genetischen Studien in Höhlen zukünftig einzuschlagende Richtung liegt in der Kombination beider angegebenen Wege. Die monographische Bearbeitung einer Höhle muß, damit das darin enthaltene Beobachtungsgut für die Klärung genetischer Probleme verwertbar ist, nicht nur eine eingehende Beschreibung der Höhle und des darin beobachteten Formenschatzes umfassen, sondern darüber hinaus: eine genaue Vermessung, die die wissenschaftliche Auswertung erlaubt; Untersuchungen über Klüfte und Verwerfungen, die auch in den Höhlenplan eingezeichnet sein müssen; Untersuchungen der Höhlensedimente; Aufzeichnungen über die Verteilung bestimmter Formenelemente in Zusammenhang mit Schichtung, Verwitterbarkeit, Klüftigkeit und Löslichkeit des Muttergesteins; Oberflächenbegehungen und Oberflächenmessungen, die Schlüsse über eventuelle Zusammenhänge oberflächlicher und unterirdischer Karsterscheinungen zulassen, und eine Reihe weiterer, je nach lokalen Gegebenheiten wechselnder ergänzender Daten. Es ist selbstverständlich, daß die einmalige Begehung einer Höhle durch einen Einzelnen nicht mehr ausreichen kann, ein geschlossenes Bild über eine Höhle zu geben. In den Ostalpen sind in den letzten Jahren mehrfach Versuche unternommen worden, Bearbeitungen als Gemeinschaftsarbeiten durchzuführen, bei denen allen angeführten Forderungen Rechnung getragen und Beobachtungsmaterial für eine spätere zusammenfassende Auswertung gesammelt wurde.

Relativ abgeschlossen oder weit fortgeschritten sind derartige monographische Bearbeitungen für die Salzofenhöhle im Toten Gebirge, die paläontologisch-urgeschichtlich besonders bedeutungsvoll ist (vgl. 16 und 8 sowie die dort angegebene Literatur), für die Kreidelucke am Ostfuß des Toten Gebirges bei Hinterstoder/Oberösterreich (2) und für die Arzberghöhle bei Wildalpen in der Steiermark (18), angebahnt für die Dächstein-Mammuthöhle bei Obertraun (1).

In die erwähnten Veröffentlichungen sind häufig über die reinen Beobachtungsergebnisse hinaus Feststellungen über Bildungsbedingungen und Bildungsmöglichkeiten von Höhlen und Raumformen in verschiedenen Zeitabschnitten der jüngeren erdgeschichtlichen Vergangenheit aufgenommen. Diese Hinweise wollen nicht eine neue Höhlenbildungstheorie sein, sondern nur Anregungen und Gedanken wiedergeben und Möglichkeiten erörtern, ähnlichen Erscheinungen in anderen Höhlen größere Aufmerksamkeit zu schenken und sie besonders eingehend zu untersuchen.

Die Stützung durch eingehende Einzelbeobachtungen und Detailuntersuchungen, wie sie nunmehr gefordert werden muß, geht allen bisher vertretenen oder auf die Ostalpen übertragenen Höhlenbildungstheorien ab. Keine Theorie konnte sich auf morphologische oder geologische Kenntnisse oder auf Untersuchungsmethoden stützen, die den heutigen auch nur annähernd gleichwertig sind; die bestehenden Höhlenbildungstheorien müssen schon aus diesem Grund einer eingehenden Überprüfung unterzogen werden. Für den

Fortschritt der in der Höhlenkunde zusammenwirkenden Naturwissenschaften ist bezeichnend, daß man beispielsweise in der bis heute durch kein neueres zusammenfassendes Werk ersetzten „Theoretischen Speläologie“ von G. Kyrle weder den Terminus „Verwerfung“ noch einen morphologischen Hinweis auf die Hochflächen der Kalkalpen finden wird und finden kann, weil alle entsprechenden Erfahrungen erst seit dem Erscheinen des Werkes gemacht wurden.

Die in verschiedenen Höhlen durchgeführten Beobachtungen der letzten Jahre haben eine Reihe von Übereinstimmungen und Unterschiedlichkeiten ergeben, die bereits als feststehende Tatsachen für die weiteren Untersuchungen gewertet werden können. Sie stellen bereits die ersten zusammenfassenden Ergebnisse des eifrigen Sammelns von Beobachtungen dar. Die kurze, durch Beispiele belegte Übersicht möge zeigen, wie vielseitig Ergebnisse einfacher Beobachtung sein können. Sie möge zugleich aber auch zur Kontrolle und Ergänzung anregen, sei es in den Ostalpen selbst oder in anderen Karst- und Höhlengebieten. Im einzelnen darf behauptet werden:

