

Gy. D é n e s

DIE ROLLE DER ALLMÄHLICH ABGETRAGENEN WAS-
SERUNDURCHLÄSSIGEN DECKE IN DER MORPHOLO-
GISCHEN ENTWICKLUNG DES KARSTES

Ein Teil der heutigen Karstgebiete war in der erdgeschichtlichen Vergangenheit bedeckt; die wasserundurchlässige Decke wurde erst später allmählich abgetragen. Derartige Prozesse können auch heute beobachtet werden, so z.B. in Ungarn im Karstgebiet von Aggtelek. Hier sei eine nähere Betrachtung dieses Prozesses gegeben und seine Rolle in der Verkarstung dieses Gebietes untersucht.

Wenn der bedeckte Karst in eine erhöhte Lage gelangt, wird die über dem Kalkstein liegende wasserdichte Decke durch äussere Einwirkungen, vor allem durch die auf ihr entstehenden Wasserläufe einer ständigen Erosion ausgesetzt, die diese Decke allmählich entfernt. Die früher bedeckte Kalksteinschnitnt wird so schrittweise freigelegt, in erster Linie jene Gebietsteile, die dem am tiefsten eingeschnittenen und die Wässer dieses Gebietes ableitenden Tal zugewendet sind; dieses Tal bildet nun für den erhöhten Karst die lokale Erosionsbasis. Im Bett der dem Tal zugewendeten und in der wasserundurchlässigen Decke entstandenen Oberflächenwasserläufe wirkt nun eine lineare Erosion, die ebenfalls zur Freilegung des Kalksteins beiträgt; dann werden die herausragenden Elemente des verdeckten Kalksteinreliefs freigelegt. Nun kann die Verkarstung der entblössten Kalkoberschichte beginnen. Da die

Karsformen hier im Zuge der Zerstörung der wasserundurchlässigen Decke entstehen, tragen sie auch die Merkmale dieses Prozesses.

Die von der wasserundurchlässigen Decke auf die Kalksteinoberfläche treffenden Wässer suchen sich am Rande der Decke bzw. in dem im Bett der linearen Wasserläufe zutage tretenden Kalkstein einen Weg in die Tiefe: Es entstehen Ponore, welche die Wasserläufe an der Oberfläche vertikal anzapfen und in Richtung der Erosionsbasis unterirdische Karst-Wasserläufe bilden.

Die Zerstörung der wasserundurchlässigen Decke wird durch die Bildung der Ponor beschleunigt. Die von den Ponoren rückschreitende Erosion schafft neue Gräben in der Decke, deren Material sich nunmehr durch die Höhlengänge von der Oberfläche entfernt und durch die entstandene Schutterosion den unterirdischen Gang ständig erweitert.

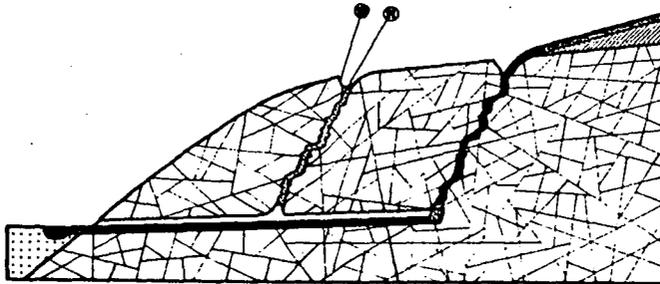
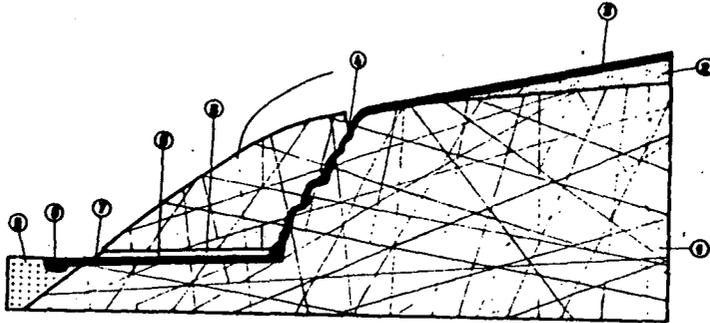
Während das Material der wasserundurchlässigen Decke in grossen Mengen sich durch die Ponore entfernt, werden weitere Kalksteingebiete freigelegt, und der Rand der verbliebenen Decke zieht sich immer weiter von den Ponoren zurück. Am neuen Karstrand entstehen neue Ponore und dieser Vorgang wiederholt sich ständig, während ein immer grösserer Abschnitt des Oberirdischen Laufes unter die Oberfläche gelangt.

