

STATE AND TASKS OF RESEARCH ON KARST PHENOMENA

Report on the Symposium of the Karst Commission of the I. G. U. in Stuttgart, July 28–31st 1963

A Summary by

HERBERT LEHMANN

Chairman of the Karst Commission.

Ten years ago the Karst Commission of the I. G. U., on the occasion of its meeting in Frankfurt, had started to discuss the climatological influence on the development of karst phenomena¹⁾. Since then the investigation was focussed upon a more exact information on the chemical processes itself²⁾ and on the amount of karstcorrosion under specific conditions, such as change of climate during the karst development and the lithological conditions. Also in many places in the temperate zone traces of a palaeokarst with features of the tropical kegelkarst were described. These questions were the topics of the Stuttgart Symposium 1963.

In the first of the following papers A. BÖGLI leads our attention to the surprising fact, that two waters with different content of CaCO_3 – each being in equilibrium with the content of CO_2 , so that they are not able to corrode – must set free active CO_2 , in case they are mixed, since the mixed waters need less CO_2 for equilibrium with the combined content of CaCO_3 (table 1).

In this way solution of limestone is possible without external supply of CO_2 . This form of "Mischkorrosion" (mixed water corrosion) seems to be very important for the solution process in the phreatic floor of the Karst since otherwise here no free CO_2 is available.

Further BÖGLI introduces two other terms for corrosion caused by CO_2 , set free by derangement of the chemical equilibrium: the „Abkühlungskorrosion" (corrosion by cooling of the karst-water) and the "thermische Mischkorrosion" (thermal mixed water corrosion). The first case is given if warmer karst water, being in equilibrium, becomes cooler in the depth (table 4 and 5), for instance in regions with greater daily variation of temperature, or if thermal water enters limestone (table 6 and 7).

The conclusions of Bögli are doubtlessly verified by morphological forms of corrosion in caves, which cannot be explained otherwise. Miss M. SWEETING examines in her paper the calcium content of water in different karst areas of the British Isles. The figures for NW-England (Malham Tarn Water) show a calcium content of 140–180 mg/l and also the hardness of the water of pools and pans after rain is of the same order. This means, that the chemical denudation since the end of the last phase of the Ice Age should be of the order of 40–50 cm. In the southern Pennines, not glaciated in the Würm age, the springs of the grass covered karst area show much higher figures of CaCO_3 contents, also in the Mendip Hills in S. W. England (230–250 and 220–240 mg/l) due to the greater concentration of soil CO_2 . The lithological influences are shown in the table given by Sweeting. The author comes to the

conclusion, that local variations in the calcium content of water exclude a systematic variation on a world scale as suggested by CORBEL³⁾.

Miss Sweeting, expert in tropical and non tropical karst areas in three continents, points out that while the aggressivity of the waters may be stronger in the cooler region, the rate of actual limestone solution is greater in the warmer region.

The paper of F. BAUER deals with new attempts to find out the absolute solution rate of CaCO_3 in the Dachsteinmassiv (Austrian limestone Alps) during the postglacial time. The actual solution rate has been measured in small proof-areas of non covered limestone surfaces, isolated by walls of parafine, by examining the CaCO_3 content of the offrunning rain water. The result was, assuming an average annual precipitation of 1500 mm, a mean value of 24,6–49,4 CaCO_3 mg/l i. e. an superficial erosion rate of 9–12,5 cm in 10 000 years (table 1). This result coincides with the values found by Bögli (1961) in Switzerland. Much higher was the solution rate of limestone covered by soil and vegetation (dwarf pines). About 100 mg/l CaCO_3 were measured, i. e. 28 cm per 10 000 years.

Also the solution rate in the glacial drift deposits (limestone boulders) could be measured by Bauer and his collaborators. They could calculate an amount of erosion of 65,3 cm drift, corresponding to a limestone layer of 36,5 cm.

