

EINIGE FRAGEN DER MORPHOGENETISCHEN SYSTEMATISIERUNG VON KARST-DOLINEN

ILONA BÁRÁNY

In jeder Forschungsperiode galt es als ein besonders interessanter Themenkreis, die Entstehung und Entwicklung der grossen Oberflächenformen zu untersuchen. Unter den Oberflächenformen sind die Dolinen am augenfälligsten, die von den subarktischen Gebieten bis zu den Tropen überall vorkommen. Bei der Untersuchung der Dolinen stand die genetische Erklärung ihrer Entstehung immer im Mittelpunkt.

Am Anfang der Karstforschungen (J. Q. SHAWKINS 1869, C. DIENER 1886, J. CVIJIČ 1893) vertraten einige Forscher die Ansicht, die Dolinen seien durch Lösung entstanden doch wurde diese Auffassung in der wissenschaftlichen Öffentlichkeit in Ermangelung entsprechender Beweisdaten nie allgemein anerkannt. Vorherrschend war dagegen die Dolinengenetischen Forschung, die Entstehung dieser Oberflächenformen auf ihren Einsturz zurückzuführen (W. ZIPPE 1854, E. TIETZE 1873, F. KRAUS 1887, E. MOJSISOVICS 1880, W. v. LOZINSKY 1907 usw.).

Am Anfang des 20. Jahrhunderts vertraten wieder viele Wissenschaftler die sog. Lösungstheorie (M. LUGEON 1911, A. GRUND 1910, E. JEREMINE 1911). Ein progressiver Vertreter der vorhin erwähnten Ansicht war K. TERZAGHI (1913), der auf den biogenen Charakter der Karstentwicklung hinwies. Seine Forschungen übten später auf die Tätigkeit O. LEHMANNs eine Wirkung aus, der eine zeitgemässe Erklärung der Karstentwicklung ausarbeitete. Im Einverständnis mit TERZAGHI lehnte LEHMANN (1931) die grundsche Zyklustheorie der Dolinentwicklung ab. Er wies darauf hin, dass für die Dolinen eine Klimavarienz charakteristisch sei, wobei er betonte, die sich klimabedingt ändernde Vegetation stelle eine wichtige Voraussetzung in der Bildung von Lösungsdolinen dar.

Nach der Summierung der verschiedenen Auffassungen wurden mehrere Versuche unternommen, die Dolinen auf genetischer Grundlage zu klassifizieren. Vor allem muss man hier den Namen H. CRAMERs (1941) erwähnen, der bereits mehrere Dolinentypen unterschied: Einsturz-, Erdfälle-, Schwund-, Lösungs- und Schwemmlanddolinen. Sein System ist jedoch bestreitbar, da er bei der Entstehung der einzelnen Typen den verschiedenen genetischen Faktoren nicht das gleiche Gewicht beimass, bzw. im Falle der Schwemmlanddolinen das Endstadium und nicht etwa die Entstehungsgenetik in entscheidendem Masse in Betracht zog.

Von der Jahrhundertmitte an sind die Direktiven von H. LEHMANN (1956) massgebend. Ausser der Betonung der Klimavarienz gilt es als ein bedeutendes Verdienst LEHMANNs und seiner Anhänger, dass sie den engen Zusammenhang zwischen dem CO_2 -Gehalt der Bodenluft und der Karstkorrosion erkannten. In den

Karstforschungen unserer Tage — darunter auch in der Dolinenforschung — stellt es eine recht wichtige Aufgabe dar, die Herkunft des die Aggressivität des Lösungswassers erhöhenden CO_2 , bzw. seine in der Korrosion gespielte Rolle zu untersuchen.

Auch in internationaler Relation beschäftigen sich viele Forscher mit der Entstehung und Entwicklung der Dolinen sowie mit der Rolle der ökologischen Faktoren (I. GAMS 1974, P. GROSCOPF—H. U. KOBLER 1973, K. PRIESNITZ 1968, S. T. THURDGILL 1977, J. NICOD 1976). Auf die Systematisierung der Dolinen dagegen spezialisieren sich nur wenige Wissenschaftler. Hier seien die genetischen Klassifizierungsversuche der sowjetischen Forscher D. S. SOKOLOW (1962), A. MAXIMOWITSCH (1963), G. W. KOROTKEWITSCH (1970) und N. A. GWODS-DETZKI (1972) erwähnt.

Auch ungarische Forscher haben die traditionelle, bzw. zeitgemässe Erklärung der Karstentwicklung in mehreren Phasen weiterentwickelt.

