

Bemerkungen über die Vergletscherung der Karpathen.

Von Stanisław Pawłowski, Poznań.

Eine große Zahl von Abhandlungen, welche dem Problem der ehemaligen Vergletscherung der Karpathen gewidmet sind, hatte den Verfasser angeregt, das Problem synthetisch zu betrachten und auf diese Mängel und Zweifel hinzuweisen, welche die auf einem so großen Gebiete und in so verschiedener Weise geführten Untersuchungen zwangsläufig in sich bergen und aufweisen müssen. Die synthetische Auffassung ermöglicht vor allen Dingen einen Vergleich der Vergletscherungen in den Karpathen mit den Vergletscherungen in anderen Gebirgssystemen Europas, in erster Linie der Alpen. Dazu ist die Rolle, welche die Karpathen in der Vereisung Europas spielen, keine geringe, um so mehr, als die nordische Vereisung bis an den Rand der Westkarpathen (in ihrem größten südlichen Ausmaße) heranreichte und den Prozeß der Vergletscherung in den Karpathen beeinflusste.

Vor anderen Fragen, welche beantwortet sein müssen, soll die Frage genannt werden, ob die Vergletscherung einen allgemeinen oder nur einen lokalen Charakter hatte und unter welchen orographischen und klimatischen Verhältnissen sie stattfand. Nicht ohne Bedeutung war der Hinweis, daß die Vergletscherung in eigenartigen Bedingungen, die das Flyschgebirge infolge der besonderen tektonischen und petrographischen Struktur darstellt, einen speziellen Charakter besaß.

In dem ersten Teil des Referates hat der Verfasser eine kurze Übersicht über die Gebirgsgruppen, die der Vergletscherung unterlagen, gegeben. Eine Kartenskizze soll dem Zuhörer die Orientierung in der Lage der vergletscherten Gebirgsgruppen und in dem Ausmaß der Vergletscherung ermöglichen. Dann sind der Reihe nach, auf Grund betreffender Literatur und eigener Forschungen diejenigen Gebirgsgruppen erwähnt, auf welchen Gletscher vorhanden waren.

In den Westkarpathen werden die Kleine Fatra (1711 *m*), die Niedere Tatra (2045 *m*), die Hohe Tatra (2663 *m*), die Pilskogruppe (1557 *m*) und Babia Góra (1725 *m*) besprochen. In den Ostkarpathen, die hinsichtlich ihrer ehemaligen Glazialstruktur weniger erforscht worden sind, wurden Spuren von Gletschern auf Polonina Riwna (1498 *m*) (auf tschechoslowakischer Seite) bemerkt, dann auf dem Stoh (1679 *m*), auf dem Werch (1598 *m*), Nehrowec (1712 *m*) und auf der Gropa (1568 *m*). Deutliche Gletscherspuren wurden jedoch auf der polnischen Seite in den sogenannten Gorganen (Grofa 1782 *m*, Pareńki 1737 *m*, Wysoka 1808 *m*, Bratkowska 1792 *m*, Poleński 1697 *m*) und in der südlich von den Gorganen gelegenen Świdowiecgruppe (1883 *m*) festgestellt. Zu den allerschönsten und besterhaltenen Gletscherspuren in den Ostkarpathen gehören aber diejenigen in der Czarnohora (2058 *m*) und in dem Rodnagebirge (2305 *m*). Zwischen diesen Gebirgsgruppen liegen die Czywczyner Berge (1600 bis 1750 *m*) und die Marmaroscher Karpathen (auch Marmaroscher Alpen genannt), wo die Gletscherspuren auf Budyjowska Wielka (1698 *m*), Lozdun (1656 *m*), Chitanka (1695 *m*) und auf Pop Iwan (1940 *m*), auf der Nieniska Wielka (1822 *m*), auf dem Farcaul (1961 *m*), auf dem Pietrosul Bardului (1854 *m*) und auf der Torojaga (1939 *m*) gefunden worden sind. Von anderen hohen Bergen der Ostkarpathen

besitzen nur Pietrosul Kelemen (2102 *m*), Ciblesiul (1842 *m*) und Bihar (1849 *m*) winzige Gletscherspuren.