Nearly a new field for karst research is the problem of influence of microorganisms on the development of karst phenomena. B. SMYK and M. DRZAL give in their paper a report of their microbiological investigations in Poland, Yugoslavia, Switzerland and Czechoslovakia. Among the microorganisms living on the surfaces of limestones but also in the interior of the rock there are a great number capable of decomposing and dissolving calcium carbonates. Thus the microbiological factor participates in the chemistry of the solution process.

In many cases distinct macroscopic alterations of the rocky surfaces could be observed and showed the effect of the nitrogen micro-organism *Arthrobacter sp.*

Considering that the biological activity is rising with the temperature, it is true that the microbiological factor ought to be taken into account when studying the development of karst in the different climatic zones.

In his paper J. ROGLIĆ criticizes the term "karst valley" (sack valley, blind valley and especially dry valley) introduced by Cvijić in his earlier publications. Following at first Penck's conceptions that the karst process in general succeeds to a period of river erosion in limestone areas, Cvijić in his final work pointed out the allogene nature of recently active valleys in karst. According to Cvijić as well as Grund river erosion can cut in but narrow canyons. The typical scenery of "holokarst" shows allogene canyons, while transitional landforms with dry valleys appear in areas made up of mixed rock formations (pure limestone mixed with dolomites, plate-shaped limestone

¹⁾ Das Karstphänomen in den verschiedenen Klimazonen. Bericht von der Arbeitstagung der internationalen Karstkommission in Frankfurt, Mai 27.–30., 1953, in: „Erdkunde“, Bd. VIII, Lfg. 2, Bonn 1954.

²⁾ A. BÖGLI, Der Chemismus der Lösungsprozesse im Karst. Report of the commission on Karstphenomena I. G. U. 1956. Kalklösung und Karrenbildung. Zeitschrift für Geomorphologie. Suppl. Bd. 2, 1960.

³⁾ J. CORBEL, Erosion en terrain Calcaire, Annales de Géographie 68, 1959.

e. g.). For such areas Roglič wants to introduce the term "fluviokarst", which he prefers to "merokarst" (Cvijić) or "halfkarst" (Grund).

Roglić' conclusions prove right indeed for the Dinaric Karst. Nevertheless regular networks of dry valleys occur in karst regions which, from the geological point of view, cannot be considered as "mixed", e. g. in the Malm-limestone of the Swabian Jura. Here the dry valleys date back to a period of a more or less regular river erosion (a problem eagerly discussed during the field trip following the symposium).

Gordon T. WARWICK discusses the nature of the dry valley system in the Carboniferous limestone of the Southern Pennines in his paper. The author considers the majority of dry valleys in the Peak District as initiating on overlying impervious rocks (e. g. Namurian sandstone and shales). The rejuvenation of the allogen main valleys cutting down into the limestone (due to the intermittent lowering of the water table) has led to the progressive elimination of the tributary valleys. In this way a very characteristic type of "hanging dry valleys" was formed. Both these "hanging dry valleys" and the main valleys show rather steep walls, often made up of bare rocks. In general, however, they differ from the typical canyons in the Dinaric Karst. The regular valleys of the tributaries in the limestone must have been formed before they fell dry.

The author dates the first stages of the rejuvenation to a Prepleistocene age. In his opinion the periglacial conditions of the later Pleistocene glacial phases have caused but minor modifications of these valleys, i. e. the periglacial conditions cannot be taken as an explanation for the cutting in of the dry valleys.

N. A. GWOZDEKIJ points out in his paper, that the distinction bare karst - covered karst is referred to different climatic influence throughout the Russian literature. He, however, wants to have this term "bedeckter (covered) Karst" restricted to areas where the karst is covered by an allogen formation (e. g. marine or glacial deposits, river alluvions etc.). Such covered karst is spread widely in the USSR.

In contrast to this "covered karst" Russian authors talk about "soil covered karst" if the cover consists of autochthonous material. Direct karst features are to be recognized only in those areas.

Gwozdeckij's distinction is of systematic value and has to be considered.

Very helpful for our knowledge of the karst development in older geological formations may be the paper summarizing the various fossil and recent karst phenomena in eastern middle Europe given by S. GILEWSKA.