J. CHOLNOKY (1916) z. B. stellte auch in internationaler Relation als erster fest, dass sich die Kalksteinoberfläche nur sehr langsam zersetzt, was zur Bildung eigenartiger Oberflächenformen führt. Progressiv ist seine Feststellung, dass es zwischen Dolinen und Höhlen keinerlei Verbindung bestehe. Verfehlt ist jedoch seine Ansicht, dass die Dolinen durch einen infolge der Erweiterung von Karsthöhlen unter der Oberfläche und nachher der Verringerung der Gesteinsfestigkeit eintretenden ruckartigen Einsturz der Oberfläche entstünden. Seine Anhänger S. JASKÓ (1933) und J. KERÉKES (1937) teilen die Ansicht CHOLNOKYs über die Entstehung der Dolinen.

In Ungarn wurde die zeitgemässe Erklärung der Karstentwicklung ab Mitte der 50er Jahre verbreitet. L. JAKUCS, LEÉL—ÓSSY S. und S. LÁNG analysierten die Gebilde der Karstentwicklung auf und unter der Oberfläche aus verschiedenen Perspektiven. Sie fassen die Dolinen als Lösungsgebilde auf. LEÉL—ÓSSY (1954) unterscheidet Einsturz- und Sinkdolinen. JAKUCS (1964) trennt diese je nach Niveau.

Bei der Ausarbeitung einer zeitgemässen Karstentwicklungstheorie widmet JAKUCS der Entstehung und Entwicklung der Dolinen grosse Aufmerksamkeit. Er ist der Ansicht, dass die Form der Dolinen eine Art Widerspiegelung der Anordnung ihrer Mikroklimaräume sei. Ferner erforschte JAKUCS die genetischen Eigenschaften der Reihendolinen und der sog. „individuellen“ Dolinen, die nicht in Serien gehören, und untersuchte den Dynamismus der Dolinenbildung (1971).

Das Klima, insbesondere jedoch das Mikroklima wirkt sich auf die Entwicklung der Dolinen auf direkte, zusammen mit der Biosphäre und der Pedosphäre jedoch auch auf indirekte Weise aus (I. BÁRÁNY 1967, I. BÁRÁNY—K. KAJDÓCSY 1976, I. BÁRÁNY—G. MEZŐSI 1978). Das Makroklima bestimmt die mögliche Entstehung der Dolinen und die Intensität ihrer Entwicklung; mit der Biosphäre und Pedosphäre übt es aber auf die Dolinenentwicklung auch eine indirekte Wirkung aus.

Neben der entscheidenden Rolle des Klimas kann die Qualität des Grundgestein — vor allem seine Lösbarkeit und Schichtenanordnung — selbstverständlich auch nicht ausser Acht gelassen werden. So z. B. kann die Verschmutzung des Gesteins durch Lehm oder Silikat die Lösungsintensität hemmen, die Gesteinsstruktur (die Bröckligkeit, das Verhältnis der unlöslichen Rückstände usw.) dagegen verstärken. Obwohl die Dolinen in Faltegebirgen auch auf bröckligem oder horizontalen Kalkstein vorkommen, können in der Entwicklung der Formen auch die tektonischen Wirkungen Differenzen verursachen. Durch die Hebung, eventuell auch durch

die Senkung der Karstoberfläche kann sich der Karstentstehungsprozess verstärken, gleichzeitig jedoch auch verlangsamen.

Die ausgeprägtesten Dolinentypen finden wir auf sanften Plateaubahängen in gehobener orographischer Lage, was zweifelsohne auch mit der Distanz der Denudationsbasis im Zusammenhang steht.

Wie wir darauf bei der Erörterung der Klimafaktoren bereits hingewiesen haben, spielen in der Dolinenbildung der auf der Gesteinsoberfläche entstandene Boden und die in ihm stattfindenden biologischen Prozesse, bzw. die Vegetation auf dem Boden eine bedeutende Rolle. Wir müssen mit der Ansicht von L. JAKUCS (1971) einverstanden sein, gemäss welcher „die Karstbildung im Grunde genommen eine Formwiderspiegelung der biologischen und chemischen Entwicklungsercheinungen der Pedosphäre auf dem lösaren Grundgestein sei“.

Auf Wirkung der vorhin erwähnten, sich je nach Gebieten ändernden Faktoren der Dolinenbildung sowie anderer — vor allem exogener — Faktoren kommen genetisch unterschiedliche Dolinentypen zustande.

