

## Beobachtungen zur Frage der Raumbildung in der Badlhöhle bei Badl (Steiermark).

Von Hubert Trimmel.

Die Große Badlhöhle bei Badl im mittelsteirischen Karst<sup>1</sup> stellt ein verzweigtes Karsthöhlensystem dar, das Windröhrencharakter besitzt; der Höhenunterschied zwischen der unteren und der oberen Tagöffnung beträgt 46 Meter. Über die vermutliche Entstehung dieser Höhle liegen bereits mehrere Äußerungen vor. H. Bock (1913, S. 14) konstatiert das Fehlen von Auskolkungen und Erosionsbecken und die Höhle ist seiner Meinung nach als Auftriebslabyrinth durch das unter Druck emporgepreßte Wasser entstanden. Sie bildete einen Teil eines großen, von Norden kommenden „Höhlenflusses“. Für die Entfernung des Geschiebes, das dieser Fluß in der Höhle abgelagert haben müßte und das in der Badlhöhle nicht nachzuweisen ist, macht H. Bock die präglazialen und postglazialen Sickerwässer verantwortlich. Festzuhalten ist, daß bei dieser Auffassung das heute erkennbare Profil als das Werk eines tertiären Flusses betrachtet wird. Während den Sickerwässern einerseits die vollständige Entfernung voreiszeitlichen Geschiebes zugemutet wird, müßten sie andererseits in der Höhle jede korrosive Wirkung haben vermissen lassen, da sonst das „tertiäre“ Profil nicht relativ unzerstört erhalten geblieben sein könnte; schon diese eine Überlegung zeigt, daß die Frage nach der Entstehung der Höhlenräume in der Badlhöhle<sup>2</sup> nicht einfach zu beantworten sein wird.

Auch Kyrle (1923, S. 50) hat die Ausbildung der heute in der Badlhöhle anzutreffenden Formen auf das Tertiär zurückgeführt; er sieht die Höhle als Rest eines „Paläohöhlensystems“ an und mißt der Eforation große Bedeutung an der Gestaltung der Höhle bei. Zu dieser Ansicht hat O. Lehmann (1932, S. 163) bereits festgestellt, daß wohlgerundete Höhlenformen, vor allem Röhren, vielfach unbedenklich der mechanischen Erosion von Druckströmungen zugeschrieben werden, ohne daß ein Beweis für eine derartige „ausbohrende“ Wirksamkeit des fließenden Wassers erbracht worden wäre, und H. Cramer (1927, S. 56) hat seinerseits bewiesen, daß derartige Röhren auch als Folge reiner Gesteinsauflösung entstehen können.

Sowohl H. Bock als auch insbesondere G. Kyrle haben anscheinend den Verlauf der Raumformung — darunter verstehe ich die ständig im Höhlenraum wirksamen Umbildungsvorgänge — nicht mit den Ablagerungen von Höhlensedimenten in Verbindung gebracht, die besonders in den tieferen Abschnitten der Höhle in großer Mächtigkeit vorhanden sind und von denen G. Kyrle (l. c., S. 174) ein charakteristisches Schichtprofil gibt. Der Abbau von 23 Waggon diluvialer Höhlenausfüllungsprodukte als „Höhlendünger“ (Saar, 1931, S. 36) legte in den unteren Teilen der Badlhöhle (Steinzeithalle,

<sup>1</sup> Der Besuch dieser Höhle war mir anlässlich einer Fahrt im Auftrage des Bundesdenkmalamtes möglich, wofür ich diesem zu Dank verpflichtet bin. Wertvolle Anregungen verdanke ich auch Herrn Prof. Dr. Hans Spreitzer und Frau Dr. Maria Mottl, mit denen ich über die behandelten Probleme ausführlich diskutieren konnte.

<sup>2</sup> Ähnliche Beobachtungen und Untersuchungen wurden auch schon in einer Reihe anderer Höhlen durchgeführt und sollen in späteren Arbeiten behandelt werden.

Bärenhalle) auf größere Entfernung die eigentliche Evakuation bloß. Eine mehr als 8 m hohe Abbauwand zeigt deutlich an, wie weit die Höhle vor der Förderung der Höhlenphosphate im Jahre 1919 von Sedimenten erfüllt war.

