

KARRENMORPHOLOGISCHE FORSCHUNGEN IM DACHSTEIN UND IM TOTEN GEBIRGE

KARREN MORPHOLOGICAL RESEARCH IN THE DACHSTEIN AND THE TOTES GEBIRGE (AUSTRIA)

Gábor Tóth⁽¹⁾

ZUSAMMENFASSUNG

Mehrere Jahre lang haben wir im Toten Gebirge und im Dachstein Untersuchungen von Karst-Mikroformen durchgeführt. Während der Forschungen haben wir uns mit der Bildung und der Systematisierung von Längs- und Rundformen befasst. Bei der genetischen Untersuchung haben wir auch die Wirkung der einzelnen Bestimmungsfaktoren (Exposition, Höhe, Vegetation, Schneebedeckung) in Betracht genommen. Wir haben auch eine morphologische Karte der verschiedenen Karrenoberflächen konstruiert.

ABSTRACT

Our group has searched the karst micro-formations in Totes Gebirge and the Dachstein. During the research we examined the evolution and systematization of the longitudinal and central formations in every detail. In the genetic research the effects of different influential factors (exposure, altitude above sea level, vegetation, snow) were considered and the morphological map of different karst surfaces was constructed by the researchers.

I. EINFÜHRUNG

Unsere Karrenforschungen führen wir auf den österreichischen Gebieten seit 1995 mit jährlicher Regelmäßigkeit durch. Das höchste Ziel dieser Formenuntersuchung ist, Folgerungen auf die Entstehung der Makrokarstformen, bzw. auf die ausgestaltenden Vorgänge ziehen zu können. Nach unserer Annahme sind nämlich der Gang der Lösung und die Strömungsverhältnisse der unbedeckten Karrenflächen in einer kleineren Größe besser messbar und sie ermöglichen so eine ausführlichere Bearbeitung. Außerdem haben diese Formen den unschätzbaren Vorteil, dass man die die Verkarstung bestimmenden Faktoren durch die Auswahl der entsprechenden Gebiete voneinander getrennt untersuchen kann. Wenn wir die Vielfalt der die Karrenbildung bestimmenden Faktoren (Senkwinkel, Exposition, Flora- und Bodenbedeckung, Strömungsverhältnisse, die Quantität des Lösungsmittels) beachten, ist leicht einzusehen, dass der Formenschatz einiger Teile der Karrenterrains von Ort zu Ort eine ganz originelle Eigenart zeigt. Dementsprechend haben wir Oberflächen mit gleicher Schräge und Exposition, bzw. mit gleicher Schräge und unterschiedlicher Exposition, durch Spalten begrenzte Oberflächen mit kleinem Gefälle, Wandkarren, solche Oberflächen, die das Wasser von mit Vegetation bedeckten Terrains bekommen, außerdem Karrenformen im Vorfeld eines Gletschers untersucht.

Die andere große Gruppe unserer Messungen bildet die Analyse der einzelnen Formen. Im Fall derer haben wir einen besonderen Akzent auf die Mäanderkarren, die Trittkarren sowie auf die verschiedenen Typen der Rillenkarrn und Rinnenkarren gelegt.

Für die obengenannten Untersuchungen sind abwechslungsreiche und gut abgrenzbare Gebiete auf den durch Eis geformten Gebieten des Dachsteins und des Toten Gebirges zu finden.

II. FRÜHERE UNTERSUCHUNGEN

Mit der Morphologie der Karrenformen und Karrenhänge haben sich zahlreiche Autoren befasst. In der Folge wird die Tätigkeit derer dargestellt, die für unsere Forschungen die wichtigsten Beiträge lieferten und deren Ergebnisse wir regelmäßig verwendet haben.

Die bahnbrechende Arbeit zur Nomenklatur und Klassifizierung der Karrenformen hat außer Zweifel A. Bögli durchgeführt. Über die Wirkungen der lithologischen Verhältnisse, bzw. des Bodens auf die Karrenbildung haben Trudgill S.T. (1976, 1983), Williams P.W. (1966, 1971), Zámbo L. (1986), Szeni A., Keveiné Bárány I., Ford D.C. (1980, 1989), Mottershead D.N. (1986) Angaben publiziert.

Mit der morphometrischen Typisierung von Karrenformen haben sich Bögli A. (1951, 1960, 1961), Ginés A. (1996a, b), Veress M. (1995, 2000a, b), Hutchinson D.V. (1996) beschäftigt.