In der Fachliteratur finden wir oft Klassifizierungen, die von dem Zusammenhang zwischen der gegebenen Raumform und der Dolinentstehung ausgehen. Auf jeden Fall ist es richtiger, die Dolinen vom genetischen Aspekt zu klassifizieren, wobei man die Faktoren der Entstehung und Entwicklung in Betracht zieht. Selbst im letzteren Fall kommt es vor, dass die Forscher nicht eindeutig klare Typen beschreiben (H. CRAMER 1941, A. MAXIMOWITSCH 1963, G. W. KOROTKEWITSCH 1979), was auf die Wirkung der verschiedenen genetischen Faktoren zurückzuführen ist.

Auf genetischer Forschungsbasis unterscheiden wir auf den unbedeckten Karsten *Lösungs-* oder *Korrosions-*, auf den bedeckten Karsten *Schwund-* sowie auf beiden Oberflächen *Einsturzdolinen*. Unter diesen kommen in den Landschaften die Lösungs- und die Schwunddolinen in grosser Anzahl und in ausgeprägter Form vor. Vom Aspekt der exogener Wirkungen erscheinen die Einsturzdolinen nur zufällig.

Die *Lösungs-* oder *Korrosionsdolinen* sind die charakteristischsten Oberflächengebilde der Karstoberflächen. Diese Dolinenformen sind von den gemässigten Zonen bis zu den Tropen überall zu finden. In klassischem Sinne kommen die Lösungsdolinen am häufigsten dort vor, wo das Gestein unbedeckt und nur mit einer dünnen Bodenschicht überzogen ist. Ausser der Gesteinsqualität ist die Entstehung und Entwicklung, bzw. die Verbreitung der Lösungsdolinen selbstverständlich auch durch eine entsprechende Niederschlagsmenge und durch Temperaturfaktoren bestimmt.

Im Gegensatz zu den traditionellen Auffassungen sind wir der Ansicht, dass die Bioaktivität des Bodens, der das Gestein bedeckt, bzw. der Vegetation auf dem Boden eine grundlegende Bedingung der Entstehung und Weitentwicklung von Lösungs-dolinen darstellt (L. JAKUCS 1971, I. BÁRÁNY 1977, usw.).

Die frühere Auffassung, gemäss welcher in den arktischen und subarktischen, bzw. in den Hochgebirgsregionen die Korrosion durch die erhöhte CO_2 -Lösungsfähigkeit des Kaltwassers intensiver und dementsprechend die Dolinenbildung schneller sei, ist nicht stichhaltig, da die die Lösungsintensität verstärkende Kohlensäure nicht etwa aus der freien Atmosphäre, vielmehr jedoch aus dem konzentrierten CO_2 der Bodenatmosphäre ins Lösungswasser fliesst. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, dass unter der Bodenschicht beinahe symmetrische Lösungsdolinen entstehen.

Oft begegnen wir jedoch auch asymmetrischen Korrosionsdolinen. Die Mehrheit der Forscher führt diese Erscheinung auf die tektonische Preformation zurück. Unseren Forschungsergebnissen zufolge müssen wir jedoch wir die Erklärung der asymmetrischen Formbildung in den Mikroklima-, Vegetations- und Bodenunterschieden (auch Bodenleben) der Mikroräume von Dolinenseiten verschiedener Himmelsrichtungsexpositionen suchen. Die Genetik der Lösungsdolinen kann also auf die bloße Tatsache der Gesteinslösung nicht reduziert werden; eine entsprechende Erklärung ist nur nach einer ausführlichen ökologischen Analyse möglich.

Unter den Lösungsdolinen sollen jene asymmetrischen Formen getrennt untersucht werden, wo die periodische Erhaltung der Schneeflecken bei der Lösung entscheidende Rolle spielt. In Hochgebirgsgebieten schmilzt der Schnee in einer günstigen (nördlichen) Exposition im ganzen Jahr nicht. In diesen Regionen ist die Gesteinslösung stärker als auf anderen Dolinengebieten. Hier kommt dem biogenen Faktor gar keine — oder höchstens eine minimale Rolle zu. Die Erklärung ihrer Entstehung ist mit der traditionellen Auffassung verwandt.

In Ungarn sind die meisten Dolinen Lösungsdolinen.

Die *Schwunddolinen* kommen auf Gebieten vor, die mit solchem Gesteinsmaterial bedeckt sind, das eine Karstbildung nicht ermöglicht. Unter dieser Gesteinsdecke entstehen die Dolinen durch subkutane Lösung. Die Lösung des Kalksteins erfolgt punktweise unter jenen Stellen, wo das Wasser eindringt. Nachher kommt es zur stufenweisen und sich wiederholenden Nachsinking der Oberfläche.