Abhängig von der Nähe oder Ferne des den Karst entwässernden Tales, ferner abhängig von den Gesteinsverhältnisse und den tektonischen Gegebenheiten, entsteht in Richtung des die Erosionsbasis bildenden Tales ein neuer, selbständiger Höhlengang; oder aber der bereits vorhandene Höhlenabschnitt wird zur Erosionsbasis

der durch den neugebildeten Ponor abfließenden Wasser und der zum neuen Ponor gehörenden Gang schliesst sich dem vorhandenen Höhlengang an und verlängert ihn. In solchen Fällen spielen somit auch die Oberflächenverhältnisse in der Bestimmung der Richtung der Höhlengänge mit.

Verlieren nun die Ponore durch wiederholte Anzapfungen ihr Zuflussgebiet und ihre Wasserläufe, und trocknen aus, und gelangt auch kein neues Schuttmaterial mehr hinein, verwandeln sich diese Ponore in Schachthöhlen. Im Mittelgebirge jedoch werden diese ehemaligen Ponore häufig durch Schutt aufgefüllt, sie verstopfen sich und bilden Dolinen. Wenn nun die Dolinensohle mit wasserundurchlässigem Schutt ausgefüttert ist, kann ein Dolinensee entstehen.

Ahhängig vom Kalkstein-Oberflächenrelief, das früher von einer wasserundurchlässigen Schicht bedeckt war, von der Spurlinie des Wasserlaufes an der Oberfläche der wasserundurchlässigen Decke und eventuell auch abhängig von den tektonischen Gegebenheiten sowie als Folge der allmähliche Abtragung der wasserundurchlässigen Decke und des ständig rückschreitenden Deckenrandes kann eine Dolinenreihe entstehen; aber auch vereinzelte Dolinen können sich aus ehemaligen Wasserschlängern gebildet haben. Gerade die unter der Oberfläche verlaufenden Spurlinie der Höhle sowie ihr innerer Formenschatz geben häufig Aufschluss darüber, welche Dolinen aus Wasserschlängern entstanden sind.



1. Kalkstein, 2. Wasserundurchlässige Decke, 3. Oberflächenwasserlauf, 4. Ponor, 5. Höhle mit Wasserlauf, 6. Höhlenbach, 7. Quelle, 8. Wasserlauf am Fusse des Kalksteinberges, 9. Schutt, 10. Doline, entstanden aus einem Ponor, 11. Ehemalige Ponorhöhle mit Schutt ausgefüllt.

Die fortschreitende Verstopfung beginnt meistens nicht im senkrechten Schacht des Ponors, sondern in dem dazugehörenden wasserlosen Abschnitt der horizontalen Höhlenganges. Meistens schliesst nämlich der Höhlengang des neuen Ponors nicht an der Schachtsohle des ehemaligen Ponors an der früher entstandenen horizontalen Höhlengang an, sondern an einem Punkt zwischen Quelle und altem Ponor. Auf diese Weise wird der waagrechte Gangabschnitt des ehemaligen Ponors bis zum neuen, wasserführenden Lauf langsam trockengelegt; der von der Oberfläche eingeführte Schutt füllt nun diesen zum Nebengang gewordenen, kein Wasser mehr führenden Höhlenabschnitt aus; dieser Nebengang folgt nicht der weiteren Vertiefung des Hauptganges und seine Sohle verbleibt im Verhältnis zum Hauptgang in erhöhter Lage. Die daraus herausgetretene Tonmenge weist meistens auf die Mündungsstelle des Nebenganges in den Hauptgang hin. Nach der Verstopfung des waagrechten Ganges füllt sich auch der ausgetrocknete senkrechte Schacht des Ponors. Kommt es zu einem oder mehreren Brüchen in dem vom Ponor ausgehenden vertikalen Höhlengang, so kann auch bei einem Knie eine Verstopfung eintreten.

Prof. L. Jakucs hat den Zusammenhang zwischen dem nicht-karstigen Zuflussgebiet und der Breite einer Erosionshöhle nachgewiesen: zu grösseren nicht-karstigen Zuflussgebieten gehören breitere Höhlengänge, zu kleineren engere. Vergrössert sich das nicht-karstige Zuflussgebiet, verbreitert sich auch der Höhlengang, der sich stets dem maximalen Zufluss anpasst.