1. Die Anlage (Entstehung) von Höhlenräumen ist weitgehend vom Vorhandensein von Verwerfungen abhängig.

Fast alle Höhlensysteme, die nachweislich eine längere Entwicklung hinter sich haben, sind in ihrem ganzen Verlaufe an Verwerfungen geknüpft, zweifellos aber jünger als diese (Salzofenhöhle, Dachstein-Mammuthöhle, Geldloch im Otscher u. v. a.). Die Harnischflächen der Verwerfungen zählen zu den beständigsten Formenelementen der Ostalpenhöhlen. Ihre unversehrte Erhaltung beweist an vielen Stellen, daß wenigstens örtlich in keiner Phase der Raumforschung bedeutende mechanische Erosion wirksam gewesen sein kann. In manchen Gesteinen wird der Bau von Höhlensystemen durch das Auftreten von Klufscharen kompliziert, die parallel zu den bedeutendsten Verwerfungen verlaufen (Salzofenhöhle). Viele Schichtflächen sind zugleich Verwerfungen, d. h. nicht alle an Schichtflächen ausgebildeten Höhlen sind von vornherein unbedingt „Schichtfugenräume“.

2. Der Formenschatz einer Höhle in seiner Gesamtheit ist vom Muttergestein abhängig.

Der dickbankige Dachsteinkalk mit seinen tiefgreifenden Klüften und Verwerfungen begünstigt beispielsweise Kasten- und Trapezprofile (1). Im dünnplattigen, häufig in Falten gelegten, brüchigen Gutensteinerkalk sind Bruchfugen durch Versinterung, Einschwemmungen und Verwitterungsvorgänge meist so vernarbt, daß Klüfte nur in Ausnahmefällen wirklich eindeutig erkennbar und meßbar sind, obwohl ihr Vorhandensein einwandfrei gegeben ist. Den Gutensteinerkalken stehen Kalke des „Semmering-mesozoikums“ nahe (Seeriegelhöhle bei Steinhaus am Semmering, Steiermark).

3. Verschiedenartiges Muttergestein verhält sich hinsichtlich des Gesteinszerfalles und der Gesteinsverwitterung verschieden.

Es ist selbstverständlich, daß darüber hinaus das Tempo und das Ausmaß der Raumformung — insbesondere der rezenten — von der Schichtung, dem Grad der Löslichkeit und dem Grad der Klüftigkeit des Muttergesteins abhängen. Auch der Grad der Umprägung eines eventuell vorhandenen älteren Formenschatzes wird von diesen Faktoren abhängen. Die Umprägung von Einzelformen wird durch lebhafte Frostverwitterung wesentlich beschleunigt.

4. Die Frostverwitterung führt eine beschleunigte Umbildung der Eingangsregion von Höhlen zu regelmäßig profilierten Rundgewölben herbei.

Dabei wird das Abbruchmaterial über eventuell vorhandenen Sedimenten an der Sohle der Evakuierung aufgehäuft, das Höhlenportal selbst aber ständig nach der Höhe hin verlagert. Dieser Vorgang hat in vielen Fällen die Erhaltung von Sedimenten im inneren Bereich des eingangsnahen Höhlenabschnittes begünstigt. Das Vorhandensein eines regelmäßigen, weitgespannten Rundbogenprofils ist vielen Höhleneingängen gemeinsam und als solche Gemeinsamkeit besonders auffallend. Im allgemeinen ist jedoch die Profilform auch vom Verlauf der Klüfte und Verwerfungen an der beobachteten Stelle weitgehend mitbestimmt.

5. Die Raumformung hat im Endabschnitt des Pleistozäns einen ihrer Höhepunkte erreicht.

Dies wird durch die stellenweise recht mächtige Überdeckung jungpleistozäner Sedimente durch jüngere Ablagerungen (Verstürze, Bergmilchlager, Sinterdecken) bewiesen. Ähnliche Höhepunkte der Umformung vorhandener Höhlenräume dürften mehrmals vor dem Endabschnitt des Pleistozäns zu verzeichnen gewesen sein. Dafür spricht etwa das weitgehende Fehlen altpleistozäner Höhlensedimente, das schon R. Lais (12) besonders vermerkt und L. Zotz (20) neuerdings wieder betont hat.

6. Im Ablauf der Höhlenentwicklung drücken sich verschiedene obertägige Klimaänderungen in verschiedener Weise aus.

Die genaue zeitliche Zuordnung bestimmter Klimaänderungen zu bestimmten klimabedingten Vorgängen in Höhlen ist noch mit großen Schwierigkeiten verbunden. Es gibt aber zweifellos verschieden alte Sinterbildungen („Sintergenerationen“), von denen ältere nicht selten durch spätere Phasen der Raumformung größtenteils zerstört worden sein können (Lurhöhle bei Peggau, Steiermark). Es gibt verschieden alte Verstürze in Höhlenräumen, deren verschieden hohes Alter sich aus dem anderen Erhaltungszustand der einzelnen Versturstrümmer ergibt (Ausmaß der Verwitterung, Umfang der Kantenrundung, Frische der Abrißstelle usw.). Es gibt Versinterungen, die über Verstürze hinweggehen, also jünger sind als diese; es gibt Wandsinterfiguren und Tropfsteinsäulen, die auf den jungpleistozänen Sedimenten aufliegen, also zweifellos nachsinterzeitlicher Entstehung sind. Es gibt Höhlenräume, in denen Sinterbildungen offensichtlich seit langem nicht mehr in Weiterbildung begriffen sind, sondern nur mehr fossile Formenelemente der Höhle darstellen (Teile der Eisriesenwelt, Teile der Eiskogelhöhle, beide im Tennengebirge, Salzburg). Sie entstammen einer Zeit, in der ein anderes Höhlenklima die Sinterbildung in diesen Räumen ermöglichte.

