Zur Frage der Dolinenbildung auf jungdiluvialen Schotterfeldern

SIEGHARD MORAWETZ, Graz

Östlich der Save und 8—9 km saveabwärts von Krainburg sieht man zwischen den Orten Terboje — Mosche— Woditz — Voglje zahlreiche Dolinen, die sich in einer Höhenlage von 365—345 m auf der Hauptterrasse des Krainburger Savefeldes entwickelten. Weder im Bereich des nördlichen und südlichen Alpenvorlandes noch auf den Terrassen des Klagenfurter Beckens gibt es jungpleistozäne Schotterablagerungen, die in größerer Zahl Dolinen aufweisen, und auch im Gebiete der Saveterrassen stellen sich Dolinen auf den Akkumulationen nur hier und dann noch zwischen Radmannsdorf und Krainburg — dort vor allem auf den „Dobrava" benannten Fluren zu beiden Seiten der Save — ein. Gibt es im nördlichen Alpenvorland nördlich der diluvialen Vereisungsgrenze auch nicht so reine Kalkschotterfluren wie im Savetal und bestimmen in manchen Abschnitten des Südalpenvorlandes noch die allerjüngsten Akkumulationen das Bild und scheiden deshalb Dolinenbildungen aus, so stellen die Dolinen auf den Schotterterrassen des Savetales doch eine Besonderheit dar, besonders dann, wenn man von Südosten aus, den klassischen Karstlandschaften, kommt, wo es zwar Felsdolinen aller Größenordnungen und Gattungen in reichster Zahl gibt, aber gerade die genannten Erscheinungen fehlen.

Hier interessieren nicht die Dolinen als solche, sondern ihre Lage auf jungen Schotterablagerungen. Die Dolinen auf den Terrassen des Savetales erwähnt bereits ED. BRÜCKNER [Alpen im Eiszeitalter S. 1050] und ordnet die Terrassen, auf denen sie meist vorkommen, in die Hochterrassenfluren ein (Riß). Allerdings ist die Altersgliederung der Schotter im Gebiet zwischen Radmannsdorf — Krainburg — Zwischenwässern nicht ganz einfach, da dort häufig „junge" Schotter und verfestigte Schotter (Nagelfluhkonglomerat) abwechseln.

Das größte von Dolinen genarbte Schotterfeld zwischen Terboje—Woditz hat einen 20—25 m hohen Abfall zur Save und einen solchen von 15—20 m zu einer Furche (340—330 m), die dem 517—400 m hohen Brezovica-Strmec-Zug vorgelagert ist. Durch die Terrassenflur schlängeln sich teils alte, heute trockenliegende Betten kleiner Wasserläufe, die aus dem Norden, von den Karawanken, kamen oder noch heute aus dem nach Norden ansteigenden Schotterfeld als Grundwasserflüßchen — drei Stück auf zwei Kilometer — nordwestlich Woditz austreten; sie versitzen aber nach wenigen Kilometern wieder im Schotter. Westlich der Save, bei Svilje, ragt ein gut 0,5 km² großes älteres, aus Konglomerat bestehendes Feld 20 m über die Terrasse, die dort um 350 m Höhe aufweist, heraus. Auch diese Fläche zeichnet sich durch einige sehr schöne Dolinen (50—100 m Durchmesser, 10—15 m tief) aus. Auf dem eigentlichen Dolinenfeld östlich der Linie Treboje—Dragočajna zählt man innerhalb eines Areals von 6 km² über 400 Trichter und Wannen von einigen Metern bis über 100 m Durchmesser und Tiefen von wenigen bis 20 m. Besonders zahlreich treten Dolinen verschiedener Größenordnungen

— in NNW—SSO gestreckten und 150—200 m langen Wannen sind noch kleine Dolinen eingelagert — 1,5 km südöstlich von Voglje auf.