Ähnliche Dolinen sind auch auf Salz-, Gips- und Dolomitgrundgestein häufig zu finden. Die Forscher beschrieben viele Dolinen dieser Art auf dem Gebiet des Schwäbischen und Fränkischen Alb, der Gipskarste in Podolien und der Appeninen. CVIJIČ und KATZER beschrieben die in den Dinarischen Karsten vorkommenden Schwunddolinen; ihre Forschungsergebnisse sind jedoch in Vergessenheit geraten. Unlängst haben P. GROSCOPF und H. U. KOBLER (1973) diese Dolinen eingehend untersucht.

Die Ähnlichkeit ist jedoch nur eine morphologische und keine morphogenetische. Die Grundlage der Dolinenbildung ist zwar sowohl bei dem Steinsalz als auch beim Gips die Lösung, doch müssen wir die Karstformen dieser Gesteine von den Lösungsdolinen des Kalksteins unterscheiden, da in ihrer Entstehung der biogene Faktor keine Rolle hat.

Die dritte grosse Gruppe sind die *Einsturz-* oder *Gravitationsdolinen*. Diese Formen entwickeln sich dort, wo unter der Oberfläche grosse Höhlen zu finden sind. Nach der Verringerung der Gesteinsfestigkeit stürzt die Höhlendecke ein. Die Wände bleiben im allgemeinen steil stehen. Die Einsturzdolinen sind von den subarktischen Regionen bis zu den Kupkarstgebieten der Tropen überall zu finden, jedoch nur sporadisch; in ihrem Vorkommen können wir keine Regelmässigkeit entdecken.

Die drei Haupttypen erscheinen auf Karstoberflächen auch in verschiedenen Übergangsformen. Sehr oft begegnen wir einer Vereinigung der Lösungs- und Einsturzprozesse. Die Schwemmlanddolinen vertreten eine spätere Entwicklungsphase. Wenn wir von verschiedenen Dolinenentwicklungszyklen in dem DAVISschen Sinne auch nicht sprechen können, doch soll man die Schwemmlanddolinen als reife Reliefs betrachten.

Bei den beiden grundlegenden Dolinentypen (Lösungs und Schwunddolinen) ist die Korrosionstätigkeit dominant. Dazu kommt im Laufe der Weiterentwicklung der Doline oft auch eine areale Abspülung. Durch die Infiltration können auch gewisse

Materialumordnungen erfolgen, die auch als Faktoren in den Suffosionsprozessen auftreten. All das gehört jedoch in den Bereich der Umgestaltung und nicht etwa in den Themenkreis der Entstehung.

Die Korrosions-, Gravitations- und Suffosionsprozesse können einander verstärken oder eben schwächen und dabei die Erosion oder Akkumulation der negativen Form beschleunigen, den genetischen Grundtyp jedoch auf keinen Fall ändern. Selbstverständlich kommen innerhalb dieser drei Haupttypen noch mehrere Untertypen vor, die das eine oder das andere bestimmende Merkmal der Haupttypen tragen.