Die durch den Abbau freigelegte ursprüngliche Höhlenwand besteht aus kantigem, anstehendem Gestein, das keine Spur einer sogenannten „hydrischen Modellierung“ aufweist. Erst über jener Linie, die der Oberflächenkante der ehemaligen Ausfüllung entspricht, die tagwärts schwach abfallend verlief, beginnt die regelmäßige Zurundung des Profils. Der tunnelartige Charakter eines Rundbogengewölbes ist demnach nicht dem ganzen Höhlenraume eigen, sondern ist nur in dem von Sedimenten freigebliebenen Konvakuationsraume ausgebildet. Diese Tatsache ist von größter Bedeutung für die Wertung des gegenwärtigen Formenschatzes; sie beweist, daß die Zurundung des Höhlenprofils erst nach dem Abschluß der Sentimentbildung erfolgt sein kann. Um dafür zeitliche Anhaltspunkte zu finden, ist es notwendig, die in den in Frage kommenden Höhlenteilen lagernden Sedimente näher zu betrachten.

Über die paläontologischen und prähistorischen Ergebnisse des Phosphatabbaues in der Badlhöhle, die direkte Schlüsse auf das Alter der einzelnen Schichtglieder erlauben würde, liegt leider kein wissenschaftlicher Bericht vor. Der Vergleich mit äquivalenten Schichten der am gegenüberliegenden Talhange des Badlgrabens sich öffnenden Repolusthöhle, für die infolge ihrer geringen räumlichen Entfernung von der Badlhöhle und auf Grund der analogen Lage auch gleichartige Bildungsbedingungen angenommen werden dürfen, offenbart jedoch folgendes: die obersten stratigraphischen Einheiten der Ablagerungen in der Badlhöhle, die G. Kyrle (1923, S. 174/175) als Schicht „a“ (1,25 m mächtige, graubraunerde Schicht mit 50% Gesteinstrümmern<sup>3</sup>) und als Schicht „b“ (2,25 m mächtige, „steinige“ Schicht mit 90% Gesteinstrümmern) bezeichnet hat, sind keinesfalls älter als würmzeitlich. Ob man in der über dem Grobschutt liegenden „Schicht a“, die zweifellos jünger ist als dieser, d. h. als „Würm I“, eine Stadialablagerung der Würmeiszeit, d. h. ein „Würm II“ vor sich hat oder nicht, ist für die Behandlung der Speläogenese von untergeordneter Bedeutung<sup>4</sup>. Wesentlich ist lediglich die aus den diluvialstratigraphischen Erkenntnissen folgende Feststellung, daß die Umgestaltung des Höhlenraumes zu seinem heutigen Rundprofil frühestens nach dem Ende des Würm I begonnen haben kann und spät- oder postglazial erfolgt sein muß. Als Kräfte, die bei dieser Umgestaltung wirksam waren, kommen daher vor allem die Gesteinsverwitterung in allen Formen, die korrosive Wirkung von Sickerwässern und Ausgleichwirkungen des Gebirgs-

<sup>3</sup> Der Phosphatgehalt, den diese beiden Schichten aufweisen, ist relativ hoch; seine Erörterung ist für die folgenden Betrachtungen unwesentlich und daher unterblieben. G. Kyrle (1923, S. 175) hat angenommen, daß das erdige, phosphathaltige Material in die Schichten a und b aus höheren Horizonten der Höhle verschwemmt wurde, nachdem die Ablagerungen des Schuttes bereits erfolgt waren, was auch durchaus zutreffend erscheint.

<sup>4</sup> Hierüber finden sich Angaben in der noch unveröffentlichten Arbeit von Dr. M. Mottl, „Die paläontologischen, archäologischen und diluvialstratigraphischen Ergebnisse der Probegrabungen in der Repolusthöhle (Teil II des zusammenfassenden Vorberichtes: Die bisherigen Ergebnisse der Phosphatsuchaktion im Badlgraben 1947).“ Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen Fragen der Sedimentation nur so weit berücksichtigt werden, als dies für die zur Behandlung kommenden Fragen der Höhlenentstehung bedeutsam ist. (Vgl. auch M. Mottl, 1949.)

druckes in Frage. Völlig ausgeschlossen ist es, daß die Zurundung und Glättung von Wand und Decke des Höhlenraumes durch ein Druckgerinne erfolgt ist und daher als erosive Wirkung aufzufassen wäre, da in diesem Falle auch eine Umlagerung der Sedimente hätte erfolgen müssen. Das regelmäßige Schichtprofil und die Beobachtungen an der Oberfläche der Höhlensedimente zeigen aber, daß mit Ausnahme von Verschwemmungen durch kleine unbedeutende „Sickerwassergerinne“ keine derartige Umlagerung erfolgt ist.