Since the different stages have been separated by transgressions and their sediment the age of the fossil karst features can be fixed. According to Gilewska there are four major continental periods of karst-development: in the Permo - Trias, the upper Trias - lower Jura, the lower Cretaceous and the Tertiary together with the Quaternary. Many of the Polish limestone areas show a polycyclic karst-development.

The author gives a classification of all fossil karst phenomena shown in a map. We are indebted to thank Miss Gilewska for her comprehensive survey. The fossil karst features suggest that there were optimum conditions for the karst-development during the Tertiary continental period with tropical or subtropical climates prevailing.

The paper of P. Z. SZABÓ deals with fossil karst features and their role for the genesis of the bauxite-layers in Hungary. In the middle Hungarian upland typical forms of a cretaceous „kegelkarst“, mostly covered by Tertiary deposits, are developed in Triassic and Jurassic limestone. The Eocene and younger limestones, however, show, due to their lithological composition, no fossil tropical karst features. The bauxite deposits originate in kaolinic

weathering products of the surrounding Paleozoic rocks. This infill of the karst pits was desilicified in situ by the basic karst water. The silicon was carried off along the underground karst water ways.

J. ZÖRTL deals with some polje-like formerly closed Karst basins in the eastern Alps e. g. the basin of Passail. According to the author the development of many forms are not comprehensible without accepting a former underground drainage. Remarkable is the fact, that the S. E. rim of the Alps (Middle-Steiermark) shows the traces of the former karsthydrography much clearer than the northern limestone Alps. Probably we can consider such traces of a former karst stage of the recent fluvial relief as "palaeokarst-phenomena" too.

Last not least D. CROCE's contribution to this report treats the recent (or subrecent) karst forms of a high Dolomite-plateau in the Alps, covered by an ice-cap during the last glaciation. The small but chimney-like cavities, rather distinguished from the common form of dolines in limestone, are originating both from mechanical (periglacial) action during the snow melting period (therefore called by the author "cryonival") and karst corrosion. This may be a useful contribution to the question of lithological influence on karstphenomena in a dolomitic region with present periglacial climate.

Deutsche Zusammenfassung

Seit dem Frankfurter Symposium der Karstkommission in der I. G. U. vor zehn Jahren¹⁾ hat die Karstforschung immer genauere Vorstellungen über den chemischen Prozeß der Verkarstung selbst²⁾ sowie über die absoluten Korrosionsbeträge unter bestimmten klimatischen und lithologischen Bedingungen zu gewinnen gesucht. Auch wurden allenthalben Zeugen eines Paläokarstes mit den charakteristischen Merkmalen des tropischen Kegelkarstes in den gemäßigten Breiten aufgefunden. Diese Fragen bildeten den Gegenstand des Stuttgarter Karstkolloquium von 1963. Voran macht A. BÖGLI in seinem Beitrag auf die bisher unbeachtete Tatsache aufmerksam, daß zwei Karstwassermassen, von denen sich jede einzelne bezüglich ihres CaCO₃ und CO₂-Gehaltes im chemischen Gleichgewicht befinden und daher nicht korrodieren, bei der Mischung aggressives CO₂ freisetzen, da der gesamte Gehalt an CaCO₃ weniger CO₂ zur Aufrechterhaltung des chemischen Gleichgewichtes benötigt als die Teilbeträge einzeln (Tabelle 1). Hierdurch kann weiterer Kalk ohne allogene Zufuhr von CO₂ gelöst werden. Diese „Mischkorrosion“, wie BÖGLI den Vorgang nennt, dürfte von großer Bedeutung für die sonst schwer erklärbare Korrosion im phreatischen Stockwerk sein, in dem normalerweise kein allogenes CO₂ zur Verfügung steht.

Miß M. SWEETING kommt bei ihren Untersuchungen über den Calciumgehalt verschiedener Karstgewässer in England zu dem Schluß, daß die lokalen Unterschiede weitgehend von lithologischen und anderen Bedingungen abhängen und daß sie von einer Größenordnung sind, die eine generelle Aussage über die Abtragungsbeträge in den verschiedenen Klimazonen, auf Grund der Kalkgehaltsbestimmungen, so wie es CORBEL versucht hat³⁾, vorerst ausschließt.