LITERATUR

- BÁRÁNY, I. (1967): Der Einfluss des Niveaunterschiedes und der Exposition auf der Lufttemperatur in einer Doline in Bükk-Gebirge. *Acta Climatologica Univ. Szegediensis*, Tom. VII. Fasc. 1—4.
- BÁRÁNY, I. (1980): Some data about the physical and chemical properties of the soil of karst doline. *Acta Geographica* Tom. 20.
- BÁRÁNY, I.—KAJDÓCSY K. (1976): Some microclimatic characteristics of the thermal-household processes in Soils of different exposures. *Acta Geographica Szegediensis*. Tom. XVI. 57—64.
- BÁRÁNY, I.—MEZŐSI G. (1978): Adatok a karsztos dolinák talajökölógiai viszonyaihoz. *Földrajzi Értesítő*, XXVII. évf. 1. füzet, 65—73.
- CHOLNOKY, J. (1916): Előzetes jelentés karszttanulmányairól. *Földrajzi Közlemények*, XLIV. kötet, 8. füzet, 425—455.
- CRAMER, H. (1941): Die Systematik der Karstdolinen. Unter Berücksichtigung der Erdfälle, Erzschlotten und verwandter Erscheinungen. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 85. Beilage-Band. Abt. B. Stuttgart.
- CVIJIČ, J. (1893): Das Karstphänomen, Versuch einer morphologischen Monographie. *Pencks geogr. Abh.* 5,5. Wien.
- DIENER, C. (1886): *Libanon*. Hölder, Wien, 412.
- GAMS, I. (1974): K ekologiji vrtac. IX. Kongres Geografa Jugoslavije S. R. Bosna i Hercegovina 24—30 sept. 1972. g. Sarajevo.
- GROSCHOFF, P.—KOBLEK, H. U. (1973): Die Entstehung von Karsthohlformen auf der Schwabischen Alb und am Oberen Neckar. *Symposium der JEAG "Erdfälle u. Bodensenkungen"* Hannover.
- GRUND, A. (1914): Die geographische Zyklus im Karst. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde* Berlin, 621—664.
- GVOZDECKIJ, N. A. (1972): Problemü izucsényija karszta i praktika. *Izdatyelsztvo "Müszl"*. Moskva.
- JAKUCS, L. (1964): Geomorfológiai problémák az Észak-borsodi karsztvidéken (Dolinatípusok és terra rossa szintek). *Borsodi Földrajzi Évkönyv* V. kötet, 1—11.
- JAKUCS, L. (1971): A karsztok morfogenetikája, a karsztfejlődés variációi. *Akadémiai Kiadó*.
- JASKÓ, S. (1933): Morfológiai megfigyelések és problémák a Gömör-Tornai karsztvidék délkeleti részében. *Földrajzi Közlemények*, LXI. kötet, 9—10. füzet, 245—251.
- KEREKES, J. (1937): Megjegyzések a zombolyok keletkezésének kérdéséhez. *Barlangvilág* VII. kötet, 1—2. füzet, 13—17.
- KOROTKEVICS, G. V. (1970): *Szoljanoj karszt. L.*
- KRAUS, F. (1887): Über Dolinen. *Vesh. geol. Reichsanst. Wien*. Nr. 2. 54.
- LÁNG, S. (1952): Geomorfológiai-karsztmorfológiai kérdések. *Földrajzi Értesítő* 1.
- LEÉL-ÖSSY, S. (1954): A Magas Bükk geomorfológiája. *Földrajzi Értesítő*. III. évf. 2. füzet. 323—356.
- LEHMANN, H. (1956): Der Einfluss des Klimas auf die morphologische Entwicklung des Karstes. In: *Report of the Commission on Karst Phenomena*, Nr. 59. 3—7.
- LEHMANN, O. (1931): Über die Karstdolinen. *Mitt. Geogr. Ethnogr. Ges. Zürich*, 31. 43—71.
- LOZINSKY, W. v. (1907): Die Karsterscheinungen in Galazisch-Podolien *Jb. Geol. Reichsanst. Wien*. 683—726.

- LUGEON, M-et JÉRÉMINE, E. (1911): Les bassins fermés des Alpes suisses. Bull. Lab. geol. Univ. de Lausanne. Lausanne. 1—190.
- MAKSZIMOVICS, G. A. (1963): Osznovü karsztovegyenyija. t. I. Perm. 1963; t. II. Perm, 1969.
- MOJSISOVICS, E. (1880): Zur Geologie der Karserscheinungen. Ebenda. 111—116.
- NICOD, J. (1976): Variations de CO₂ dans les soils. Proceedings of the International Symposium on standardization of field research methods of karst denudation (corrosion). Ljubljana 1—5. Sept., 1975.
- PRIESNITZ, K. (1968): Über die Vergleichbarkeit von Lösungsformen auf Chlorid-Sulfat- und Karbonatgesteinüberlegungen zu Fragen der Nomenklature und Metodik der Karstmorphologie. Geologische Rundschau, Bd. 58. Heft 2. 427—438.
- SHAWKINS, J. Q. (1869): Reports on the geology of Jamaica. Mem. Geol. Surv. London, 340.
- SZOKOLOV, D. sz. (1962): Osznovnüle uszlovija razvitija karszta. Goszgeoltechizdat, Moszkva.
- TERZAGHI, K. (1913): Beitrag zur Hydrographie und Morphologie des kroatischen Karstes, Mitt. Jb. ungar. geol. Teichsanst. 20. 255—369.
- THRUDGILL, S. T. (1977): The Role of a Soil Cover in Limestone Weathering, Cockpit Country, Jamaica. Proceedings of the 7 International Speleological Congress, Sheffield, England. Sept. 1977. 401—404.
- TIETZE, E. (1873): Geologische Darstellung der Gegend Zwischen Karlstadt in Kroatien und dem nördlichen Teil des Kanals der Morlacca. Jb. geol. Reichsanst. Wien.
- ZIPPE, W. (1854): Einige geognostische und mineralogische Bemerkungen über den Höhlenkalkstein des Karst. In SCHMIDL, Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas., Wien. 211—217.