Ein eindeutiger Grund, warum es gerade auf den genannten Flächen und nicht auch auf dem Terrassenfeld von Krainburg—Šenčur—Voglje und anderen Terrassenteilen westlich der Save zu Dolinenbildungen kam, läßt sich nicht angeben. Eine gewisse Rolle kommt wohl dem Umstand zu, daß im Südosten das Terrassenfeld stärker gerandet ist und von kleinen Einkerbungen durchzogen wird, was eine kräftigere Entwässerung der Schotterplatte begünstigt. Auch die von Dolinen genarbten Platten der Dobrava zwischen Radmannsdorf und Piuka sind sehr isolierte, dazu nur 0,5—1 km breite, aber 3—5 km lange, durch Flußkerben scharf umgrenzte Felder mit 80—100 m relativen Höhen über dem Flußniveau und einer reinen Grundwasserentwässerung. Eine solche ist wohl die Voraussetzung für die Dolinenbildung. Da aber die anderen Schotterfluren auch einige Zehnmeter über dem Flußniveau liegen und auf ihnen weithin Flußläufe fehlen, die verhältnismäßig hohen Niederschläge (um 1500 mm) zunächst durch Versickern im Schotter und dann weiter im Grundwasser abgeführt werden, müßten sich auf viel großräumigeren Arealen Dolinen einstellen.

Ein erhöhter Anreiz zu einer verhältnismäßig schnellen Grundwasserentwässerung besteht allerdings auf den stärker herauspräparierten Schotterplatten, deren Schotter sowohl von den Karawanken als auch der Triglav-Gruppe stammen. Wie weit unterschiedliche Schotterzusammensetzung — es treten wohl ähnliche, aber nicht gleiche Schottergrößen und noch weniger gleich dichte und gleich mächtige Packungen auf — oder den Entwässerungs- und Grundwasserverhältnissen ein größerer Einfluß auf die Dolinenbildung zuzurechnen ist, bleibt eine offene Frage; es scheint jedoch den Entwässerungsverhältnissen der größere Anteil zuzufallen.

Die Annahme, daß es sich bei diesen Wannen, die sich 20—25 km vor dem eiszeitlichen Gletscherende einstellen, um Hohlformen handelt, die eventuell durch Abschmelzung vom Gletscher abgetrifteter und im Sander eingepackter Eisschollen handeln könnte, scheidet infolge der Vielzahl und Verteilung, in den meisten Fällen auch wegen der Größe der Wannen sicher aus.

Wie steht es mit dem Alter der Dolinen? Ordnet man die Schotterflur, auf der die Dolinen auftreten, mit Ed. Brückner der Hoch-(Riß-)terrasse zu, so kann deren Bildung erst nach Ablagerung der Rißschotter und nachdem das Zerschneiden der Schotterflur bereits einen gewissen Fortschritt erzielt hatte, also eine Eintiefung der Flüsse von einigen Metern vorhanden war, begonnen haben. Da seit dem Ende der Rißkaltzeit nach M. Milankovitch rund 180.000 Jahre verflossen sind, steht für den Prozeß der Dolinenbildung knapp diese Zeitspanne zur Verfügung.

Was für ein Verhältnis waltet nun zwischen dem angeführten Zeitabschnitt und der Lösungsgeschwindigkeit der Karbonatgesteine? Die physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden haben sich, wie A. Bögli [1951] in seiner Arbeit über die Probleme der Karrenbildung ausführt, seit Jahrzehnten kaum geändert, wenn auch an Stelle der alten Auffassung vom Lösungsvorgang des Kalkes die Erkenntnisse über Ionenreaktionen getreten sind. Der Grundvorgang bleibt die Kalkauflösung. Die Löslichkeit des Kalkspates beträgt im kohlesäurefreien Wasser 1,3 französische Härtegrade (= 1,3 g CaO in 100 Liter = 0,012 g CaO_2 in einem Liter = 1,3 deutsche Grade) bei 16° Temperatur. Bei 25° steigt der Wert auf 1,4 Härtegrade oder 0,014 g/Liter. Das heißt weiter: bei reinem Wasser dauert es bis Kalkspat von einer Dichte 2,71 in einer Mächtig-

keit von einem Meter bei 1000 mm Niederschlag im Jahr weggelöst wird über 200.000 Jahre; nimmt man statt Kalkfels Kalkschotter mit einer Dichte von 2,0 an, sind noch immer über 150.000 Jahre nötig. Steht für den Lösungsprozeß dagegen mit CO_2 gesättigtes Wasser bei einer Temperatur von 25° zur Verfügung, so geht die Lösung sehr viel schneller vor sich (0,9 g im Liter) und die Wegnahme einer einen Meter mächtigen Kalkspatschicht dauert bei 1000 mm Niederschlag im Jahr nur gut 3330 Jahre, im Kalkschotter (Dichte 2,0) knapp 2500 Jahre.