Die Analyse und Typisierung von Karrenterrains ist mit den Namen Cvijic J. (1924), Jakucs L. (1971), Monroe W. (1968), Watson H., Ford D.C. (1980, 1989), Williams P.W. (1966, 1971) Veress M. und Reynard, E. verbunden.

¹⁾ BDF Természetföldrajzi Tanszék, H-9700 Szombathely, Károli G. tér 4, Ungarn. (e-mail: tothg@fs2.bdtf.hu)

Da wir uns während unserer Forschungsarbeit auch mit der Geschwindigkeit der Karrenkorrosion beschäftigt haben, sollen einige Autoren auch von diesem Bereich hervorgehoben werden. Zum Beispiel Cucchi F et al. (1996), der die Geschwindigkeit der Korrosion durch die Nachmessung der Größe von ins Gestein gebauten Metallzapfen berechnet hat. Sweeting M. (1983), Hoblea F. et al. (2001) und Veress M. haben auf die Lösungsgeschwindigkeit durch die Messung von Formen Schlüsse gezogen, die nach dem Ende der Eisbedeckung entstanden waren.

III. FORSCHUNGSGEBIETE

Unsere Forschungen haben wir in zahlreichen Gebieten des Toten Gebirges und des Dachsteins durchgeführt, die ich kurz vorstellen möchte. Eine ausführliche geologische Darstellung ist dabei natürlich kein Ziel; nur die Lage, die Exposition und einigermaßen die Schichtfolgen der erforschten Terrains werden beschrieben.

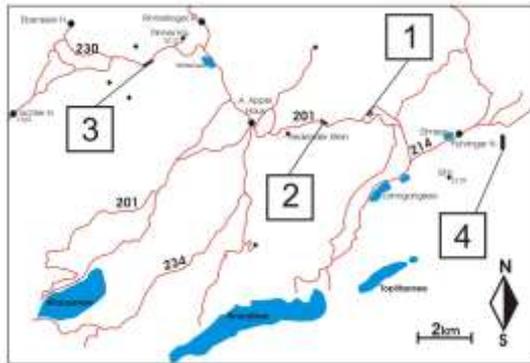


Abb. 1: Forschungsgebiete im Toten Gebirge

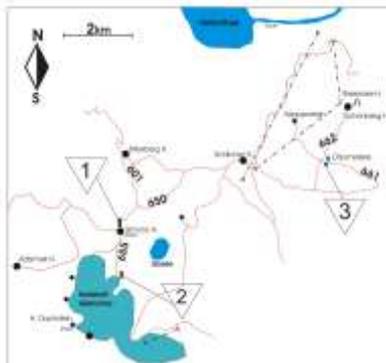


Abb. 2: Forschungsgebiete am Dachstein

Die zur Kartierung ausgewählten Gebiete befinden sich im Toten Gebirge in der Nähe der Scheibling-Spitze, entlang des Wanderwegs Nr. 230.

Die erforschten Terrains sind solche schichtgebundenen Karrengebiete, die entweder ehemalige Nährgebiete oder terrassenmäßige Teile von Gebirgsebenen mit kleinem Gefälle, in der Wand von Gletschertälern sind.

Ihre Oberfläche ist durch vertikale Karstformen fast unbegebar. Kluftkarren gliedern sie auf kleinere Terrains.

Auf einem ähnlichen Karrengebiet haben wir einzelne Kleinformen untersucht. Diese Fläche befindet sich unter dem Gipfel Widerkar, etwa in einer Höhe von 1800 m am Seitenhang eines Gletschertals, der eine einzelne abflusslose Verkarstungseinheit ist und trennt sich gleichfalls in kleinere Einheiten entlang von Spalten und Brüchen.

Durch Profilieren haben wir komplexe Untersuchungen in der Nähe der Krippenstein-Spitze der Dachstein-Hochebene durchgeführt, an der Kreuzung der Wanderwege Nr. 661 und 662. Der erwähnte schwellenmäßige Zug (Höhe 1990 m) schließt die inneren, durch Verkarstung niedriger gewordenen Gebiete der Hochebene ab. In seiner ferneren Umgebung sind vier Formentypen zu unterscheiden. Die älteren und umfangreicheren Paläodolinen, die das Eis beträchtlich durchgeformt hatte. In ihrem Inneren können sogar Seen vorkommen (z.B. der Däumel-See). Für die ganze Gegend sind die jüngeren, auch gegenwärtig durch aktive Verkarstung entstandenen Schächte charakteristisch. Sich erhebende Formenelemente sind die Höhen am Rand der Hochebene (Krippenstein). Den vierten Formentyp bilden die schichtigen Terrains mit unterschiedlicher Größe, auf denen wir unsere Messungen vorgenommen haben.