Es ist meiner Meinung nach möglich, von diesen und ähnlichen Tatsachen aus durch das Sammeln weiterer Beobachtungen Erkenntnisse zu gewinnen, die belegt und begründet sind. Es scheint sich dabei eine Entwicklung abzuzeichnen, die die Gültigkeit jeder der bestehenden Theorien über die Höhlenbildung für eine ganz bestimmte Entwicklungsphase unter ganz bestimmten klimatischen und morphologischen Bedingungen erweisen, ihre Gültigkeit aber gleichzeitig auf eben diesen Abschnitt einschränken wird. Das Ergebnis wird eine umfassende Synthese über alle mit der Speläogenese zusammenhängenden Fragen sein. Wir stehen allerdings erst am Anfang des Weges, auf dem dieses Ziel erreicht werden soll.

Angeführte Schriften

- 1 Arnberger, E.: Neue Forschungen in der Dachstein-Mammuthöhle. Die Höhle, 2, 3, Wien 1951, 43—48.
- 2 — u. Trimmel, H.: Die wissenschaftliche Erforschung der Kreidelucke bei Hinterstoder im Toten Gebirge. I. Teil. Jb. d. Oberösterr. Musealver., 95, Linz 1950.
- Gressel, W., R. Hock, H. Salzer, H. Trimmel, J. Vornatscher: do., II. Teil. Jb. d. Oberösterr. Musealver., 96, Linz 1951, 227—251.
- 3 Biese, W.: Höhlenbildung II. Die Entstehung von Kalkhöhlen. Abh. d. Preuß. Geol. Landesanst., N. F., H. 146, Berlin 1933.
- 4 Bock, H., G. Lahner, G. Gaunersdorfer: Die Höhlen im Dachstein und ihre Bedeutung für die Geologie, Karsthydrographie und die Theorien über die Entwicklung des Höhleneises. Graz 1913.
- 5 Chappuis, P. A.: L'age des Cavernes. Annales de Spéléologie, Paris 1947, 11—16.
- 6 Cramer, H.: Druckleitungsformen durch reine Gesteinsauflösung. Mitt. ü. Höhlen- u. Karstforschung, Berlin 1927, 56—58.
- 7 — Höhlenbildung und Karsthydrographie. Zschr. f. Geomorphologie, 8, Berlin 1933/35, 306—323.
- 8 Ehrenberg, K.: 30 Jahre paläobiologischer Forschung in österreichischen Höhlen. Quartär, V, Bonn 1951, 93—108.
- 9 Franke, H. W.: Altersbestimmungen an Sinter mit radioaktivem Kohlenstoff. Die Höhle, 2, 4, Wien 1951, 62—64.
- 10 Götzinger, G.: Das Drachenhöhlenflußsystem und sein Alter. In: Die Drachenhöhle bei Mixnitz. Speläolog. Monographien, Bd. VII—IX, Wien 1931, 107—132.
- 11 Kyrle, G.: Grundriß der Theoretischen Speläologie. Speläolog. Monographien, Bd. I. Wien 1923.
- 12 Lais, R.: Über Höhlensedimente. Quartär, III, Berlin 1941, 56—108.
- 13 Lehmann, O.: Das Tote Gebirge als Hochkarst. Mitt. Geogr. Ges., Wien 1927, 201—242.
- 14 — Die Hydrographie des Karstes. Enzyklopädie der Erdkunde, Wien 1932.
- 15 Rathjens, C.: Der Hochkarst im System der klimatischen Morphologie. Erdkunde, V, Bonn 1951, 310—315.
- 16 Trimmel, H.: Die Salzofenhöhle im Toten Gebirge. Diss. Univ. Wien 1950.
- 17 — Beobachtungen zur Frage der Raumbildung in der Badlhöhle bei Badl (Steiermark). Mitt. Geogr. Ges., 92, Wien 1950, 26—30.
- 18 — Die Arzberghöhle bei Wildalpen (Steiermark) — Versuch einer morphologisch und genetisch betonten Höhlenmonographie. Manuskript 1952. Noch unveröffentlicht.
- 19 Wiche, K.: Höhlenkunde und Hochgebirgsmorphologie. Mitt. G. Ges., 92, Wien 1950, 255—260.
- 20 Zott, L.: Altsteinzeitkunde Mitteleuropas. Stuttgart 1951.