Das sind die theoretischen Grenzwerte, sieht man von höheren Wasserdrucken ab, und in der Natur liegen die praktischen Werte dazwischen. Nun weisen W. v. KNEBEL [1906] und G. KYRLE [1923] ganz ausdrücklich darauf hin, daß vor allem Angaben über das Ausmaß von Auslaugungen und Gangerweiterungen auf Grund von Lösungsberechnungen wegen der Vielzahl der Faktoren nicht möglich seien, und A. BÖGLI [1951] betont einleitend: Der Versuch, auf theoretischem Wege die Frage der Kalkauflösung durch die Niederschlagswasser auf eine für die Praxis befriedigende Art zu beantworten, findet seine Grenze in der großen Zahl der Unbekannten. Wertvoll bleiben dagegen immer Meßergebnisse, die die gesamte Karbonatmenge durch Wasseranalysen bestimmen.

A. BÖGLI [1951, S. 192] bestimmte an 23 60—400 cm langen Karren den Kalkgehalt des abfließenden Schneeschmelzwassers im Quintenkalk vom Bistal (850 m) bis zur Glattalp (1900 m). Der Kalkgehalt des Wassers lag zwischen 1,3—1,6 Härtegraden. Schmelzwasser, das dagegen aus Humuspolstern tropfte, wies Härtegrade von 2,8 bis 4,6 auf. A. BÖGLI kommt auf Grund seiner Untersuchungen [S. 202] zu dem Ergebnis, Spitzkarren von ca. 300 mm Höhe, bei denen pro Quadratmeter mindestens 1,5 m^3 Fels fehlen, brauchen bei einem Abtragsvolumen von 12,5 cm^3 pro Quadratmeter und Jahrtausend mindestens 120.000 Jahre zu ihrer Entstehung. Solche Karren können demnach kein postglaziales Alter haben, sondern müssen weit in das Riß-Würm-Interglazial zurück reichen. H. FRANZ [1960, S. 325] meint, bei mittlerer Temperatur und Kohlensäurekonzentration lösen sich in 1 Liter Wasser 0,02 g kohlensauren Kalkes. Nimmt man an, daß im Laufe eines Jahres 1000 mm Niederschlagswasser im Boden versickern und, mit CO_2 angereichert, Kalk lösen, so sind das pro dm^2 Gesteinsfläche 10 Liter Wasser, von denen 0,2 g $CaCO_3$ gelöst werden. Das heißt: unter günstigsten Verhältnissen braucht es 100 Jahre, um 1 mm Gesteinsoberfläche wegzulösen, oder 100.000 Jahre, um den Betrag von 1 m zu erreichen. Dieser Wert schließt sich an den von BÖGLI errechneten an. Er ist recht niedrig und gilt wohl nur für die nackte Oberfläche. Er erhöht sich mit der Tiefe durch Anreicherung an CO_2. Aber selbst bei Annahme einer vierfach so schnellen Lösung für 1 m ergeben sich noch immer 25.0000 Jahre und für zehn Meter tiefe Dolinen Zeitspannen von 250.000 Jahren, die bis in die Rißkaltzeit hinein führen. Nun treten aber aus den Schotterbänken der Saveterrassen Wasser aus, die um 20 Härtegrade aufweisen, Werte, wie sie in den benachbarten Karst- und Höhlengebieten auch Quellen besitzen [H. OERTLI 1953]. Bei einer solchen Konzentration werden im Liter Wasser 0,2 g CaO_2 abgeführt, und die Wegnahme einer einen Meter mächtigen Schicht dauert nur mehr 10.000 Jahre. Unter diesem Gesichtspunkt sind 10 m tiefe Dolinen in 100.000 Jahren möglich. Tritt dazu noch mechanische Auswaschung in tiefer gelegene Porenräume, beschleunigt sich die Wannenbildung an der Oberfläche.