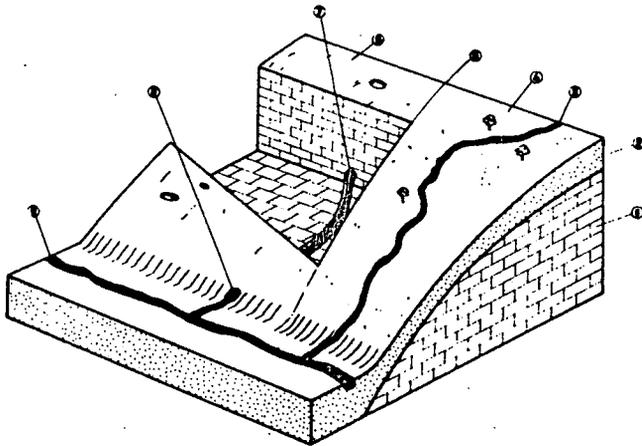
Ich bin der Ansicht, dass diese Regel im bestimmten Fällen auch im umgekehrten Sinne Gültigkeit hat, jedoch nur solange, bis die Öffnung des Ponors nicht gänzlich verschlossen wird, d.h. solange die Niederschlagwässer von einem noch so kleinen Zuflussgebiet Schutt mitführen.

Verringert sich nun in solchen Fällen das Ausmass des nichtkarstigen Zuflussgebietes, wird auch die Geräumigkeit des dazugehörenden Höhlenganges, des dazugehörigen karstigen Wasserkanals geringer. Wenn das zum Ponors gehörige nichtkarstige Zuflussgebiet stark schrumpft und der maximale Wasserzufluss nichtmehr die vorhandene Breite des Höhlenganges benötigt, gewinnt die Tendenz der Geröllablagerung die Oberhand. Das Geröll engt nun den Gang soweit ein, dass die vom verbliebenen Zuflussgebiet stammenden maximalen Wassermassen Platz haben. Während nun eine Verbreiterung des Ganges mit der Entfernung des Gesteins verbunden war /Korrosion - Erosion/, schreitet die Einengung mit der Schuttablagerung einher. Das vollständige Versiegen des Zuflusses führt schliesslich zur vollkommenen Verstopfung des zum Ponor gehörenden ausgetrockneten Höhlenganges und des Ponorschachts.

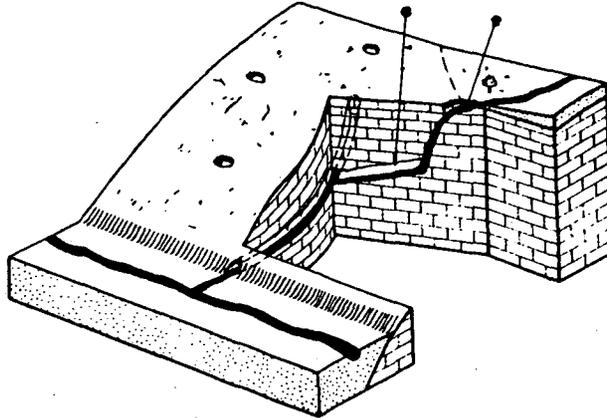
Bei der Wasserversorgung der Höhle spielt selbstverständlich auch das karstige Zuflussgebiet eine Rolle, die jedoch während der Tätigkeit des Ponors kaum auffällt. Hört jedoch infolge der gänzlichen Verstopfung der Eingangsöffnung des Ponors auch der Schuttnachschub auf, wirkt sich langsam doch ununterbrochen die Tätigkeit der Sickerwässer aus - die bisher in Anbetracht der durch die Ponore herabstürzenden Wassermassen kaum auffiel - und es kommt in der Tiefe zur allmählichen Freilegung des verstopften Ganges. Und dieser Prozess kann mit der Zeit zur abermaligen Öffnung des Ponors führen.

Haben die Sickerwässer in der Tiefe den verstopften Höhlengang zumindest teilweise freigelegt, kann der Verschluss der Ponoröffnung - auf den auch die Niederschlagswässer einwirken - einstürzen. Befand sich Wasser in der Doline, so fliesst es ab und die so geöffnete Doline kann - wenn ihr ein minimales Zuflussgebiet verblie-

ben ist - wieder als periodischer Ponor funktionieren, bis er wieder verstopft wird. Sollte infolge einer Oberflächenveränderung der sich öffnende Höhlenschacht seines gesamten Zuflussgebietes beraubt werden und kein neuer Schutt in den Schacht gelangen, kann es geschehen, dass der senkrechte Gang als Schachthöhle längere Zeit geöffnet bleibt.