Es ergibt sich also, daß das Rundprofil der Steinzeithalle und der Bärenhalle der Badlhöhle nicht auf das Tertiär und nicht auf Erosion oder Eforation zurückgehen können, sondern daß für ihre Ausbildung andere Faktoren maßgebend waren. In diesem Zusammenhang ist auf eine zahlreichen Ostalpenhöhlen mit der Badlhöhle gemeinsame Erscheinung hinzuweisen; es ist dies die geradezu mathematische Regelmäßigkeit der Wölbung des Eingangsprofils im Bereiche der Frostverwitterung. Von den zahlreichen Höhlen mit derartigen Formen seien nur die Drachenhöhle bei Mixnitz, die Bärenhöhle im Hartelsgraben bei Hiefflau, die Arzberghöhle bei Wildalpen und die Repolusthöhle im Badlgraben erwähnt, ohne daß auf die überaus interessanten Gegebenheiten bei diesen unterirdischen Raumsystemen näher eingegangen werden kann. Die Gemeinsamkeit der Formen läßt auf eine gemeinsame Ursache schließen; wir dürfen daher annehmen, daß die Frostverwitterung ein Faktor ist, der die gesetzmäßig erfolgende allmähliche Herausbildung eines Rundbogenprofils im Höhlenraum beschleunigt. Dies wird durch verschiedene Wahrnehmungen in Höhlenteilen erhärtet, die dem Einfluß der exochthonen Höhlenverwitterung unterliegen<sup>5</sup>.

Die Frostverwitterung ist aber nur einer jener Faktoren, die bei der Umbildung eines bereits bestehenden Höhlenraumes — wobei die Frage der Ausgestaltung des Raumes bis zu dieser letzten Umbildung zunächst unberücksichtigt bleibt — zur Geltung kommen. Man war und ist vielfach dazu geneigt, das Raumprofil und die Kleinformen des Höhlenraumes in der Form, in der sie sich heute befinden, als seit alters gegeben zu betrachten und darauf die Schlüsse über die Entstehung der Höhlen aufzubauen; dieses Verfahren muß aber, wenn der heutige Charakter von Höhlenräumen nicht der gleiche ist wie ehemals, sondern das Ergebnis einer allmählichen, in ihren Endstadien aber beträchtlich voneinander abweichenden und bis in die Gegenwart andauernden Wandlung, zu völlig falschen Ergebnissen und Anschauungen führen. In allen Höhlen, denen mächtige Ablagerungen von Ausfüllungsproduktion eigen sind, ist in der Regel nur der nicht erfüllte Raum, die Konvakuatation, einer Beobachtung zugänglich. Diese macht den Eindruck eines „verlassenen Flußlaufes“; man stützt sich bei allen daraus folgenden Schlüssen auf den uns heute entgegretenden Hohlraum, während das eigentliche Höhlenprofil aber den gesamten, vielfach gar nicht bekannten Evakuationsraum berücksichtigen müßte. Wie im Falle der Badlhöhle wird man, wie weitere Untersuchungen zeigen dürften, auch in anderen Fällen — Paläotraun in der Dachsteinmammuthöhle, Drachenhöhle bei Mixnitz, „Gang der Titanen“ in der Eiskogelhöhle, „Tunnel“ in der Salzofenhöhle im Toten Gebirge — die Ausgestaltung der heute vorliegenden Raumformen nicht einer „Eforation“ oder der Wirksamkeit eines großen Höhlenflusses zuschreiben dürfen, sondern anderen, auch heute noch bestehenden Bildungsbedingungen.