IV. FORSCHUNGSMETHODEN

Nachdem die Karren besonders zusammengesetzte und kleine Formen sind, sind die traditionellen Kartierungsverfahren zur Dokumentierung der Karrenterrains schwer anwendbar, nicht davon zu reden, dass auch die bei den geomorphologischen Karten gewohnten Maßstäbe zur genauen Vermessung der Formen nicht verwendbar sind. Wir mussten daher solche Kartierungsverfahren ausarbeiten, die den Eigenschaften der Karren entsprechen und eine präzise Vermessung ermöglichen.

Wir haben mit Quadratnetz kartiert, das zur Untersuchung von mittelgroßen und größeren Karrenoberflächen eine entsprechende Dokumentation bietet. Das Wesen der Methode ist, dass das abgesteckte Gebiet mit einem horizontalen Netz (mit einer entsprechenden Maschengröße) bedeckt wird, dann wird die Entfernung der Punkte der einzelnen Formen im Verhältnis zu den Gitterpunkten des Netzes angegeben. Diese werden sofort an Ort und Stelle auf Millimeterpapier gezeichnet. Mit der Verbindung der Punkte kann der Karrenformenschatz der Oberfläche abgezeichnet werden. Die Gitterweite des Netzes wird grundlegend von der Größe des kartierenden Gebietes und vom Maßstab bestimmt.



Abb. 3: Arbeit mit Quadratnetz

Mit dieser Methode sind Karten im Maßstab von 1:10, 1:20 und 1:100 angefertigt worden, wozu wir Netze mit einer Gitterweite von 10, 20 und 50 cm verwendet haben. Das größte kartierte Gebiet (500 m², 20 m x 25 m) befindet sich in der Nähe der Widerkar-Spitze im Toten Gebirge.

Auch die Wassernetzkarte dieses Gebietes wurde fertiggestellt, die eigentlich aus dem die tiefsten Punkte der Rinnenkarren verbindenden Netz besteht (Szunyogh 1998).

Mit der Quadratnetzkartierung von kleineren Oberflächen können karrenmorphologische Karten gezeichnet werden, mit deren Verwendung die Auslösungsgeschichte des Gebietes konstruiert werden kann.

Von größeren Karrenformen sind auch höhenlineare topographische Karten mit Geräteaufnahme angefertigt worden (Veress 1995). Diese Methode ist in erster Linie zur Kartierung von alleinstehenden mehrere Meter langen Rinnenkarren brauchbar.

Die höhenlineare Kartierung ist ein Übergang zu den morphometrischen Methoden, die die einzelnen Formen untersuchen. Bei morphometrischen Messungen werden die kennzeichnenden Parameter der einzelnen Formen gemessen, dadurch können die Formen typisiert, bzw. in Unterguppen geteilt werden.

Die grundlegende Forschungsmethode für die Morphogenetik der Karrengebilde ist die Anfertigung eines Profils. Dabei bestimmt man den Typ einer Form entlang eines angespannten Maßbandes, und es werden ihre Länge, Tiefe und Richtung sowie der Fallwinkel und die Senkrichtung des Terrains gemessen. Die Länge der Profile hängt von der Größe des Terrains ab und beträgt 15-25 m. Anhand der Angaben kann man die spezifische Lösung bestimmen, die wir durch die Division der Gesamtbreite von Karrenformen dem Profil entlang durch die Länge des Profils gebildet haben. Die Dichte der Formen haben wir aber so erhalten, dass wir die Anzahl der



Abb. 4: Morphologische- und Wassernetzkarte in der Nähe der Widerkar-Spitze

einzelnen Karrenformen durch die Länge des Profils geteilt haben. Die Richtung der Formen haben wir auf einem Kreisdiagramm mit einer Graduierung von 20° (ihre Anzahl beachtend) dargestellt. (Der Radius des Kreissektors zeigt die Anzahl einer Form.) Um die Formen besser darstellen zu können, haben wir sie nach ihrer Genetik gruppiert: Rinnenkarren, bzw. Kluftkarren und als dritte Gruppe die Trittkarren und die Kamenitsas. Daraus ist zu schließen, dass die Entstehung bestimmter Formen von der Senkrichtung und vom Senkwinkel abhängt.