1. Kalkstein, 2. Wasserundurchlässige Decke,
3. Oberflächenwasserlauf, 4. Nicht-karstige Oberfläche auf wasserundurchlässige Decke,
5. Karst-oberfläche der entblösten Kalksteinschicht, 6. Grenze zwischen karstiger und nicht-karstiger Oberfläche, 7. Wasserführende Höhle im Karst, 8. Quelle am Bergfuss, 9. Wasserlauf im Tal.



11. Neue Ponor, entstanden nach Abtragung der wasserundurchlässigen Decke, 12. Neuer Seitengang der wasserführenden Höhle.

Die allmähliche Abtragung der wasserundurchlässigen Decke, die damit verbundene Verkarstung, das Entstehen der Ponore am Karstrand, ihre Verstopfung und abermalige Freilegung können in Ungarn im Karstgebiet von Aggtelek genau studiert werden. So ein Prozess führte auch zum Entstehen der Baradla-Höhle und der Béke-/Friedens-/Höhle. Die Schachthöhlen auf dem grossen Plateau des

Alsóhegy sind meiner Meinung nach ebenfalls aus Ponoren entstanden und auf die allmähliche Zerstörung der wasserundurchlässigen Decke zurückzuführen.

Zwischen den unter den beschriebenen Verhältnissen entstandenen ober- und unterirdischen Karstformen besteht ein enger Zusammenhang: Die aus Ponoren entstandenen Dolinen, Dolinenreihen, Dolinenseen und Schachthöhlen einerseits, sowie die Formenelemente der Höhlengänge und ihre Richtungsänderung andererseits, stehen genetisch in Wechselbeziehung.

Die am rückschreitenden Rand der wasserundurchlässigen Decke entstehenden Ponore, ihre Verstopfung und eventuell folgende Freilegung beweisen, dass die ihrer ursprünglichen Funktion beraubten Karstformen früher oder später unbedingt verschwinden, bzw. sich den neuen Verhältnissen entsprechend verwandeln. Diese Gesetzmässigkeit bezieht sich auf die, aus einer früheren Verkarstung unter der Decke erhalten gebliebenen fossilen Formen, d.h. also, wenn sich die wasserundurchlässige Decke auf einer früher karstigen Kalksteinoberfläche angesetzt hat, verschmelzen die im Zuge der Zerstörung der Decke entstandenen rezenten Karstformen mit dem Formenschatz des freigelegten Urkarstes, der bisher unter dieser wasserundurchlässigen Decke begraben war; diese Formen werden nun entsprechend der neuen Funktion umgewandelt und abgeändert.

Das Entstehen weitverzweigter Höhlensysteme ist stets ein polygenetischer Vorgang, dessen einzelne Komponente und Gesetzmässigkeiten in der Entwicklung durch sorgfältige Untersuchungen analysiert werden können.

L I T E R A T U R

- Gy. DÉNES /1969/: Die Höhle als örtliche untere Erosionsbasis und die Entwicklung der Baradla-Höhle in Aggtelek. - V. Internationaler Kongress für Speläologie, Stuttgart 1969.
- Gy. DÉNES /1970/: Hozzászólás az alsóhegyi zsombolyok kialakulásának kérdéséhez. - Felszólalás a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat 1970. januári vitaülésén. /Zur Frage der Entstehung der Schachthöhlen auf dem Alsó-hegy. - Diskussionsbeitrag in der Ungarische Gesellschaft für Karst- und Höhlenforschung, Januar 1970./
- Gy. DÉNES /1971/: Az aggteleki Baradla-barlang Raisz-ága. /Der Raisz-Gang der Baradla-Höhle in Aggtelek./ - Karszt- és Barlang 1971.
- L. JAKUCS /1956/: Adatok az Aggteleki-hegység és barlangjainak morfogenetikájához. /Daten zur Morphogenetik der Berge und Höhlen von Aggtelek./ - Földrajzi Közlemények, 1956. I.
- L. JAKUCS /1968/: Szempontok a karsztos tájak denudációs folyamatainak és morfogenetikájának értékeléséhez. /Bemerkungen zum Denudationsprozess und zur Morphogenetik der Karstgebiete./ Földrajzi Értesítő, 1968. 1.
- S. LÁNG /1955/: Geomorfológiai tanulmányok az Aggteleki-karsztvidéken. /Geomorphologische Untersuchungen im Karstgebiet von Aggtelek./ - Földrajzi Értesítő, 1955. 1.