Die Südkarpathen nehmen durch ihren massiven Charakter, ihre verhältnismäßig geringe Zergliederung und durch ihre Höhe eine Sonderstellung in den Karpathen ein. Viele geschlossene Gebirgsgruppen, die ebenso hoch sind wie die Tatra, dazu der geologische Bau, der so deutlich von der Monotonie der Flyschkarpathen abweicht, ließen größere Vereisungsspuren als in anderen Teilen der Karpathen erwarten. Das hat sich auch in den Transylvanischen Alpen, welche neben der Tatra das Hauptuntersuchungsgebiet für die Gletscherspuren in den Karpathen sind, vollständig bestätigt. Dank vielen Forschungen wurden die Vereisungsspuren in dem Bucegi-Massiv (2508 *m*), im Fogarascher Gebirge (2540 *m*), im Jezeru-Massiv (2463 *m*), in dem Sebesh-Gebirge (2245 *m*), in der Parângu-Gruppe (2529 *m*), im Retiezat-Massiv (2512 *m*), in der Boresecu-Godeanu-Gruppe (2294 *m*) und in den Tartzau-Bergen (2196 *m*) festgestellt.

Nach diesem ganz kurzen Überblick der Vergletscherungsspuren in den Karpathen, fügt der Verfasser einige allgemeine Bemerkungen hinzu, die das Ergebnis aller bisherigen Forschungen und Betrachtungen bilden.

Vor allem muß hervorgehoben werden, daß wir bezüglich der Untersuchungen über die Vergletscherung der Karpathen eigentlich erst im Anfangsstadium uns befinden. Nur einige Gebirgsgruppen (Tatra in den Westkarpathen, Czarnohora in den Ostkarpathen und Retiezat, Parângu, Bucegi in den Südkarpathen) sind besser untersucht worden. Aber ebenso bedürfen diese Gruppen wie auch viele andere noch genauer Spezialaufnahmen.

Was die Untersuchungsmethode anbelangt, so wurde bis jetzt die stratigraphisch-geologische Methode, wie auch die morphologische Methode angewandt. Nachdem einige Zeit die morphologische Methode dank den Arbeiten von De Martonne, Romer, Sawicki, Lucerna das Übergewicht über die stratigraphisch-geologische Methode behielt, wendet man sich jetzt wiederum dieser letzten Methode zu, als derjenigen, mit welcher das Problem des Alters und der Anzahl der Vergletscherungen am besten gelöst werden kann.

Was die Höhe der ehemals vergletscherten Gebirgsgruppen anbetrifft, so läßt sich sagen, daß nur die über 1500-*m*-Grenze herausragenden Berge der Vergletscherung unterlagen. Ausnahmen von dieser Regel gibt es aber viele. Besonders in den Ost- und Südkarpathen gibt es Berggipfel, welche die Höhe von 1700 bis 1800 *m* erreichen, auf welchen man aber keine Gletscherspuren gefunden hat. Es hat sich gezeigt, daß Gebirgsmassive und Gebirgsgruppen, die einen massiven Bau haben und nicht durch sich tief einschneidende Täler erodiert werden, einer stärkeren Vereisung als kleinere Gruppen oder Berge, die gesondert stehen, unterliegen. Hier verdienen die Hohe Tatra, das Fogarascher Gebirge und von dem Flyschgebirge die Czarnohora Erwähnung.

Der Einfluß der geographischen Lage zeigte sich nicht so sehr in ost-westlicher, als in nord-südlicher Richtung. In bezug auf die Exposition können wir hervorheben, daß sich keine Gebirgsseite der Vergletscherung entzog. Aber während in den Westkarpathen (mit Ausnahme der Tatra) die Nordgehänge stärkere Vergletscherungen aufwiesen, waren diesbezüglich in den Südkarpathen neben der Nordseite auch die Süd- und Ostgehänge bevorzugt. Das bedeutet: je höher die Gebirge, desto symmetrischer vollzog sich die Vergletscherung, dagegen je niedriger die Gebirgsgruppen, desto einseitiger verlief die Vergletscherung, wobei besonders die Nordhänge stärkere Gletscher trugen.

Einen sehr wichtigen Einfluß übte auf die bessere oder schlechtere Erhaltung der Gletscherspuren die Widerstandsfähigkeit des Gesteinsmaterials aus. Am besten erhielten sich diese Spuren in den kristallinen Gesteinen, weiter im Flyschmaterial, am schlechtesten aber in den vulkanischen Gesteinen. Eine große Überraschung bereitet die Erhaltung von Glazialformen in den Flyschgesteinen, die allgemein als weich gelten. Die Glazialformen hatten hier spezielle Eigenschaften, so daß man von einer Glazialmorphologie im Flyschgebirge sprechen kann. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Härte

der Flyschgesteine, die genügend ist, um sich in der Moräne erhalten zu können, nicht ausreicht, um die Gletscherschliffe bewahren zu können oder um die Bildung der Rundhöcker begünstigen zu können. Dazu kommt noch, daß die einzelnen Sandsteine zueinander sehr ähnlich sind und daß sie an vielen Stellen in Blockfelder zerfallen, welche die Spuren der Gletscherakkumulation verwischen. Diese Blockfelder sind zweifelsohne als periglaziale Erscheinungen zu betrachten. Sie sind am schönsten in den Gorganen zur Entwicklung gekommen. Es erleichtert auch nicht die Aufgabe die Tatsache, daß die Flyschkarpathen zur Bildung von Bergrutschungen neigen.