F. BAUER berichtet über neue Versuche, zu exakten Ergebnissen über die Korrosionsbeträge unter dem gegenwärtigen Klima zu gelangen. Sie beruhen auf der Kalkgehaltsbestimmung des abfließenden Regenwassers von künstlich durch Paraffinwalle isolierten Gesteinsoberflächen. Die Ergebnisse — 9 bis 12,5 cm Oberflächenkorrosion in postglazialer Zeit unter der Voraussetzung von 1500 mm Niederschlag — stimmen gut mit den von BÖGLI (1961) in der Schweiz gewonnenen Werten überein. Wesentlich höher sind die Lösungsbeträge unter Boden- und Vegetationsbedeckung sowie diejenigen in Kalkmoränenschottern.

Ein bisher kaum bearbeitetes Feld der Karstforschung ist das Problem des Einflusses von Mikroorganismen auf die

Entwicklung von Karstphänomenen. B. SMYK und M. DRZAL geben in ihrem Aufsatz einen Bericht über mikrobiologische Untersuchungen in Polen, Jugoslawien, der Schweiz und der Tschechoslowakei. Von den auf der Oberfläche wie auch im Innern von Kalksteinen lebenden Organismen sind zahlreiche in der Lage, Kalkstein zu zersetzen und zu lösen.

An zahlreichen Beispielen konnte die makroskopische Veränderung von Gesteinsoberflächen beobachtet und die Wirkung des Stickstoffmikroorganismus *Arthrobacter sp.* gezeigt werden.

Angesichts der Tatsache, daß die biologische Aktivität mit steigender Temperatur zunimmt, ergibt sich, daß der mikrobiologische Faktor beim Studium der Karstentwicklung in den verschiedenen Klimazonen berücksichtigt werden muß.

Zu dem von CVJIĆ in die Karstliteratur eingeführten Begriff der „Karsttäler“ (Trockentäler, Blindtäler, Sacktäler) nimmt R. ROGLIĆ kritisch Stellung. Für den typischen, in Jugoslawien vorliegenden „Holokarst“ hält ROGLIĆ im Einklang mit der späteren Auffassung von Cvjić und GRUND nur das durch einen allogenen Fluß geschaffene Cañon für möglich, während Übergangsformen zum fluviatilen Relief an Gebiete gebunden sind, die partiell aus nicht durchlässigen Gesteinen aufgebaut sind. Für diese Gebiete schlägt ROGLIĆ die Bezeichnung „Fluviokarst“ (an Stelle von „Merokarst“ oder „Halbkarst“) vor. Über das gut ausgebildete Trockentalsystem in den karbonischen Kalken des Peakdistriktes (England) berichtet GORDON T. WARWICK. Ausgehend von inzwischen entfernten undurchlässigen Deckschichten des Namur hat beim Einschneiden in den Kalkkomplex eine zunehmende Ausschaltung der Nebenflüsse stattgefunden, wodurch es zur Ausbildung charakteristischer „hängender Trockentäler“ gekommen ist. Die ersten Eintiefungsphasen fallen in das Praepleistozän. Die Eiszeit hat nur geringe Wirkung hinterlassen, sie ist jedenfalls nicht die Ursache für die Ausbildung der Trockentäler.

N. A. GWOZDEKIJ macht in seinem Beitrag auf den Unterschied zu dem mit allogenem Material, d. h. mit marinen, glazialen oder fluviatilen Sedimenten bedeckten Karst, und dem nur von einer autochthonen Bodendecke und Vegetation bedeckten Karst aufmerksam.

Da beide Formen in der UdSSR weite Verbreitung besitzen, verdient dieser Hinweis Beachtung in der Karstliteratur.