Denkt man sich einen Porenraum, der rund ein Drittel des Gesamtvolumens beträgt (bei Kiesen und Schottern häufig), nur zu 10% ausgefüllt, so macht das bei einer 30 m mächtigen Schotterplatte bereits eine Erniedrigung von einem

Meter aus. Wird eine solche Akkumulation von Grundwasser mit einer Geschwindigkeit von 10 m im Tag durchströmt, stehen pro Meter grundwasserführender Schicht (25% Wasservolumen) und Jahr über 900 m³ Wasser zur Verfügung. Bei einer 5—6 m dicken Schicht sind das um 5000 m³ pro Meter. Das heißt, daß an einem 3—4 km langen Terrassenabfall, wie er der Woditz-Hrasefurche entspricht, im Jahr 15—20 Mill. m³ Wasser zusätzlich austreten. Die Hauptfrage, wie weit dieses von ferne stammende Grundwasser noch kalkaktiv ist und lösen kann, bleibt allerdings offen. Da jedoch zu große Karbonathärtegrade (über 20—25) kaum auftreten, wird man dem strömenden Grundwasser noch eine gewisse Leistung in dieser Hinsicht zubilligen müssen. Selbst bei ganz geringem Lösungsvermögen von nur 0,02 g/l ergeben sich in 100.000 Jahren Massen um 10.000 m³, was dem Volumen einiger kleinerer Dolinen entspricht. Aber es wäre hier auch die zehnfache Masse denkbar, die durch zusätzliches Grundwasser gelöst wird.

Vergleicht man jedoch diese Menge mit den Veränderungen, die durch Porenfüllung vor sich gehen können, so kommt man zu Raumbeträgen, die statt einigen 10.000—200.000 m³ mehrere Millionen Kubikmeter ausmachen, was dem Hohlraum einiger hundert nicht ganz kleinen Dolinen entspricht. Gerade diese Überlegungen zeigen, wie vielseitig die Dolinenbildung auf jungen Ablagerungen zu betrachten ist. Vielleicht lassen sich über das Alter mancher dieser Formen mit Hilfe der C_{14}-Methode, dort wo die Schotter durch Kalksinter zu Konglomerat und Nagelfluh verbacken sind, durch Untersuchung dieses Sinters in obersten und etwas tieferen Lagen, einige feste Hinweise gewinnen. Gelingt es mit diesen Methoden doch schon 30.000—50.000 Jahre zurück zu datieren. Damit läßt sich aber Jüngstes und Älteres schon abtrennen.

Etwas vermag man aber jetzt schon sicher zu sagen: nimmt man für diese jungdiluvialen Dolinen die niedrigsten Lösungswerte an, so reicht zu deren Bildung nach den heute üblichen Zeiteinstufungen die Spanne seit der Zerschneidung der Riß-Akkumulationen nicht aus; setzt man dagegen höchste Werte ein, die, sieht man von Mineralquellen ab, allerdings nirgends erreicht werden — an Sinterabsätzen sind um 0,4 g im Liter Höchstbeträge —, so benötigt man nur wenige 10.000 Jahre für bereits große Dolinen, was wieder zu kurz ist. Verwendet man jedoch die meist auftretenden Karbonathärten der Quellen und Wasseraustritte, so gelangt man zu brauchbaren Angaben. Über die so wichtige Frage, warum gerade an diesen und nicht auch an anderen engbenachbarten Stellen die Bildungen vor sich gehen, ist man nach wie vor auf Vermutungen angewiesen.

Schrifttum

BÖGLI, A.: Probleme der Karrenbildung. Helvetia, 1951, 191—204.

— Das Verhalten von Karbonaten in der Natur. Die Höhle, 5. Jg., 1954, 36—44.

FRANKE, H. W., MÜNNICH, K. O. u. VOGEL, J. C.: Auflösung und Abscheidung von Kalk — C^{14} — Datierung von Kalkabscheidungen. Die Höhle, 9. Jg., 1958, 1—5. Erste Ergebnisse von Kohlenstoff-Isotopenmessungen an Kalksinter. Die Höhle; 10. Jg., 1959, 17—22.

FRANZ, H.: Feldbodenkunde. Wien u. München 1960, 581 S.

KNEBEL, W. v.: Höhlenkunde. Braunschweig 1906, 222 S.

KYRLE, G.: Grundriß der theoretischen Speläologie. Wien 1923, 353 S.

MILANKOVICH, M.: Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen. Handbuch der Klimatologie, Bd. I, Teil A, Berlin 1930, 176 S.

OERTLI, H.: Karbonathärte von Karstgewässern. Stalactite 1953/54.

PENCK, A. u. BRÜCKNER, Ed.: Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1909.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1962

Band/Volume: 104

Autor(en)/Author(s): Morawetz Sieghard Otto

Artikel/Article: Zur Frage der Dolinenbildung auf jungdiluvialen Schotterfeldern 348-351