Die Vergletscherung in den Karpathen kann ihrer Natur nach als eine Insel- oder Gruppenvereisung bezeichnet werden. Die Vergletscherung umfaßte sogar bei den allgünstigsten Umständen nicht das ganze Gebiet der Karpathen, wodurch sich diese Verhältnisse deutlich von denjenigen der Alpen unterscheiden. Die Karpathen wiesen hauptsächlich Kar-, Hänge- und Talgletscher auf. Die Talgletscher erreichten aber keine große Länge, nämlich in der Hohen Tatra 14 *km*, in der Czarnohora 6·5 *km*, in den Rodnaer Alpen 6 *km* und in den Transsylvanischen Alpen 8 *km*. Wir sehen also, daß diese Gletscher noch lange nicht an die Alpengletscher heranreichten und sogar zur Zeit ihrer allergrößten Ausbreitung über den Rand des Gebirgssystems nicht hinausgingen.

Die klimatische Schneegrenze wurde mit einer ungefähren Genauigkeit nur für die letzte Vereisung festgelegt. In den West- und Ostkarpathen schwankt sie zwischen 1450 *m* und 1600 *m* (Pilsko-Babia Góra-Gruppe 1450 *m*, West-Tatra 1450 *m*, Ost-Tatra 1600 *m*, Czarnohora 1450—1550 *m*), in den Südkarpathen jedoch zwischen 1750 *m* und 1950 *m* Höhe (Mittelwerte für Fogarascher Gebirge 1750 *m*, Massiv Parângu 1950 *m*, Retezatgruppe 1900 *m*). Das führt zu dem Ergebnis, daß die klimatische Schneegrenze der jüngsten Eiszeitperiode nicht so gegen den Osten, als gegen den Süden ansteigt. Daraus kann man schließen, daß das Klima der Karpathen während der letzten Eiszeit keine besonderen Kennzeichen eines Kontinentalklimas besaß und vielleicht dem heutigen Klima der Karpathen sich näherte.

Die Höhe der Kare, die man zwischen 1400—2300 *m* antrifft, sagt nichts über die Schneegrenze aus, noch viel weniger über die Anzahl der Eiszeiten, wirft aber einiges Licht auf die Intensität der Vereisung. Das führt zur Frage, wieviel Eiszeiten es in den Karpathen gab. Alle Forscher sind sich darin einig, daß die am besten erhaltenen Gletscherspuren der jüngsten Eiszeit oder ihren Stadien angehören. Die Erosionsformen haben sich ziemlich frisch erhalten, die Endmoränen der ehemaligen Gletscher liegen entweder auf dem Grund gegenwärtiger Täler oder erheben sich einige Meter über dem Talboden. Auch die Seitenmoränen befinden sich in ähnlicher Lage. Die älteren Moränenbildungen nehmen aber in der Regel eine höhere Lage ein und werden überhaupt in einer weiteren Umgebung der jüngeren Moränen vorgefunden.

Bisher hat man keine stratigraphisch einwandfreien Interglazialbildungen in den Karpathen gefunden, was die Lösung der Frage nach der Anzahl der Eiszeiten im hohen Grade erschwert. Neben den Moränenspuren wird deswegen der Versuch gemacht, aus den Flußterrassen auf die Anzahl der Eiszeiten zu schließen. Dieser Weg läßt ein positives Ergebnis erhoffen, besonders was die jüngste Vereisung anbelangt, deren Terrassen fast überall in den mit der früher vergletscherten Gebirgsgruppe im Zusammenhang stehenden Tälern in einer relativen Höhe von 15 bis 30 *m* festgestellt wurden. Die älteren Terrassen sind jedoch in vielen Tälern zerstört worden; ihr Verlauf muß erst rekonstruiert werden.

Das Problem der Vereisungen in den Karpathen, besonders in den West- und Ostkarpathen, ist am engsten mit dem Verlauf der nordischen Vereisung verknüpft. Das skandinavische Inlandeis drang während seiner maximalen Ausbreitung in jedes Tal der Westkarpathen ein (Karpathen-Vereisung), obwohl nicht höher als bis zur Isohypse von ungefähr 400 *m*. Aber auch während der jüngeren Eiszeiten (der Mittel-Polnischen und Baltischen Vereisung) befand sich das Eis nicht so weit von den Karpathen entfernt.