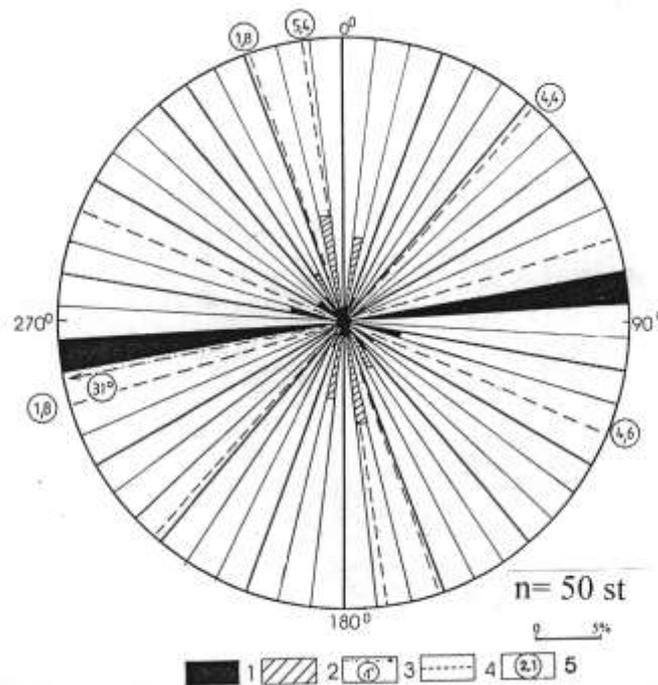


Abb. 5: Kreisdiagramm von einer Karrenoberfläche im Toten Gebirge 1. Rinnenkarren, 2. Kluftkarren, 3. Senkrichtung mit Fallwinkel, 4. Bruchrichtung, 5. Häufigkeit des Bruchs (st/dm)

V. EINZELKARRENFORMEN

Wegen ihrer abwechslungsreichen Karrenoberflächen bieten beide Gebirge eine vorzügliche Möglichkeit zur Untersuchung der einzelnen Karrenformen. Im Folgenden möchte ich von jenen Formen einen Überblick geben, die wir in erster Linie aufgrund ihrer morphometrischen Parameter ausführlich untersucht haben. Die zwei Hauptgruppen der Karrenformen sind die Längs- und Rundformen.

Längsseitige Karrenformen

- Rillenkarrren

Von den längsseitigen Karrenformen sind die Rillenkarrren am meisten verbreitet. Rillenkarrren sind die sich in Fallrichtung des Hangs bildenden, einige Dezimeter langen Kannelierungen von kleiner Größe und meist mit einem parabolischen Querschnitt. Sie gehen vom oberen Rand der Hänge aus und kommen bald zu Ende.

Rillenkarrren können sich an allerlei unbedeckten verkarstungsfähigen Oberflächen herausbilden. Im allgemeinen gestalten sie sich einander nah in Gruppen auf solche Weise, dass einige Zentimeter lange scharfe Kämme zwischen ihnen zurückbleiben.

Die Länge der Rillenkarrren gestaltet sich meistens zwischen 10-50 cm, obwohl aus Tropengebieten und im Himalaja auch von größeren berichtet wurde. Ihre Beendigung haben Lehmann, O. (1927) und Bögli, A. (1961) mit der Sättigung des am Hang abfließenden Wassers erklärt. Die Rillenkarrren schmiegen sich an ihrem Ende an die Ausgleichsfläche an.

- Rinnenkarrren

Mit diesen Formen haben wir uns in den beiden Gebirgen ausführlich befasst und zwar in erster Linie deshalb, weil sie eine besondere Vielfalt aufweisen, in ihrer Genetik ebenso, wie in der Mikromorphologie. Rinnenkarrren sind mehrere Dezimeter breite und mehrmals 10 m lange Rinnen, die zumeist in kavernen Karren oder in auf den Senkwinkel senkrechten Kluftkarrren auslaufen.

Ihre morphogenetische Klassifizierung – hauptsächlich aufgrund ihrer Vielfältigkeit – ist sehr problematisch, so möchte ich nur die Typen erwähnen, die auf den erforschten Gebieten vorkommen.

Eine der sehenswertesten Formen von diesen sind die einsamen Rinnenkarrren von gewaltigem Ausmaß. Ihre Breite und Tiefe können sogar bis ein Meter erreichen, ihre Länge kann aber mehrere 10 m sein. Solche Typen der Rinnenkarrren sind auf dem Gebiet Nr.1 zu finden, das die Abbildung vom Forschungsgebiet im Toten Gebirge darstellt. Diese Rinnenkarrren breiten und vertiefen sich nach unten, außerdem können Terrassen in ihnen entstehen.