<sup>5</sup> Gesteinsabbrüche und Loslösungsklüfte, die zur Abrundung des Höhlengewölbes beitragen, können sehr oft wahrgenommen werden. Leise Berührung mit dem Gesteinshammer genügt, um starke Gesteinsbewegungen auszulösen.

Die bisher angestellten Überlegungen und die darauf basierenden Folgerungen lassen sich im wesentlichen in zwei Punkten zusammenfassen:

1. Bezeichnet man ein Rundprofil, wie es G. K y r l e (1923, S. 50) getan hat, als Rest eines alten Flußlaufes, bzw. eines Druckgerinnes, so folgt daraus, daß man jede Raumveränderung seit der Zeit der „hydrischen Aktivität“, also nach bisheriger Auffassung seit dem Tertiär verneint, daß man weiterhin weder der Verwitterung noch einem anderen raumverändernden Faktor die Fähigkeit zuschreibt, Umformungen des Höhlenprofils in nennenswertem Umfange herbeizuführen. Diese Auffassung wird durch die Beobachtung des Evakuationsprofils in der Bärenhalle der Badlhöhle, das nacheiszeitliche Zurundung besitzt, in Frage gestellt.

2. In den unteren Teilen der Badlhöhle lagern in den mächtigen Schichten a und b, die zusammen 3,50 m ausmachen, verschieden große, eckige Gesteins-trümmer, von denen schon K y r l e annimmt, daß sie als Versturztümmer der Höhlendecke (1923, S. 174) zu werten sind. Es handelt sich um Frostschutt, der in diesem speziellen Falle der Würmeiszeit entstammt. Durch den Abbruch dieser gewaltigen Gesteinsmasse, die noch heute an Ort und Stelle in ihrem Ursprungs-raume liegt, hat der Höhlenraum in der Würmeiszeit zweifellos sehr starke Ver-änderungen erfahren, so daß vorwürmeiszeitliche Formen im Bereich der Wirksamkeit des Frostes nicht erhalten geblieben sein dürften.

Auf Grund dieser Feststellungen ergibt sich auch, daß in den Teilen der Badlhöhle zwischen unterem Höhlenportal, Steinzeithalle und Sinterbreccienhalle die Formen der Grenzflächen der Evakuation einerseits auf die würmeiszeitliche Frostwirkung und andererseits auf die nacheiszeitliche Einwirkung raumver-ändernder Kräfte zurückgehen. Die ungestörte Lagerung der Sedimente beweist ebenso wie das Fehlen jeglicher Ablagerungen aus fließendem Wasser, daß post-glazial mit keinem derart mächtigen Gerinne zu rechnen ist, das Gravitationskolke in größerer Höhe über den Sedimenten oder gar Druckkolke an der Höhlendecke geschaffen haben könnte. Wenn in dem bisher behandelten Höhlenteil daher Formen auftreten, die nach bisheriger Gepflogenheit als solche angesprochen wer-den, so ergibt sich, daß diese Deutung unrichtig sein muß und die Entstehung der kolkartigen Formen, wie schon L e h m a n n (1932, S. 155—157) festgestellt hat, andere Ursachen haben k a n n.

Kolkartige Bildungen an der alten Abbauwand wurden, wie der Augenschein lehrte, teilweise durch Sinterabsätze als solche vorgetäuscht. Eine in der Goti-schen Kirche aufgeschlossene Bruchfuge, die mehrere Meter in die Höhlendecke eingreift, besitzt zwar die Form eines großen Deckenkolks, doch ergibt sich aus den bisherigen Ausführungen ohne weiteres, daß es sich um keinen „Druckkolk“ handeln kann; die Ausweitung der Bruchfuge erfolgte durch die korrosive Kraft der Sickerwässer, die einen „Laugungskolk“ formten (vgl. H. Trimmel, 1950).