Sehr willkommen ist eine systematische Zusammenstellung aller fossilen und rezenten Karstvorkommen in Ostmitteleuropa (dem heutigen Polen) durch S. GILEWSKA. Die Autorin unterscheidet auf Grund der polnischen Untersuchungen vier Perioden der Verkarstung: eine permotriadische, eine von der oberen Trias bis zum unteren Jura, eine unterkretazische und eine tertiäre einschließlich pleisto-

zäne Phase besonders aktiver Karstentwicklung. Das Optimum der Karstentwicklung scheint in den Tertiärperioden mit tropischem oder subtropischem Klima zu liegen. Aus dieser Zeit sind z. B. im Krakauer Hochland schöne „Kegelkarst“-Szenarien erhalten.

Mit ähnlichen fossilen Formen im ungarischen Mittelgebirge und zugleich mit der durch die Karstphänomene weitgehend beeinflussten Genese der dortigen Bauxitlager beschäftigt sich P. Z. SZABÓ. Die typischen fossilen (kretazischen) Kegelkarstformen sind an die reinen Kalke der Trias und des Jura gebunden, während die unreinen eoziänen und jüngeren Kalke keine derartigen Formen aufweisen. Die Bauxite sind aus eingeschwemmtem kaolinitischem Verwitterungsmaterial im Kontakt mit dem Kalk durch Entsilifizierung entstanden, wobei das Siliziumgel durch die unterirdische Karstdrainage abgeführt wurde.

J. ZÖTL versucht in seinem Beitrag gewisse Großformen in den Ostalpen aus ehemaligen Karstformen bzw. aus einer ehemaligen unterirdischen Entwässerung zu erklären. Solche möglicherweise auch unter dem Begriff der „Paläokarstformen“ einzureihenden Großformen sind in der Steiermark deutlicher erhalten als in den nördlichen Kalkalpen.

Der Beitrag von DARIO CROCE endlich behandelt rezente bis subrezente Karstformen eines heute periglazialen Verhältnisses unterworfenen Dolomit-Plateaus. Die wenig tiefen, meist schlotartigen, oft an die Kreuzung von Diaklasen gebundenen Karsthohlformen sind der vereinigten Wirkung kryonivaler, mechanischer und karstkorrosiver Vorgänge zuzuschreiben.

Als Chairman der Karstkommission möchte ich an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Meckelein in Stuttgart und seinen Helfern herzlichst für die gewährte Gastfreundschaft und Unterstützung bei der Durchführung des Symposiums danken. Ebenso danke ich den deutschen Teilnehmern, die quasi als Gastgeber wegen der notwendigen Raumbeschränkung darauf verzichtet haben, ihre vornehmlich auf die anschließende Exkursion ausgerichteten Beiträge in diesem Report zu veröffentlichen.

Es sind dies:

- H. BINDER: Die Entwicklung des Lonetales [Schwäbische Alb] zum Trockental;
- K. HASEROTH: Die holozänen, pleistozänen und tertiären Anteile bei Karstformen der Nördlichen Kalkalpen;
- G. HÖHL: Zur Frage der Reliktlandschaft des Karstes in der nördlichen Fränkischen Alb;
- K. SCHÄDEL: Landschaftsformen der Schwäbischen Alb und korrele Sedimente.

Ich bitte außerdem um Verständnis, wenn aus dem gleichen Grunde die Diskussionsbemerkungen nicht in diese Report aufgenommen worden sind.

MISCHUNGSKORROSION – EIN BEITRAG ZUM VERKARSTUNGSPROBLEM

Mit 2 Bildern, 8 Tabellen und 3 Abbildungen

ALFRED BÖGLI

Das verbindende und kennzeichnende Merkmal der Karstlandschaft ist die unterirdische Entwässerung. Im reifen Karst wird alles Niederschlagswasser durch sie aufgenommen. Je nach deren Ausmaß hebt sich der Karstwasserspiegel, der wohl besser als piezometrische Oberfläche zu bezeichnen wäre. Der tiefste Stand muß mit dem

Begriffe permanenter Karstwasserspiegel gleichgesetzt werden. Nach angloamerikanischer und romanischer Nomenklatur heißt der darunter liegende Raum phreatisch, der darüber liegende vados, wobei dieses Wort nicht im Sinne von SUESS gebraucht wird. Die Aufteilung in diese beiden Räume eignet sich für die Karsthydrographie be-