Ihre Erweiterung und Vertiefung kann darauf zurückgeführt werden, dass sich ihnen immer mehrere Rinnenkarrren nach unten am Hang anschließen, so gewinnen sie auch von weiteren Teilen des Hangs Wasser. Ihre Bildung ist bei einem Gefälle von 20 bis 60 Grad am häufigsten. Durch unsere Untersuchungen haben wir bewiesen, dass der Querschnitt einer durch die Vereinigung zweier Rinnenkarrren entstehenden größeren Rinne größer wird, als der gemeinsame Querschnitt zweier Rinnenkarrren. Es ist damit zu klären, dass die beim Zusammenfluss auftretende Mischungskorrosion eine wirkungsvolle Lösung sichert.

Während die deutschsprachige Fachliteratur sie von den anderen Typen trennt, betrachtet die angelsächsische die Wandkarrren als eine Untergruppe der Rinnenkarrren. Wandkarrren sind sich an sehr steilen oder fast senkrechten Oberflächen zueinander parallel bildende, gerade verlaufende Rinnen. Sie kommen in beiden Gebirgen vor, sind aber besonders im Toten Gebirge, vor der Pühringer-Hütte, den Wanderweg Nr.214 entlang und im Dachstein auf dem Gebiet unter der Simony-Hütte, den Wanderweg Nr. 650 entlang, charakteristisch. Die Wandkarrren gestalten sich einige Zentimeter voneinander entfernt, ihr Querschnitt ist halbkreisförmig.

- Mäanderkarrren

Die Mäanderkarrren betrachten zahlreiche Forscher (Bögli 1976; Jennings J.N. 1985; Ford, D.C., Williams 1989) ebenso als einen Typ der Rinnenkarrren; aufgrund ihres spezifischen Formenschatzes ist es aber doch angezeigt, sie als selbständige Formen zu betrachten. Während der Untersuchungen haben wir die Mäanderkarrren in zwei grundlegende Typen geteilt: der Querschnitt der echten Mäanderkarrren ist asymmetrisch, da die Lösung am äußeren Bogen der Erhöhung dem Ausschlag des Stromlaufes zufolge intensiver ist. Im Falle eines Pseudo-Mäanders ist der Querschnitt der Rinne symmetrisch, sie verändert nur ihre Richtung, aber der Stromlauf bleibt durchgehend in der Mitte.

- **Kluftkarren**

Kluftkarren bilden unter den Längsformen eine Ausnahme, weil sie sich meistens senkrecht auf den Abdachungswinkel herausbilden. Sie sind einige Meter lang und 1-2 dm breit. Ihre Häufigkeit und Richtung werden streng von der Gesteinsstruktur bestimmt. Ein Spezialtyp sind die Gitterkarren, wo sich die Kluftkarren zwei aufeinander senkrechten Richtungen entlang ordnen. Besonders charakteristische Formen sind im Toten Gebirge die Schichtfugenkarren, die die Ergebnisse der Lösung von einem gut geschichteten Gestein der Schichtfläche entlang sind. Ihre Entstehung vollzieht sich durch das Zusammenwachsen von kavernösen Karren. Diese Formen befinden sich auf dem unteren Teil der Karrenzone, wo sie das Wasser in die Tiefe leiten. So werden die nebeneinander entstehenden Zellen durch Kluftkarren voneinander getrennt. Sie funktionieren eigentlich als Wasserscheiden der Karrenoberflächen.

Rundformen

- **Trittkarren**

Sie sind einige Zentimeter große Treppenformen mit unbedeckten Oberflächen mit einem geringen Fallwinkel, und bestehen aus dem Trittteil und aus dem waagerechten Sohlenteil vor ihm. Sie ordnen sich zumeist um die Ausgleichsfläche; es ist vorstellbar, dass sie durch die Lösung älterer Ausgleichflächen entstehen. Am häufigsten sind die zusammengesetzten Trittkarren, wobei kleine Kämme zwischen den einzelnen Teilen zurückbleiben. Nach den Untersuchungen im Vorfeld des Hallstätter-Gletschers erscheinen die primitiven Trittkarren schon nach 25-30 Jahren.

Besondere Formen der Trittkarren sind die Trichterkarren, denen der Sohlenteil fehlt und deren Wasser Rinnenkarren von kleiner Größe ableiten. Bei ihrer Entwicklung spielen auch die Gesteinsstruktur und die Schneebedeckung eine Rolle.