Soche Laugungskolke, die ihre letzte Überformung zum allergrößten Teile der Nacheiszeit verdanken dürften, sind in der Höhlenwand mehrfach eingesenkt. Während bei Erosionsnischen die Wandflächen des Kolks ohne Rücksicht auf die einzelnen Schichten des feinplattigen Muttergesteins — etwa in der benachbarten Peggauer Lurhöhle — vollkommen glattgescheuert sind, zeigen die Laugungskolke der Badlhöhle, wie innerhalb der großen Nischenformen die feinplattigen Schich-ten einzeln zugerundet und herausmodelliert sind, wie also die lösende Kraft der an Haarrissen eindringenden Sickerwässer an der kolkartigen Ausgestaltung einer ursprünglich wahrscheinlich kantigen Ausbruchsnische wirksam war. Es ist

nicht ausgeschlossen, daß auch den Kondenswässern, die sich als Höhlentau häufig niederschlagen, eine gewisse lösende Wirkung zukommt.

Die korrosive Kraft der Höhlenwässer ist auch in jenen Teilen der Badlhöhle wirksam, in denen an Stelle der Frostverwitterung — der Winterfrost dringt maximal 50 Meter in die Höhle ein — die endochthone Verwitterung tritt. Auch dort findet man vielfach eine Zurundung scharfer Kanten und die Ausbildung von Laugungskolken; es entstehen Formen, die jenen völlig gleichen, die als charakteristisch für eine „hydrische Modellierung“ angesehen werden.

Schon aus den wenigen angeführten Beobachtungen in der Badlhöhle ist zu erkennen, daß die Entstehung analoger Formen in verschiedenen Höhlen auf verschiedene Ursachen und Bildungsbedingungen zurückgeht und daß entsprechende Untersuchungen daher in jedem Einzelfalle durchgeführt werden müssen. Es ergibt sich insbesondere, daß die hydrischen Formen, die bisher fast immer auf die erosive Wirkung kräftiger Höhlengerinne zurückgeführt wurden, auch anderer Entstehung sein können. Man wird einen Höhlenraum in seiner heutigen Form nur dann als „verlassenen Flußlauf“ ansprechen können, wenn seine Entstehung auf andere Weise nicht erklärbar ist; wahrscheinlich wird aber in den meisten Fällen die Berücksichtigung des Umstandes, daß die Formen des Höhlenraumes nicht dem Tertiär entstammen müssen, sondern daß auch das Diluvium und vor allem auch das Alluvium verschiedenen Räumen ein neues Erscheinungsbild aufgeprägt haben, die Wirksamkeit raumverändernder Kräfte bis in die Gegenwart zeigen und uns die Entstehungsgeschichte der Höhlen in den Ostalpen in anderem Lichte zeigen als bisher.

Angeführte Schriften:

- Bock, H.:** Charakter des mittelsteirischen Karstes. Mitteilungen für Höhlenkunde, 6. Jgg., H. 4, Graz 1913.
- Cramer, H.:** Röhrenformen als Folge reiner Gesteinsauflösung. Mitteilungen über Höhlen- und Karstforschung, Berlin 1927, S. 56.
- Kyrle, G.:** Grundriß der Theoretischen Speläologie. Speläologische Monographien, Band I, Wien 1923.
- Lehmann, O.:** Die Hydrographie des Karstes. Enzyklopädie der Erdkunde, Wien 1932.
- Mottl, M.:** Die Repolusthöhle, eine Protoaurignacienstation bei Peggau in der Steiermark. Verhandl. d. Geol. Bundesanst. 1947, H. 10/12, Wien 1949.
- Saar, R.:** Geschichte und Aufbau der österreichischen Höhlendüngeraktion mit besonderer Berücksichtigung des Werkes Mixnitz. Speläologische Monographie, Bd. VII/IX, Die Drachenhöhle bei Mixnitz, Textband, S. 3—64. Wien 1931.
- Trimmel, H.:** Bemerkungen zur Frage der Entstehung von Kolken in Höhlen. Die Höhle, 1. Jgg., H. 1, Wien 1950, S. 8—11.

## Die „Kraftwerk-kette“ am Kamp.

Von Dr. F. Aurada.

Mit 2 Abbildungen.

Österreich ist als einziges Land Mitteleuropas auch bei rasch steigender eigener Elektrifizierung in der Lage, Exportstrom zu erzeugen. An Abnehmern mangelt es nicht, benötigen doch Deutschland (Ruhrgebiet und Mitteldeutsches Braunkohlenbecken) und Italien große Mengen elektrischer Energie. Erst etwa ein Sechstel der vorhandenen nutzbaren Wasserkraft wird bisher zur Strom-