Als sicheres Ergebnis gilt schlechthin die Schlußfolgerung, daß mit dem maximalen Ausmaß der nordischen Vereisung alle höheren Gebirgsgruppen der Karpathen auch der größten Vergletscherung unterlagen. Das bestätigten die Forschungen Romers in der Tatra, welche bewiesen, daß die älteste Vergletscherung dieses Gebirges auch ihren größten Bereich hatte. Infolgedessen entsprechen drei Tatra-eiszeiten drei nordischen Eiszeiten in Polen. In anderen Gebirgsgruppen konnte man bisher nur zwei Vergletscherungen feststellen.

Aus diesem Grunde kann man annehmen, daß die Karpathen höchstens dreimal der Vereisung unterlagen. Die älteste Vereisung hatte aller Wahrscheinlichkeit nach in den ganzen Karpathen die größten Ausmaße. Bezüglich der beiden nächstfolgenden Vereisungen kann man nicht sagen, daß ihr Areal in jeder Gebirgsgruppe das gleiche war.

Wenn für eine Parallelisierung der Tatravereisungen mit nordischen Vereisungen vieles spricht, so beruht ein Vergleich der Vereisungen der anderen Gebirgsgruppen mit den nordeuropäischen Vereisungen nur auf Analogie. Darin liegen nämlich die Schwächen dieser Schlußfolgerungen.

Auf Analogie stützen sich aber auch alle Schlüsse, die Vereisungen der einzelnen Gebirgsgruppen der Karpathen mit den Vereisungen der Alpen zu vergleichen. Deswegen bedeutet auch das Benennen der Vereisungen der Karpathen mit den Namen Würm, Riß, Mindel oder sogar mit den Bezeichnungen wie Bühl, Daun, Gschnitz, die der Alpennomenklatur entlehnt sind, eine bloße Übertragung des Schemas, das für die Alpen aufgestellt ist, auf die Verhältnisse in den Karpathen. Es ist aber zu wünschen, daß diese Vergleichung sichere Grundlagen erfährt und daß wir davon besser unterrichtet werden.

Résumé.

L'auteur a présenté d'abord l'état des études sur la glaciation des Karpates et la littérature s'y rapportant. Ensuite il a cité les traces glaciaires constatées jusqu'à présent dans les Karpates Occidentales, Orientales et Méridionales. Dans les considérations générales il a caractérisé la glaciation des Karpates comme une glaciation en groupes en tenant compte du fait que les glaciers n'avaient pas couvert les Karpates entières, ne débordant point le système montagneux et s'étant limités aux groupes montagneux plus hauts. Ne prenant pas en considération les traces glaciaires qui ne sont pas documentées suffisamment, on arrive à constater que ces groupes ne furent pas moindres de 1500 m. L'intensité de la glaciation dépendait du facteur bien important de la massivité des montagnes. L'influence cependant de la situation géographique s'était exercée plus dans la direction N—S que dans celle de O—E (on n'y constata point de soulèvement plus considérable de la limite des neiges éternelles). Dans les Karpates Occidentales et Orientales cette limite est entre 1450 et 1600 m, — dans les Karpates Méridionales elle atteint 1750 à 1950 m. Quant à l'exposition et son influence sur la glaciation, c'était dans les Karpates Occidentales et Orientales le côté N qui a été privilégié — et dans les Karpates Méridionales (en outre) les côtés S et E. En abordant la question de la résistance des roches et des traces glaciaires y subsistant, l'auteur a attiré l'attention sur les conditions particulières de la morphologie glaciaire du Flysh. Ensuite il a démontré l'existence des traces glaciaires et pseudoglacières et fit ressortir le manque de dépôts interglaciaires ainsi que l'insuffisance des bases des conclusions sur le nombre des glaciations d'après les terrasses fluviales. Néanmoins il a accentué le fait que les traces glaciaires le mieux conservées, sont celles de la glaciation la plus jeune—quoique les traces des glaciations plus anciennes n'y fassent pas défaut. Enfin il constata que le plus de documentations font entrevoir trois glaciations des Karpates dont la plus ancienne fut la plus étendue—ce qui est conforme au phénomène de la glaciation nordique de la Pologne. Cette glaciation avait atteint le bord des Karpates de Flysh. La parallélisation des glaciations des Tatras avec celles nordiques étant à accepter en principe, la parallélisation des glaciations des autres groupes montagneux des Karpates avec les glaciations nordiques est bien douteuse, vu le manque de bases plus documentées. Le même doute est à soulever aux essais de paralléliser les glaciations des Karpates avec celles des Alpes. Des documents en plus sûrs y font aussi — jusqu'aujourd'hui — défaut.