VI. DIE UNTERSUCHUNG VON KARRENKOMPLEXEN

Die im vorigen Abschnitt behandelten Karrenformen bilden Karrenkomplexe, die sich in vieler Hinsicht (nach lithologischen, biogeographischen, klimatischen usw. Kriterien) in Gruppen einteilen lassen. Bei unseren Untersuchungen im Toten Gebirge und am Dachstein sind wir bei der Gruppierung von morphologischen Eigenschaften ausgegangen. Aufgrund ihrer Morphogenetik haben wir die Terrains im Hochgebirge in drei Typen getrennt: Zellen, die an Hängen mit einem kleinen Gefälle entstehen, Karrenzone auf Terrains mit einem größeren Gefälle und die Karrengruppen der Schichttreppenkarstgebiete (unter Zellen verstehen wir über ein selbständiges Wassersystem verfügende Karrenoberflächen, deren Ausdehnung sich von einigen m² bis 100-200 m² erstreckt). Zu jedem Typ kommt eine gut abgrenzbare Oberflächenentwicklung hinzu.

- **Lokale Formkomplexe**

Diese Formengruppen entstehen gewöhnlich an Hängen von kleinem Ausmaß und mit einem kleineren Gefälle als 10° und sondern sich voneinander morphologisch und hydrologisch sehr ab. Ein anderes wichtiges Merkmal von ihnen ist, dass das Wasser, das zum Gebiet eines solchen Formkomplexes fließt, durch die Grenzen dessen nicht weiterkommt. Das Wasser wird durch kavernöse Karren und Karrenhöhlen von ihrem Gebiet in die Tiefe geleitet, und ihre Grenzen bilden Kämme und Spalten. Ihre Ausdehnung ist sehr unterschiedlich: sie kann sich von einigen dm² bis einige 10 m² erstrecken.

Die häufigsten Formen der lokalen Formkomplexe sind die Rillenkarren, die Rinnenkarren, die kavernösen Karren und die Höhlen. Die Zellen können sich mit der Zeit im Laufe ihrer Entwicklung lösen, bzw. sich ausbreiten.

- **Zonale Karrenkomplexe**

Die zonalen Karrenkomplexe bilden sich bei normaler Entwicklung an Hängen von 10 bis 60 Grad heraus. Am Hang verändert sich auch die Lage der einzelnen Karrenformen der Veränderung der Strömungsverhältnisse entsprechend. Oben sind die Rillenkarren zu finden, deren Bildung mit der arealen Strömung des Wassers verbunden ist. Darunter befindet sich die Ausgleichsfläche, deren Lösungsbildung noch nicht geklärt wurde. Nach der einen Theorie sättigt sich hier das Lösungsmittel und die hier strömende gesättigte Lösung ist nicht lösungsfähig. Dieser Theorie widerspricht aber die Tatsache, dass sich die Ausgleichsfläche mit der ganzen

Oberfläche zusammen niedrigt. Laut einer anderen Theorie (Ford, Williams 1989) spielt sich eine solche Niedrigung dieser Terrains ab, die die Herausbildung von einer flachen Oberfläche ergibt. Die geringe Lösung erklärt man mit dem Niederschlag und mit der laminaren Strömung. Bei der Bildung der Oberfläche spielt sicherlich auch die geringe, jedoch lang andauernde Lösungswirkung des Schneewassers eine Rolle.

Das von der Ausgleichsfläche abfließende Wasser nährt die unter ihr liegende Zone, für die die Rinnenkarren, Mäanderkarren und Trittkarren charakteristisch sind. Hier zerteilt sich die Strömung in Wasserarme und ist immer turbulent. Die Zone unter der Ausgleichsfläche ist die an Formen reichste Zone des zonalen Formkomplexes. Beim Zusammentreffen der Wasserarme kann die Mischungskorrosion eine intensive Lösung ergeben, was die häufige Zusammenlösung der Formen erklärt.

Als letzte schließt die von kavernen Karren, Schächten und Kluftkarren gebildete Absorptionszone die Oberfläche ab. Die Wasserströmung wird hier von den obengenannten Rillensystemen streng bestimmt. Bei ihrer Beendigung wird das Wasser von den kavernen Karren in die Tiefe geleitet und ihr Zusammenwachsen ergibt die Bildung von auf den Abdachungswinkel senkrechten Kluftkarren.

- **Nichtlokale Formkomplexe**

Nichtlokale Formkomplexe entstehen da, wo das Karrenterrain aus steileren Schichtenköpfen und aus sanfter absteigenden Schichtenflächen besteht. Solche Oberflächen (Schichttreppenkarst) waren durch glaziale Oberflächenbildung gestaltet worden, danach begann ihre Karrenentwicklung. Die die Karrenformen tragenden Hänge sind meistens flach (ihr Senkwinkel verändert sich nicht) und sind von bedeutender Länge. Sie können nach den dominanten Formen in mehrere Typen getrennt werden.

VII. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Karrenhänge sind grundlegend in drei Zonen zu teilen, besonders im Falle eines kleinen Gefälles und einer entsprechenden Böschungslänge. In der oberen Zone des Hanges erscheint das Anfangsstadium der Karrenformen, das Mikroformen von unterschiedlicher Größe repräsentiert. Am oberen Rand des Hanges beginnen die Rillenkarren, für die ein U-förmiger Querschnitt typisch ist. Darunter befindet sich die Ausgleichsfläche, die als Nährgebiet der Rinnenkarren der mittleren Zone dient.

Die gewöhnlichsten Formen der mittleren Zone sind die gut entwickelten einzelnen Rinnenkarren, die Mäanderkarren und die Trittkarren. Am unteren Teil des Hanges leiten kavernöse Karren, Schächte und Kluftkarren das Lösungsmittel ab. Es ist also festzustellen, dass oben eine wassersammelnde Zone mit Schichtflächen, in der Mitte eine wasserleitende und unten eine wasserableitende Zone die typische Hochkarrenoberfläche charakterisieren.

Die Karrenformen-Formkomplexe sind nach der schichtenkundlichen Lage der tragenden Oberfläche in zwei voneinander gut abgrenzbare Gruppen zu teilen. Die eine Gruppe bilden die sich auf den Schichtflächen gestaltenden Karren, die sog. Hangkarren mit einer geringen Neigung, die an längeren Hängen aufzufinden sind. Zu der anderen Gruppe gehören die auf steilen Schichtenköpfen entstandenen Wandkarren.

Unsere Messungen auf dem eisfreien Vorfeld des Hallstätter-Gletschers haben zu überraschenden Ergebnissen geführt. Man kann feststellen, dass sich die hier vorkommenden primitiven Formen nach dem Zurückziehen des Eises herausgebildet haben. Nach den auf dem Gletscher-Vorfeld markierten Jahreszahlen entstehen Rillenkarren von kleiner Größe schon nach 1-2 Jahren. Die Bildungsperiode der primitiven, außerordentlich seichten Kamenitsas beträgt 7 Jahre; die ersten Trittkarrenanlagen sind aber erst nach 23 Jahren nachweisbar.

Eines der Hauptziele unserer Forschungen am Dachstein war die Untersuchung von Formkomplexen und Karrenfeldern. Mit der komplexen Bearbeitung der in der Nähe des Krippenstein-Gipfel liegenden Oberfläche wurde festgestellt, dass sich die Rundformen durch regelmäßige Zusammenlösung zu Längsformen entwickeln können. So beeinflussen sich die verschiedenen Rinnenkarren, Trittkarren, Kluftkarren und kavernöse Karren die Entwicklung wesentlich gegenseitig. Es kommt häufig vor, dass sich übereinander befindliche Trittkarren zu Rinnenkarren gestalten, bzw. als Einzugsgebiet derer dienen können.

Mit unseren Untersuchungen in den verschiedenen Vegetationszonen ist es nachzuweisen, dass die Korrosion der Oberfläche (die Bildung von Karrenformen) von der Höhe des tragenden Terrains und vom Senkwinkel grundlegend abhängt. Die Korrosion ist auf den Terrains des Gebirges auffallend groß, die von südlicher Exposition und geringer Neigung sind, außerdem an Karrenoberflächen über 2000 m. Im Falle der Letzteren ist eine mögliche Ursache der intensiven Lösung eine dicke, langsam schmelzende Schneedecke, die eine lange Lösungsperiode gewährleistet.

APPENDIX I. REFERENCES

- Bögli A. 1951. Probleme der Karrenbildung. *Geographica Helvetica* **6**, 191-204.
- Bögli A. 1960. Kalklösung und Karrenbildung. *Zeit. f. Geomorph. N. E. Supl.* **2**, 4-21.
- Bögli A. 1961. Karrentische, ein Beitrag zur Karstmorphologie. *Zeit. f. Geomorph.* **5**, 185-193.
- Bögli A. 1976. Die Wichtigsten Karrenformen der Kalkalpen. In: *Karst Processes and Relevants Landforms*. ISU Commission on Karst Denudation, Ljubljana, 141-149.
- Cucchi F., Forti F., Marinet E. 1996. Surface degradation of carbonate rocks in the karst of Trieste (Classical Karst, Italy). In: Fornós I. J., Ginés Á. (ed.), *Karren Landforms*, 41-51, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- Cvijic J. 1924. The evolution of lapiés a study in karst physiography. *Geogr. Rev.* **XIV**, 26-49.
- Ford D. C. 1980. Threshold and limit effects in karst geomorphology. In: Coates D. L., Vitek J. D. (ed.), *Thresholds in Geomorphology*, 345-362, Allen Unwin, London
- Ford D. C., Williams P. W. 1989. *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman, London
- Ginés A. 1996a. Quantitative data as a base for the morphometrical refinition of rillenkarren features found on limestones. In: Fornós I. J., Gindes A. (ed.), *Karren Landforms*, 177-191. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- Giné A. 1996b. An Enviromental apprach to the typology of karren landform assemblages in a Mediterranean mid-mountain karst: the Serra de Tramuntana, Mallorca, Spain. In: Fornós J.J., Ginés Á. (ed.), *Karren Landforms*, 163-176, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca.
- Hoblea F., Jaillet S., Marie R. 2001. Erosion et ruissellement sur karst nu en context subpolaire océahiguli lesiles calcaires de Patagonie. *Karstologia* **38**, 13-18.
- Hutchinson D. W. 1996. Runnels, rinnenkarren and mäanderkarren: form, classification and relationships. In: Fornós J. J., Ginés Á. (ed.), *Karren Landforms*, 209-223, Universitat, de les Belears, Palma de Mallorca
- Jakucs L. 1971. *A karsztok morfogenetikája*. Akadémia Kiadó, Bp.
- Jennings J. N. 1985. *Karst Geomorphology*. Basil Blackwell, 293. p. New York
- Lehmann O. 1927. Das Tote Gebirge als Hochkkarst. *Mitt. Geogr. Ges. Wien* **70**, 201-242.
- Monroe W. H. 1968. The karst features of northern Puerto Rico. *Nat. Speleo Soc. Bull.* **30**, 75-86.
- Motthershead D. N. 1996. Some morphological properties of rillenkarren at Lluc, Mallorca. In: Fornós J. J., Ginés Á. (ed.), *Karren Landforms*, 225-238, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- Schoeneich Ph., Reynard E., Pierrehumbert G. 1998. Geomorphological mapping int he Swiss Alps and Prealps. *Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie* **11**, 145-153.
- Sweeting M. M. (ed.) 1983. *New direction in karst*, Proceedings of the Anglo - French Karst Symposium. Geo Books, 189-212, Norwich.
- Szunyogh G. 1998. Nagy területet lefedő karrvályúrendszer struktúrájának elemzése - Karsztfejlődés II. (Totes Gebirge karrjai) BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, 7-34.
- Trudgill S. T. 1976. Limestone erosion under soil. In: Panos V. (szerk.), *Proceedings of the 6th International Congress of Speology*, II. Ba, 409-422.
- Trudgill S. T. 1983. Limestone weathering under a soil cover and the evolution of limestone pavements, Malham District, North Yorkshire, UK. In: Paterson K., Swetting M. M. (szerk.), *New Directions in Karst*, Proceedings of the Anglo-French Karst Symposium. Geo Books, 461-470, Norwich
- Veress M. 1995. Karros folyamatok és formák rendszerezése Totes Gebirge-i példák alapján. *Karsztfejlődés I. (Totes Gebirge karrjai)*, 7-30. Pauz Kiadó, Szombathely.
- Veress M. 2000a. The morphogenetics of the karren meander and its main types. *Karsztfejlődés IV*, 41-75. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely.
- Veress M. 2000b. The main types of karren development of limestone surfaces without soil covering. *Karsztfejlődés IV*, 7-30. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely
- Veress M. 2001b. Karrformák morfogenetikai csoportosítása. *Földr. Közl. (megj. alatt)*.
- Williams P. W. 1966. Limestone pavements with special reference to Western Ireland. *Inst. Brit. Geogr. Trans.* **40**, 155-171.
- Williams P. W. 1971. Illustrating morphometric analysis of karst with examples from New Guinea. *Zeit. f. Geomorph.* **15**, 40-61.
- Zámbó L. 1986. A talaj-hatás jelentősége a karszt korróziós fejlődésében. Kandidátusi disszertáció, MTA Könyvtár, Kézirat.
- Zseni A., Keveiné Bárány I. 2000. Nagy-Britannia mészkőjárdái és a talaj hatása azok fejlődésében. *Karsztfejlődés V*, 181-193. BDF, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely