

Neue Ergebnisse über die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel

Von **J. Cvijić** (Belgrad)

Es war vor sieben Jahren nicht bekannt, daß einige der höchsten Gebirge der Balkanhalbinsel in die Zone der perennierenden Firnflecken hineinragen, die nahe unterhalb der klimatischen Schneelinie liegt. Wenn sich die eiszeitliche Schneelinie unbedeutend tiefer gesenkt hätte, so würden nicht nur die höchsten Gipfel der Halbinsel, sondern stellenweise selbst bedeutende Partien der Gebirgskämme über die klimatische Schneelinie hinaufreichen, so daß auf ihnen Gletscher zur Entwicklung gelangen müßten. Eine solche meist nicht bedeutende Vergletscherung entfaltete sich tatsächlich auf den höchsten Gebirgen der Balkanhalbinsel und ihre Spuren unterscheiden sich oft von jenen der alpinen Vergletscherung. Durch die zwei letzteren Umstände läßt sich erklären, daß alle Erforscher der Naturverhältnisse der Balkanhalbinsel die Spuren der alten Gletscher vermißten und die Behauptung aufstellten, auf ihren Gebirgen wären keine alten Gletscher vorhanden gewesen. Damit steht im Zusammenhange, daß auch jene Folgen unbemerkt blieben, welche die Eiszeit unmittelbar durch Gletscher- und Firnwirkung oder mittelbar durch Klimaschwankungen zurückgelassen hat: in der Bildung der Hochgebirgsformen, in der Talbildung, in der Verteilung der Schotter- und Nagelfluhablagerungen, im Wasserstande der Seen und Karstpoljen usw. Beobachtungen und Studien über die Spuren und Folgen der Eiszeit auf der Balkanhalbinsel beginnen vom Jahre 1896.

I

Übersicht der Forschungen und der Literatur über die Eiszeit der Balkanhalbinsel

Zuerst erschienen Beobachtungen über eiszeitliche Spuren des Rilagebirges in Bulgarien sowie die ihnen entnommenen allgemeinen Schlußfolgerungen über die perennierenden Schneeflecken und die Höhe der eiszeitlichen Schneelinie, über die Arten der eiszeitlichen Gletscher, über die zwei festgestellten und dritte mutmaßliche Vergletscherung, weiter über die Kare, glaziale Seen und Talplastik. Sodann folgte eine Darstellung der Eiszeit auf vielen Gebirgen Bosniens, der Herzegowina und Montenegros, woraus nebst den angeführten allgemeinen Schlußfolgerungen auch folgende abgeleitet worden sind: über die Verflechtung glazialer und Karsterscheinungen und über die Höhenzunahme der eiszeitlichen Schneegrenze in der Richtung von W. nach O. auf der Balkanhalbinsel; aus der letzteren Tatsache entwickelte ich 1898 in einer Sitzung der Meteorologischen Gesellschaft in Wien die klimatischen Unterschiede zwischen der westlichen und östlichen Hälfte der Balkanhalbinsel während der Eiszeit und schloß daraus auf die Existenz der nördlicher gelegenen Partien des Adriatischen Meeres zu Anfang des Diluviums. Später wurden Spuren der Eiszeit auch auf einigen Gebirgen in Altserbien und Makedonien erwiesen. Auf Grund aller dieser Beobachtungen und Schlußfolgerungen sind allgemeine Ergebnisse über die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel sowie über einige ihrer Folgen gezogen worden.¹⁾

Die Spuren der Eiszeit sind in den erwähnten Gebieten mit Vorsicht festgestellt; wie schon erwähnt, wurden sie von ausgezeichneten Forschern der Balkangebiete in Abrede gestellt, weshalb es nötig war, zahlreichere und unzweifelhafte Beobachtungen vorzulegen, umsomehr, als auf Grund der geographischen Verbreitung der alten Gletscherspuren auch wichtige allgemeine

¹⁾ Das Rilagebirge und seine ehemalige Vergletscherung. Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin 1898, XXXII, S. 200—253. — Über Gletscherspuren in Bosnien und der Herzegowina. Verhandl. d. Gesellsch. f. Erdkunde Berlin, XXIV, S. 479. — Glaziale und morphologische Studien in den Gebirgen von Bosnien, Herzegowina und Montenegro. Abhandl. d. K. K. Geogr. Gesellsch. Wien, II, S. 1—94. — Reise in Makedonien. Mitteil. d. K. K. Geogr. Gesellsch. Wien, XII, S. 751. — L'époque glaciaire dans la peninsule des Balkans. Annales de Géographie Paris, IX, S. 359.

Schlußfolgerungen gezogen werden müssen. Ich bezeichnete also nur die zuverlässigsten Spuren als glaziale, während die übrigen zwar eingehend beschrieben wurden, so daß alle ihre glazialverdächtigen Eigenschaften klar hervortreten, jedoch wurden sie als glaziale nicht bezeichnet. Sie mögen vielleicht als glazial erst dann betrachtet werden, wenn ähnliche Beobachtungen auch in benachbarten Gebieten häufiger gemacht werden. Durch Analogie der Eiszeitspuren in verschiedenen Gebieten dürften wir dann gewisse derselben, die anfänglich als zweifelhaft bezeichnet waren, später als zuverlässig betrachten. Solche unsichere Beobachtungen waren zwar nicht zahlreich, aber ihretwegen mußte ich z. B. die Höhe der eiszeitlichen Schneegrenze auf der Rila tiefer stellen und es scheint mir, daß das auch mit einigen Gebirgen der Herzegowina wird getan werden müssen, sollte man zweifelhafte Gletscherspuren später als zuverlässig ansehen wollen. Weiter habe ich schon auf Grund der Eiszeitspuren auf der Rila die Ansicht ausgesprochen, daß auf der Balkanhalbinsel zwei, vielleicht auch drei Vergletscherungen stattgefunden haben. Aber im westlichen Teile der Halbinsel habe ich viele der untersten Gletscherspuren als unzuverlässig angegeben; sie müssen jedoch gegenwärtig als weitere Beweise für zwei Vergletscherungen von stetig wachsender Bedeutung sein, da sie einige Forscher in anderen Gebirgen mit Recht als glaziale bezeichnet haben. Dasselbe gilt auch von den fluvioglazialen Terrassen im Westen der Halbinsel.

Nach den angeführten ersten Arbeiten über die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel erschien eine Reihe glazialer Forschungen auf anderen oder auch denselben Gebirgen der Halbinsel, hauptsächlich in Bosnien, der Herzegowina und Montenegro. Dadurch ist unser Wissen von der Eiszeit der Balkanhalbinsel bedeutend bereichert worden.

Der energische Erforscher von Montenegro K. Hassert durchreiste im Jahre 1898 Nordalbanien. Er fand keine Gletscherspuren, aber auf Grund der bekannten Ergebnisse auf der Rila und dem Durmitor schließt er, daß solche vorhanden sein müssen;¹⁾ sie sind jedoch tatsächlich auf dem Prokletije noch viel früher von Viquesnel wahrgenommen, nur nicht richtig gedeutet worden, wie wir es darlegen werden.

¹⁾ R. Hassert, Streifzüge in Oberalbanien. Verhandl. d. Gesellsch. f. Erdkunde Berlin, XXIV, S. 529. — Wanderungen in Nordalbanien. Mitteil. d. K. K. Geogr. Gesellsch. XLI, S. 351.

K. Oesterreich bestätigte die Funde alter Gletscherspuren auf dem Perister, während er auch neue auf der Jakupica in Makedonien antraf.¹⁾

Große Bedeutung haben die Beobachtungen A. Pencks und W. Davis'. Sie bereisten 1900 Bosnien und die Bocca von Cattaro und entdeckten neue Eiszeitspuren auf der Bjelašnica und dem Orjen. Auf der Bjelašnica fanden sie nur Kare ohne andere Gletscherspuren. Mannigfaltige, ja geradezu riesenhafte Spuren alter Gletscher entdeckte A. Penck auf dem Orjen in der Bocca: alte Gletscher von 10 km Länge wo eine Fläche von 80 km² vergletschert war. Die glaziale Schneegrenze auf dem Orjen reichte bis 1400 m Höhe herab. Auf Grund der Auffindung alter Gletscher auf diesen beiden Gebirgen und zu gleicher Zeit, da auch ich meine letzte Abhandlung über die Eiszeit erscheinen ließ, gab Penck eine Übersicht der glazialen Forschungen auf der Balkanhalbinsel heraus.²⁾

Die Frage über die Eiszeit der Halbinsel erregte ein immer größeres Interesse. K. Hassert, der in früheren Jahren Montenegro nach allen Richtungen durchreist und das bekannte gediegene Werk über die physische Geographie Montenegros herausgegeben hat,³⁾ hatte die glazialen Spuren und Formen nicht wahrgenommen, die in manchen der montenegrinischen Gebirge häufig vorkommen. Nachdem die Eiszeitspuren auf dem Durmitor gefunden waren, durchreiste K. Hassert 1900 abermals die Berge von Montenegro. Er bestätigte die auf dem Durmitor entdeckten Spuren und fand zahlreiche neue. Mutmaßliche Gletscherspuren fand er auf Žijovo und auf dem Lovćen. Unterhalb des Širokar befindet sich eine große Grundmoräne und in derselben das 17 m tiefe Bokumirsko Jezero (See); hier reichte der Gletscher bis zu 1450 m Höhe herab. Von Širokar zum See Rikavac hin reichte ein Gletscher von 4 km Länge hinab, unter dessen Spuren K. Hassert die Rundhöcker sowie eine Grundmoräne mit geschrammten Geschieben fand; der

¹⁾ Dr. K. Oesterreich, Über seine Reise in Makedonien. Verhandl. d. Gesellsch. f. Erdkunde Berlin, S. 404. — Beiträge zur Geomorphologie Makedoniens. Abhandl. d. Geogr. Gesellsch., Wien 1902, IV.

²⁾ A. Penck, Bericht über das XXV. Vereinsjahr d. Vereins d. Geographen, Wien 1899, S. 81. — W. Davis, An Excursion in Bosnia, Hercegovina and Dalmatia. Bull. of the Geogr. Society of Philadelphia, 1901, vol. III, p. 21. — A. Penck, Die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel. Globus LXXVIII, Nr. 9, S. 133.

³⁾ Beiträge zur physischen Geographie von Montenegro. Ergänzungsheft zu Petermanns Mitteil., 1895, S. 174

See Rikavac ist 13 *m* tief, ebenen Grundes, mit zwei Uferterrassen; während der Eiszeit war sein Wasserstand um 70 *m* höher, als er jetzt ist. Sodann entdeckte Hassert Kare und Moränen in der Planinica sowie im Grenzgebirge Mojan. Die Zuflüsse der oberen und mittleren Morača entspringen aus Karen; das größte unter diesen heißt Kotao; Grundmoränen gibt es auch im Quellgebiete des Baches Požnja. Gletscherspuren kommen auch auf dem Karstplateau Zmijinja vor. Der Širokar und das Plateau im Westen der Moračagebirge scheinen unter einer ausgedehnten und dünnen Gletscherdecke gelegen zu sein, ähnlich jener, die auf den Jezero unterhalb des Durmitor vorausgesetzt wird. Er bestätigte auch die Verflechtung von Karst- und Glazialerscheinungen, besonders auf dem Kapetanovo (1660 *m* Höhe) und am Brnjičko Jezero (1760 *m*). Die Terrassen am Lim, bei Andrijevića und Berani dürften nach Hasserts Ansicht fluvioglazialen Ursprungs sein.¹⁾

Gleich nach K. Hassert untersuchte die Gletscherspuren in Montenegro Vinassa de Regny. Er traf sie meist an denselben Stellen wo auch K. Hassert und betont, daß er von Hasserts Werk keine Kenntnis gehabt habe, als er sie auffand. Unter seinen Funden ist der bedeutendste die große typische Moräne bei Greč oberhalb Selce im Cañon des Cem (Cijevna); er nimmt an, daß der Gletscher von der benachbarten Spitze, dem Cupi Costić, herabgekommen sei. Von hier bis zum Rikavac gibt es zahlreiche Gletscherspuren. Er fand sie weiter um Širokar, im Mokro-Polje sowie um das Bokumirsko Jezero. Es ist von Bedeutung, daß de Regny im Norden von Kolašin, auf dem Talsattel Vratla in einer Höhe von 950 *m* Moränen antraf; es sind ihrer eine ganze Reihe, in der Richtung O.—W., die sich an das Markovo Brdo anlehnen. Er ist der Meinung, daß auch aus dem Tale des Flusses Planinica, das er nicht untersuchte, ein Gletscher herabkommen mußte.²⁾

Es war gewiß, daß die Gletscherspuren in Bosnien dem Landesgeologen F. Katzer nicht entgehen können. Er entdeckte sie inmitten Bosniens, auf dem Vratnicagebirge. Der Fund

¹⁾ K. Hassert, Ein Brief über seine Reise in Petermanns Mitteil. 1900, S. 297. — Mitteil. der K. K. Geogr. Gesellsch., Wien 1900. — Gletscherspuren in Montenegro. Verhandl. d. XIII. Geographentages 1901, S. 217—232.

²⁾ Vinassa de Regny, Tracce glaciali nel Montenegro. Reale Accademia dei Lincei 1901, vol. X, p. 269. — Appunto di geologia montenegrina, Bologna 1901, p. 573—578 (Separatabdruck).

ist von doppelter Bedeutung: sowohl wegen der geographischen Lage dieses Gebirges als auch darum, weil Gletscherspuren in Bosnien bis dahin nur auf einem einzigen Gebirge zuverlässig bekannt waren: die Beobachtungen auf der Treskavica. Der Kamm des Vratnicagebirges „Radovina“ hat über 2000 *m* Höhe. Katzer stellte darin Kare und Moränen fest und aus der Bodenhöhe der ersteren zieht er den Schluß, daß die Höhe der Schneegrenze während der Eiszeit 1000 *m* betragen haben müsse. Außer den Kargletschern hat es auch kleine Talgletscher gegeben. Von diesen zuverlässigen abgesehen, fand Katzer auch solche Gletscherspuren, die viel tiefer gelegen, aber zweifelhaft waren, wie die meinigen in der Kozja Luka auf der Treskavica. Diese sind von den ersten Stellen 10—20 *km* entfernt, indem sie bis zu einer Höhe von 1000 *m* herabkommen. Solche Spuren sind: kleine Rundhöcker, sonderbare Kolke im Phyllitengestein, viele kleine Lachen und Geröllhügelchen, die den Drumlins ähnlich sind. Er fand sie im Dobro Polje, der Krugljača und auf dem Hasli Brdo. Auf Grund dieser Funde setzt Katzer, wie ich es für das Rilagebirge festgestellt habe, auf der Vratnica ebenfalls zwei Vergletscherungen voraus und während der zweiten älteren hat die eiszeitliche Schneegrenze bis zu 1100 *m* herabgereicht. Nach Katzers Ansicht dürften dieser zweiten Periode auch jene tiefgelegenen Spuren alter Gletscher auf dem Orjen angehören, die von Penck entdeckt wurden.¹⁾

Sofort nach Katzer und unabhängig von ihm fand Eiszeitspuren auf der Vratnica A. Grund. Nach seinen Ermittlungen gibt es auf der Vratnica 27 Kare, aus denen zumeist kleine Kargletscher ihren Ursprung nahmen, sodann sieben große Talgletscher. Grund mutmaßt, daß Katzer die Höhe der glazialen Schneegrenze allzu niedrig gegriffen habe, indem sie auf der Vratnica 1790 *m* hoch sein werde, gleich der meinigen auf der Treskavica. Ohne eigene Beobachtung ist es nicht möglich, auf eine Kritik der Angaben Grunds einzugehen; der außerordentliche Reichtum an Karen und alten Gletschern auf der Vratnica stimmt mit der Anzahl der Kare und Gletscher in den übrigen Gebirgen des dinarischen Systems nicht überein. Durch Untersuchung jener Gehänge der Čvrtnica, die zum Dugo Polje hin gekehrt sind und die ich nicht begangen habe, bestätigte Grund die Voraus-

¹⁾ F. Katzer, Die ehemalige Vergletscherung der Vratnica pl. in Bosnien. Globus 1902, LXXXI, S. 37.

setzung, daß auch sie vergletschert waren. Es reichten vier Gletscher herab, die ein Amphitheater von Moränen zurückgelassen haben; die Höhe der Schneegrenze betrug 1700 *m*. An jener Seite des Vran, die zum Dugo Polje gewendet ist, konstatierte Grund Spuren von drei Gletschern sowie eine Höhe der glazialen Schneegrenze von 1770 *m*. Auf beiden Gebirgen scheinen Plateauvergletscherungen gewesen zu sein, von denen Gletscher bis zu 8 *km* Länge herabreichten. Auf dem Troglav befinden sich drei Kare und zwei Talgletscher; die Höhe der Schneegrenze betrug 1400 *m*. Auf dem Gnjat stellte er nach einem Kare und seinem kleinen Gletscher die Höhe der glazialen Schneegrenze auf 1350 *m* fest. Auf dem Šator sind vier Kare mit drei kurzen Talgletschern. Intensiv vergletschert war die nördliche Seite des Velešgebirges, wo er sieben Kare und sechs Gletscher feststellte; der größte hat 5 *km* Länge. Durch seine Beobachtungen unterstützt Grund die bekannte Ansicht über den Verlauf der glazialen Schneegrenze; weiter schließt er, daß die nördliche seichte Partie des Adriatischen Meeres vordiluvialen Ursprungs sein müsse. Sodann behauptet er, daß im Geröll der Narenta vier Terrassen vorkommen; schließlich folgert Grund, daß man nach der Analogie mit den Alpen über vier Vergletscherungen in Bosnien und der Herzegowina sprechen könnte.¹⁾

W. Götz suchte erfolglos nach Spuren der Eiszeit auf den Spitzen des Zentralbalkans, dem Jumrukčal und den Krivine.²⁾

S. Bončev wandte seine Aufmerksamkeit den „erratischen Blöcken“ zu, die der geologischen Beschaffenheit nach ihrer Umgebung fremd sind. Sie kommen an vielen Stellen nördlich und südlich vom Balkan vor. Toulou erkannte sie südwestlich von Gabrovo, Luka Dimitrijevič oberhalb des Dorfes Kneževu in der Vitoša, Vankov in der Umgebung von Gabrovo (er war der Ansicht, sie rührten aus der oberen Kreide oder dem Untertertiär her), S. Bončev selbst fand sie im Tertiär von Haskovo, wo sie die Unterlage des Bassins bilden und älter als das jüngere Eocän sind. Sie stellen unregelmäßige, haufenweise angesammelte Felsen dar und in der Umgebung von Gabrovo und Haskovo gibt

¹⁾ A. Grund, Neue Eiszeitspuren aus Bosnien und der Herzegowina. Globus 1902, Nr. 10, S. 148.

²⁾ Prof. Dr. W. Götz, Die Frage der Vergletscherung des Zentralbalkans. Zeitschrift d. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin 1900, Bd. XXXV, S. 127. Mit einer Skizze des Jumrukčal und der Čapadzica und mit einer ausgezeichneten allgemeinen Beschreibung des Zentralbalkans.

es in der Nähe keine Schichten solchen petrographischen Charakters, daß sie von diesen ihren Ursprung herleiten könnten. Aber S. Bončev studierte sie insbesondere im Ljulingebirge im SW. von Sofia. Das östliche Gehänge dieses Gebirges ist nicht eruptiv: es kommen nirgends Eruptivgesteine noch Breccien mit Tuffgesteinen vor, wie das in der westlichen Partie der Fall ist. Es besteht aus Konglomeraten, die denen von Gabrovo und Haskovo ähnlich sind und folgende Bestandteile aufweisen: 1. Stücke roten Sandsteines mit Gneis und Quarz, 2. Vitoša-Syenit, 3. Quarzit, 4. Mikaschist, 5. gelblichen Sandstein, 6. eruptive Ljulingesteine, 7. Geschiebe eines mutmaßlich eruptiven, dunkelgrünen Gesteins mit Schrammen, 8. Pietra verde und 9. Pegmatit. Die Felsblöcke sind stellenweise bis zu 10 m³ groß. Die Ähnlichkeit mit erratischen Felsen ist nach S. Bončevs Worten geradezu verblüffend. Gegen das Bassin von Pernik hin verschwinden die Konglomerate, während die tertiären Tone und Sandsteine auftreten. Sowohl die Tone mit den Sandsteinen, als auch die Konglomerate sind gefaltet und von Verwerfungen durchsetzt. Nach des Verfassers Ansicht sind die Blöcke entweder durch Gletscher oder durch Eisberge hierhergebracht, die auf der Oberfläche eines Wasserbassins geschwommen sind. Die umliegenden Gebirge: Vitoša, Verila und Ljulin trugen im Tertitär Gletscher, die bis an die Ufer des Tertitärebassins von Grahovo herabreichten. Der Verfasser meint auch, daß er, von den Diluvialgletschern auf der Rila abgesehen, auch auf Gletscher in einem früheren Zeitalter mit Recht schließen dürfe, nämlich in der ersten Hälfte des Tertitär.¹⁾ Obwohl S. Bončev auch in dieser Studie bewiesen hat, daß er aufmerksam und eingehend beobachtet, so sind seine Schlußfolgerungen dennoch durchaus falsch. Sämtliche beschriebenen Felsblöcke, die mir teilweise bekannt sind, stehen in keiner Beziehung mit alten Gletschern. Sie rühren meist von den Flyschkonglomeraten her und nach der Zersetzung und Auflösung derselben bleiben sie oft als fremdartige Blöcke liegen. Solche „erratische Blöcke“ kommen auch in den Flyschkarpathen in Galizien vor, wie das R. Zuber bewiesen hat.²⁾

¹⁾ S. Bončev, Beitrag zur Frage über die Vergletscherung der Balkanhalbinsel. Godišnik na blgarskoto prirodospitatelno družestvo II, p. 42—50 (bulgarisch).

²⁾ R. Zuber, Kilka słów o rzekonecych śladach lodowca pod Truskavcem. Kosmos 1901, p. 251, Lwow (polnisch).

B. Horák ließ zwei Abhandlungen erscheinen, die auch die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel betreffen. In der einen über Montenegro legte er nicht nur alle bisherigen Beobachtungen und Schlußfolgerungen über alte Gletscher dieses Landes dar, sondern auch über diejenigen der übrigen Gebiete der Balkanhalbinsel, indem er eine vollständige Übersicht der Ergebnisse gab. Im zweiten Werke begann Horák die Ergebnisse der Eiszeitforschung an die phytogeographischen Verhältnisse der Halbinsel anzuwenden.¹⁾

Alle angegebenen Eiszeitspuren, die nach den meinigen aufgefunden wurden, sind auf die Gebirge der westlichen Halbinselhälfte beschränkt. Im östlichen Teile ist die Rila das einzige Gebirge geblieben, in dem Spuren alter Gletscher festgestellt sind; neuere Forschungen und Funde wurden nicht gemacht. Diese empfindliche Lücke ergänzte Prof. P. Janković durch die Untersuchung des Piringebirges in Ostmakedonien. P. Janković fand auf dem Pirin zahlreiche Eiszeitspuren, worunter folgende von besonderer Bedeutung sind: 1. fluvioglaziale Ablagerungen im Tale der Glazna auf 900 *m* Höhe; 2. mutmaßliche Eiszeitspuren auf geringeren Höhen, als geschrammte Blöcke im Tale der Karamanica, unterhalb des Kares; sie weisen auf zwei Eiszeitperioden hin; 3. Zwillingskare mit mächtigen Grund- und Seitenmoränen, sodann Kare auch an der Südseite des Pirin; 4. Seen, deren 38 in Karen und glazialen Ursprungs sind, in einer Höhe von 2060—2300 *m*; 5. die Höhe der eiszeitlichen Schneegrenze auf dem Pirin beträgt zirka 2060 *m*, um 40 *m* tiefer als auf der Rila.²⁾

Aus der vorhergehenden Übersicht ist es ersichtlich, daß sich eine neue Literatur über die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel entwickelt hat. Die Untersuchungen folgten so rasch aufeinander, daß oft zwei Beobachter an derselben Stelle alte Gletscher unabhängig von einander feststellten. Dadurch wurde in sehr geringem Zeitraume nach meinen Funden reiches Material zutage gefördert.

Ich bin jedoch dazu gelangt, die Ergebnisse nur jener Forschungsreisen zu veröffentlichen, die ich bis zu Ende des Jahres

¹⁾ Černá Hora, Zbornik české společnosti zeměvědné. V Praze 1901, p. 89. — O poměru doby ledové ku floře mediterrani. Rozpravy české akademie, III, p. 6 (beide tschechisch).

²⁾ Die Vergletscherung des Piringebirges in Makedonien. Glas srpske Akademije 65, Belgrad, 1902 (serbisch).

1897 machte; manche spätere habe ich nur hie und da nebenbei erwähnt. Denn auch nach dem Jahre 1897 habe ich Gletscherspuren, weiter solche Formen und Erscheinungen angetroffen, die mit dem glazialen Klima und mit den eiszeitlichen Klimaschwankungen im Zusammenhange stehen. Dahin gehören Spuren alter Gletscher auf dem Lovćen, der Šar-Planina, Jakupica und Perister; weitere Erscheinungen sind: die Talepigenie am nordöstlichen Abhange der Vitoša und in der Klamm des Iskar im Balkan, sodann die großen Schotterablagerungen unterhalb des Trojanski Manastir im Zentralbalkan, die mit den Firnflecken und dem feuchten Klima der Eiszeit im Zusammenhange stehen. Weniger aus meinen Beobachtungen als aus der älteren Literatur und nach Analogie kann ich jetzt mit Bestimmtheit schließen, daß auch die Prokletije vergletschert waren. Im folgenden Abschnitte werde ich durch meine Ergebnisse Hasserts und Oesterreichs Beobachtungen über die Eiszeitspuren des Lovćens und der Jakupica ergänzen und die übrigen neuen Eiszeitspuren darlegen; sodann will ich viele jener Formen und Erscheinungen erwähnen, die mit dem Glazialklima in Verbindung stehen und allgemeine Ergebnisse über die Eiszeit der Balkanhalbinsel darlegen.

II

Neue Spuren der Eiszeit

1. Der Lovćen

Die triadischen und kretazischen Kalk- und Dolomitschichten des Lovćen streichen beinahe ausnahmslos N.—S.; so ist es am Gipfel Jezerski Vrh, in der Umgebung des Jezero, im Tale des Baches Vrotok usw. Sie fallen hauptsächlich gegen Westen, weshalb die Ostgehänge des Lovćen sehr steil sind, meist Brucheskarpements mit Schichtköpfen. Er ist aber auch von der Westseite, namentlich in den unteren Partien, sehr steil; dies steht mit den Verwerfungen im Zusammenhange. Auf dem Lovćen wechselt mit dem Streichen der Schichten auch das Streichen der Längsverwerfungen; von der Westseite begrenzen ihn die Verwerfung von Cattaro und einige kleinere, die in die Kalkzone hineinreichen und eine meridionale Richtung haben. Weiter im Norden ist der Lovćen durch eine Muldenreihe begrenzt, die eine wichtige plastische Grenze

darstellt, da sie die Küstengebirge im Süden von dieser Talmulde von dem geräumigen Plateau der Katunska Nahija im Norden scheidet; die ersteren haben Formen von Gebirgen mittlerer Höhe, auf dem letzteren sind hervorragende Spitzen oder Kämme sehr selten.

Sehr scharf ausgeprägt, so daß sie überall verfolgt werden kann, ist auf dem Lovćen jene Linie, die zwei verschiedene Formengebiete scheidet: die oberen Partien mit sanfteren Formen und die unteren kahlen, zerrissenen, mit Felsen und Zacken geradezu besäten Partien; seewärts von dieser Linie beginnen die schroffen Gehänge des Lovćen.

Das Gebirge kann in vier Partien geschieden werden:

1. Die höchste ist der Štirovnik (1760 *m*), kahl, massiv und unter allen die schroffste; die Gehänge des Štirovnik bilden zugleich die seewärts gekehrten Seiten des Lovćen. 2. Der Jezerski Vrh (1660 *m*), der unmittelbar oberhalb Njeguš emporragt und dessen zwei Partien Velji Vrh und Golisch heißen; das ist ein kahler, sehr schmaler Grat, in dessen nördlichem Gehänge ein geräumiges, typisches Kar mit dem temporären Karstsee Jezero liegt, während sich im Osten ein seichtes, unbedeutendes Kar, der Koprivni Dolac, befindet. Dies sind die beiden höchsten Partien des Lovćen. Bedeutend niedriger sind:

3. Der Babljak, zackig, mit kegelförmigen Spitzen, zur Hälfte kahl, zur Hälfte unter Gehölz.

4. Ivanova Aluga, worunter sich die Ivanova Korita befinden. Sie ist unter dichtem Laubwalde.

Auf den Gipfeln und Graten des Lovćen kommen keine Karstformen vor, aber zwischen ihnen sowie im N. und O. des Lovćen stellen sie die alleinherrschenden Formen dar.

Zwischen den erwähnten vier Partien befinden sich geräumige Mulden (Uvala), deren Längsachse, der Achse des Grates gleich, in meridionaler Richtung streicht. Die namhaftesten unter diesen Mulden sind Bostur, Blatište und Lovćen. Statt normaler Täler zergliedern sie dieses Gebirge; dadurch unterscheiden sie sich von anderen ähnlichen Mulden auf Karstrücken, die flacher sind und keine solche Bedeutung für die Plastik und Gliederung des Gebirges haben. Ihr Boden ist netzförmig: es ragen kleine Kalkgrate und Kalkkuppen empor, wozwischen unregelmäßige seichte Dolinen liegen; echte, trichterförmige Dolinen gibt es in diesen Mulden nicht. Alle sind also ebenen Bodens und zumeist ziemlich geräumig.

Im Vorgebirge des Lovćen um Cetinje gibt es keine solchen größeren Mulden; es gibt Reihen von Dolinen, so z. B. Dobrilova Prodola, aber auch diese sind sehr selten. Es ist zumeist alles ein Chaos steiniger Dolinen, worunter auch sehr tiefe, stellenweise auch brunnenförmige vorkommen; die letzteren haben in der Regel einen geringeren Durchmesser, gewöhnlich 3—4 *m*, und sind ebensoviel tief; sie treten hier und da auch an den Rändern der Mulden auf, die zwischen jenen Graten des Lovćen liegen. Derartig ist z. B. die brunnenförmige Doline in Crkvina unterhalb des Jezerski Vrh; sie ist durch eine Spalte veranlagt worden und am Boden entspringt aus der Spalte eine schwache Quelle, deren Wasser sich in der Velika Kamenica, einem im Kalke ausgehöhlten Troge ansammelt; es fließt nicht ab, verdampft aber auch sehr wenig, da die Seiten der brunnenförmigen Doline den Boden der Kamenica überhängen. Außer diesen gibt es im ganzen Lovćengebiete auch Schneedolinen, tiefe, brunnenförmige Dolinen mit Schnee.

Wie man aus dieser Übersicht der Lovćenplastik sieht, ist das ein typisches Karstgebirge mittlerer Höhe. Infolgedessen konnten sich auf ihm nur kleinere Gletscher entwickeln und ihre Spuren mußte der Verkarstungsvorgang vielfach vernichtet haben. Überdies konnten sich der Abhänge oder auch sehr steilen Böschungen wegen an seinen östlichen und westlichen Gehängen keine Schneemassen anhäufen, so daß es auch zu keiner Gletscherbildung kommen konnte. Spuren alter Gletscher fand ich bloß an der Nordseite des Jezerski Vrh und von hier bis Njeguš.

Das Kar des Jezero und Pod-Jezero. Durch einen Querriegel von 12 *m* relativer Höhe ist es in zwei stufenweise angeordnete Partien geschieden: die obere — das Jezero und die untere — Pod-Jezero. Im Jezero gibt es keine sicheren Glazialspuren, obwohl hier unzweifelhaft ein Kar als Wurzelpunkt des Njegušgletschers war; das Jezero scheint postglazialen Ursprungs oder wenigstens hauptsächlich nach der Eiszeit gebildet worden zu sein. Dadurch wurde die Gestalt des Kares einigermaßen verändert, die Eiszeit Spuren wurden gewiß vernichtet. Im Pod-Jezero werden die ersten Gletscherspuren angetroffen. Das sind abgerundete, stellenweise abgeschliffene Geschiebe gelblichen und rötlichen Kalkes; sie bedecken beinahe die ganze Bodenfläche des Pod-Jezero; hier und da sind sie zu kleinen, linsenförmigen, drumlinartigen Hügelchen angehäuft, insbesondere an der westlichen Seite; ich betrachte sie als Grundmoräne.

Auch das Pod-Jezero ist durch einen Querriegel in der unteren Partie abgedämmt und von diesem Querriegel beginnt mit einem Absturze das Tal des Baches Vrotoci, der in das Njeguško Polje oder eigentlich in das Vrh-Polje fließt und sich in Sauglöchern verliert. Das Kar und das Tal stoßen also mit der bekannten Knickung zusammen. Unterhalb dieses zweiten Querriegels beginnen an der rechten Seite des Vrotok Moränendämme, die man als Ufermoräne bezeichnen muß.

Unmittelbar oberhalb der Herberge in Vrh-Polje (Njeguši) erheben sich aus der Ebene kleine Hügel, die aus Kalkgeschieben besonderer Art bestehen. Einzelne Geschiebe besitzen geschliffene Flächen, die sich in scharfen Kanten schneiden; sie sind zumeist klein, die größten haben kaum 2 *dm*³; sie treten in großen Mengen auf. Die Formen jedoch, worin diese Ablagerungen ursprünglich gelagert waren, werden hier noch nicht gesehen, da in dem Njeguš-Polje die bekannte terrassenförmige Bodenkultur betrieben wird und diese Ablagerungen künstlich terrassiert sind. Erst weiter, oberhalb Davidovica, sind sie in kleine Haufen und Dämme gelagert, wozwischen interkoline Vertiefungen liegen. Diese Ablagerungen betrachte ich als Endmoräne. Ferner beobachtet man unter der Goliš-Spitze bei den Čavarove Kuće und Rajčević eine Reihe von Rundhöckern; weiter sind die Stanišića Glavice gewiß die Rundhöcker. Unterhalb der Rundhöcker erscheinen zerstreute Gerölle, die man wahrscheinlich als fluvioglaziale bezeichnen kann; sie reichen bis zur Kirche in Rajčevići. Dagegen gibt es in Erakovići, Velji Kraj, Kopito, Vrba und den übrigen „Dörfern“ von Njeguš jenen geschliffenen und in Dämme aufgestapelten Schutt nicht.

Die glazialen Ablagerungen von Pod-Jezero bis Rajčevići in Njeguši sind durch den Bach Vrotoci durchschnitten, der nur zur Regenzeit und zur Schneeschmelze fließt und unterhalb des fürstlichen Palastes in Erakovići von Sauglöchern aufgenommen wird. Seine Sedimente nehmen sich in diesem Gletscherschutte deutlich aus nach der Form der Geschiebe, der Ablagerungsweise und der Färbung. Diese Partie des Njeguško Polje unterscheidet sich plastisch bedeutend von den übrigen, denn zwischen Erakovići und Velji Kraj befindet sich ebener Boden und oberhalb des Vrh-Polje sieht man nur chaotisch zerstreute Dolinen.

Der Njeguš-Gletscher nahm seinen Anfang unterhalb des Goliš und des Jezerski Vrh. Sein Firngebiet war das Kar des

Jezero und im Pod-Jezero erstreckte sich die Gletscherzunge. Es kann nicht ganz bestimmt gesagt werden, wie weit sich der Gletscher erstreckt hatte, da es schwer ist, den Moränenschutt und die fluvioglazialen Ablagerungen von einander zu scheiden. Dies ist namentlich deshalb schwer auszuführen, weil die Geschiebe oberhalb der Herberge von Vrh Polje in die erwähnten bebauten Terrassen aufgehäuft sind, oder es sind von ihnen Scheidemauern errichtet, die einzelne kleine Äcker von einander trennen.

Ein anderes kleines Kar ist der Koprivni Dolac, der durch einen flachen Querriegel abgedämmt ist. Er weist keine Eiszeit Spuren auf und dürfte nur einen Firngletscher enthalten haben. Unterhalb dieses Kares ist die Stelle Trešnje verdächtig, wo sich die Wohnungen des Marko Nikov Bašović befinden; ich bin nicht so weit herabgestiegen. Zwischen dem Koprivni Dolac und diesen Wohnungen befindet sich zwar abermals ein Chaos von felsigen Dolinen ohne irgend eine Mulde, die einem Gletscherbette gleichen könnte.

Sonst gibt es nirgends, weder in der Ivanova Aluga, noch in den Korita, noch bei Babljak und Štirovnik, weder Kare, noch Ablagerungen, noch topographische Formen, die auf alte Gletscher schließen ließen.

Ferner steht es fest, daß das bekannte, massenhaft vorkommende Geröll des Cetinjsko Polje mit alten Gletschern in keinem unmittelbaren Zusammenhange steht; es ist auch nicht fluvioglazialen Ursprungs. Denn auf dem Lovćen befand sich nur ein echter Gletscher, der sich vom Jezerski Vrh gegen das Njeguško Polje hinabsenkte. Die Bäche dieses Gletschers sind nicht zum Cetinjsko Polje hingeflossen. Dieses wird von den Karen des Jezerski Vrh durch das beschriebene geräumige Karstplateau mit dem Dolinenchaos geschieden. Aber obwohl der Schotter des Cetinjsko Polje mit den Gletschern des Lovćen in keinem unmittelbaren Zusammenhange steht, so steht er doch in einem solchen mit dem Klima der Eiszeit. Andernfalls lassen sich jene großen Mengen des Schotters und großer Geschiebe nicht erklären, womit die Bodenfläche dieses trockenen Poljes bedeckt ist. Das feuchte Klima der Eiszeit ist die Ursache, daß dieses Polje mit alten Schuttkegeln bedeckt ist; es mündeten damals in das Cetinjsko Polje von allen Seiten Bäche und Flüschen, die diesen Schotter herbeigeführt haben.

Was die Höhe der eiszeitlichen Schneegrenze auf dem Lovćen betrifft, läßt sich diese mit ziemlicher Sicherheit nach Höfers

Methode bestimmen, die für die Feststellung der Schneegrenze kleiner Gletscher am zweckmäßigsten ist. Die niedrigsten zuverlässigen Gletscherspuren im Njeguško Polje liegen in einer Höhe von ca. 950 *m*; die Umrahmung des Kares ist gegen 1650 *m* hoch. Danach würde die Höhe der glazialen Schneegrenze auf dem Lovćen etwa 1300 *m* betragen. Dies würde im großen und ganzen mit der eiszeitlichen Schneegrenze auf dem Orjen übereinstimmen, die nach Penck (vermittels Höfers Methode berechnet) 1200 oder (nach der Methode des Kurovski berechnet) 1400 *m* beträgt.

2. Der Perister bei Bitolj

Der Perister liegt um einen Grad südlicher als das Rilagebirge. Er bildet eine ausgedehnte Gebirgsmasse zwischen dem Becken von Bitolj und dem Prespansko Jezero und erreicht im NW. in der Nähe von Bitolj ihre größte Höhe; der höchste Gipfel des Perister hat 2550 *m* Höhe, während die durchschnittliche Höhe des massigen Bergrückens ca. 2200—2300 *m* betragen dürfte. Er besteht ausschließlich aus kristallinen Schiefern, unter welchen Gneis vorherrscht; hier und da kommen auch Granitdurchbrüche vor. Aus dieser höchsten Partie entspringt der rechte Arm des Flusses Dragor, der aus drei Fließchen besteht: der Šaponjica, die aus einem Kare desselben Namens entspringt, dem Lak, dessen Quelle sich im Kare des Golemo Jezero befindet, und der Crvena Reka, die aus dem Kare des Malo Jezero entspringt. Die Spuren der Eiszeit, die ich untersucht habe, sind auf das Flußnetz dieses rechten Armes der Dragor beschränkt, aber es wird außerdem von dem Dorfe Magarevo aus an der höchsten Spitze des Perister ein Kar gesehen, das nach Norden exponiert ist. Hier dürften auch die Spuren der alten Gletscher vorkommen.

Der Bergrücken des Perister, worin alle drei untersuchten Kare liegen, heißt Marušica. Von geringster Bedeutung ist das Kar der Šaponjica, worin sich in einem Felsbecken ein temporärer, seichter See, eigentlich eine Lache, befindet und worin keine anderen Glazialspuren aufgefunden worden sind. Am größten ist das mittlere Kar des Golemo Jezero. Dies ist dennoch ein kleineres Kar von 200—300 *m* im Durchmesser. Seine Umrahmung liegt etwa 100 *m* über seiner Sohle und besteht aus Gneis, dessen Schichten NNO.—SSW. streichen und nach NW. fallen. Fast die ganze Karsohle wird von dem Golemo Jezero ausgefüllt, das etwa

200 *m* lang und ca. 80—100 *m* breit ist, also eine elliptische Form aufweist. Im Hintergrunde des Sees sieht man geschliffene Gneisfelsen und rings herum an den Ufern liegen große Felsen von unregelmäßiger Gestaltung. In seiner unteren Partie ist das Jezero durch einen bogenförmigen Moränenwall abgedämmt, der über das Jezero 10—15 *m* hoch emporragt. Er besteht aus größeren und kleineren, zumeist eckigen Gneisstücken, die in tonigen und glimmerhaltigen Sand und Lehm gebettet sind; er ragt wallartig empor und an der äußeren, konvexen Seite fällt er in einem Abhange von 20 *m* ab. Unterhalb des Abhanges befindet sich eine kleine Platte, sodann beginnt ein neuer, jedoch niedrigerer Abhang, dem abermals eine Platte folgt, worauf einige niedrige bogenförmige Moränenwälle liegen, deren konkave Seiten zum Kar des Golemo Jezero gekehrt sind. Hier liegen also folgende Gletscherspuren vor: 1. das Kar, mit Spuren glazialer Erosion an seiner Sohle; 2. der Moränenwall, der das Golemo Jezero eindämmt; 3. die kleineren Moränenwälle darunter.

In der Quellnische der Crvena Reka befinden sich zwei kleine Kare, die der Šaponjica ähnlich sind und von denen das untere in das obere eingebettet erscheint. Beide Kare sind nach NO. gekehrt. In dem unteren Kar ist das Malo Jezero, das etwa 100 *m* im Durchmesser hat. Unterhalb derselben liegt das stufenförmige Tal der Crvena Reka und unmittelbar oberhalb des Dorfes Nižopolje liegt darin unter der Crvena Stena (Roter Felsen) ein mächtiger Blockwall, durch den das Tal beinahe abgesperrt ist. In diesem Blockwalle mag fluvioglazialer Schotter vorkommen, aber sein größter Teil rührt zweifellos von dem Bergsturze her, da an der linken Seite der Crvena Reka in der Crvena Stena noch frische Bruchflächen sichtbar sind, von denen sich die Felsen abgelöst haben; einzelne Felsblöcke sind sehr groß, eckig, mit frischen Flächen und weisen nirgends Spuren eines Transportes auf; aber zwischen ihnen gibt es Geschiebe, sodann auch größere gerundete Felsblöcke, die fluvioglazialen Ursprungs sein dürften. Diese Ablagerungen bilden einen Querriegel im Tale der Crvena Reka, der 300—400 *m* lang, etwa 150 *m* breit und bis zu 10 *m* hoch ist; sie reichen bis auf 2 *km* oberhalb Nižopolje herab.

Fluvioglazialen Ursprungs dürften auch jene Ablagerungen sein, die am Zusammenflusse der Šaponjica und des Lak sichtbar sind und bis Nižopolje reichen. Wenn man am rechten Dragorarme aufwärts geht, so sieht man zunächst zwei Terrassen bei dem Dorfe

Dihovo. Unterhalb Nižopolje gewahrt man im Tale viele Geschiebe und Blöcke, manche sind hausgroß; oberhalb dieses Dorfes liegen an dem erwähnten Zusammenflusse mächtige Geröllablagerungen, stellenweise mit großen Blöcken bedeckt. Diese führen ihren Ursprung von keinen Bergstürzen her.

In der Caparska Kotlina (Talkessel) und auf der Talwasserscheide zwischen Dragor und der Šemnica sieht man mächtige Ablagerungen, die als fluvioglazial gedeutet werden müssen. Sie befinden sich unter dem höchsten Gipfel des Perister. In den Tälern von Makedonien kommen sonst nirgends solche mächtige Ablagerungen vor. Sie bestehen hauptsächlich aus Gneisblöcken, die auch 3 m^3 Größe erreichen, sind zahlreich, in feinen, zumeist sandigen Schutt gebettet und sind von sehr großer Mächtigkeit; daraus besteht die ganze Talwasserscheide zwischen dem Dragor und der Šemnica. Durch die Bildung dieser Talwasserscheide in der Eiszeit wurde ein einheitliches präexistentes Tal in die zwei heutigen Täler mit entgegengesetzten Flußläufen zerlegt.

Auf Grund dieser im allgemeinen unbedeutenden Spuren alter Gletscher ist es sehr schwer, die Höhe der glazialen Schneegrenze sicher zu bestimmen; dies umsomehr, als die höchste Spitze des Perister in glazialer Hinsicht nicht untersucht ist. Deshalb wird meine Bestimmung der Schneegrenze nur annähernd sein. Die Höhe des Golemo Jezero beträgt ca. 2180 *m*, die des Malo Jezero etwa 2120 *m*. Die Umrahmung der Kare ist sowohl oberhalb des einen, als auch oberhalb des anderen Sees etwa 100 *m* hoch. Die Höhe der glazialen Schneegrenze dürfte also zwischen 2150 und 2200 *m* liegen.

3. Die Šar-Planina

Noch im Jahre 1890 habe ich Kare und den kleinen See der Šar-Planina bemerkt und die Vermutung aufgestellt, daß die Šar-Planina vergletschert gewesen sein dürfte. Später fand Oesterreich auf dem Wege zwischen Prizren und Ljuma den kleinen See Brezno auf, der nach seiner Ansicht glazialen Ursprungs sei.

Neue Beobachtungen besitze ich seit dem Jahre 1900; sie sind im Gaue Sirinić gemacht worden, der an den nördlichen Gehängen des Ljubotin liegt und der in seiner ganzen Länge vom Lepenacfluß durchflossen wird. An der rechten Seite desselben befinden sich zwei hohe Terrassen, die aus mächtigen Geschieben bestehen, deren einige sogar kubikmetergroß sind; die Geschiebe

sind aus marmorähnlichem Kalk und verschiedenen paläozoischen Schiefen. Ihrer Hauptmasse nach stellen sie das gewöhnliche Flußgeröll dar. Aber hier und da gibt es geschrammte Geschiebe sowie auch solche, die eine oder zwei Schliffflächen haben, indem sich im letzteren Falle ihre Flächen in scharfen Kanten schneiden. Nach solchen Vorkommnissen dürfte dieses Geröll als fluvioglazial bezeichnet werden. Es ist in zwei Terrassen gelagert, deren obere etwa 150 m oberhalb des Lepenac liegt. Sie lassen sich in einer Länge von 10—12 km verfolgen, während beide zusammen ca. 1 km breit sind. Die Terrassen sind nur an der rechten oder Šar-seite des Lepenac entwickelt; an der linken befindet sich von ihnen keine Spur. Durch dieselben ist der Lepenac stark nach links verdrängt worden, an die Grmovita und Jezeračka Planina. Die Terrassen sind in der Mitte ein wenig gewölbt und steil gegen den Lepenac geneigt. An diesen Eigenschaften erkennt man, daß sie nicht von Ablagerungen des Lepenac gebildet worden sind, sondern daß ihr Material durch jene Täler herbeigeführt worden ist, welche im Ljubotin und dem Šarrücken beginnen.

Wenn man diese Tälchen aufwärts zum Ljubotin geht, so trifft man schon tief unten die Endmoränen. So befindet sich Moränenschutt vor dem Eingange des Fließchens Ropot in die Terrasse. Das sind große Felsenhaufen, die in ca. 400—500 m lange und 50—60 m breite Wälle gelagert sind. Dazwischen gibt es auch Felsen von kristallinen Kalken und paläozoischen Schiefen; manche sind bis 3 m³ groß. Der große Ropot entspringt unmittelbar unterhalb der Livadica und all dieser Schutt mag von jenem Gletscher herrühren, der aus dem Kare seinen Anfang nahm, worin das Jezerce liegt. Dieser Moränenschutt liegt gegen 1000 m hoch.

Vom Dorfe Gotovuša zu dem Ljubotinkamme Jalovarnik die Gotovuška Reka aufwärts, sieht man zunächst eine mächtige kalkige, mit Sinter zementierte junge Breccie und inmitten des Tales befindet sich ein ca. 5 m hoher Breccienblock; er hat eine solche Lage und ist derartig im Tale liegen geblieben, daß er nicht von den Geländen herabgestürzt sein kann, sondern aus dem Tale und durch dieses herbeigeführt worden ist. Weiter oben findet man Schuttwälle, die quer auf das Tal ziehen; ein solcher 10—15 m hoher und oben geebener Wall ist die Rudina; er besteht hauptsächlich aus Geschieben grünlicher Schiefer, seltener aus Kalkgeschieben. Auch dieser Schutt liegt in einer Höhe von ca. 1000—1100 m. Oberhalb der Rudina befindet sich eine Stelle namens

Kokošinje, ein ziemlich geräumiges Plateau, das in das Tal eingefügt ist und aus denselben Ablagerungen besteht, die auch auf dem Rudine angetroffen wurden; hier ist es mir gelungen, auch abgeschliffene Geschiebe zu finden, deren Seiten sich in scharfen Kanten schneiden; sie sind in schwärzlichen, sandigen, stellenweise bläulichen Lehm gebettet. Zwischen Rudine und Kokošinje ragt aus dem Flußtale ein ca. 3 m hoher, anstehender Felsen von rötlichblauem Kalk empor. Oberhalb Kokošinje liegt das größte Plateau im Gotovušatale, namens Livade. Diese bestehen aus Häufchen und Wällen Gerölles, worin Stücke grünlicher Schiefer, Phyllite und jenes rötlichblauen Kalkes vorherrschen, was alles in grünlichblauen Lehm gebettet ist. Die Felsbrocken sind zumeist von geringer Größe, keiner ist abgerundet; das ist ein sicheres Zeichen, daß sie durch keinen Bach herbeigebracht worden sind; sie sind auch kein Gehängeschutt, sowohl nach ihrer Form, als auch darum, weil die Talgehänge hier bloß aus Kalk bestehen. Diese linsenförmigen Wälle und Häufchen nehmen einen Raum von 200—300 m Länge und 30 m Breite ein und nach der Beschaffenheit des Gerölls dürften sie eine Moräne, vielleicht eine Seitenmoräne darstellen.

Oberhalb Livadice liegt die Stelle Varnice. Auch hier ragen von der Talfläche einige 10—15 m hohe Wälle empor; sie bestehen aus demselben Gerölle. Zwischen ihnen liegen zwei anstehende Kalkfelsen; der größere ist 3 m hoch, mit 4 m im Durchmesser, während der andere kleiner ist und Gletscherschrammen aufweist. Oberhalb Varnice beginnt die Klamm der Gotovuška Reka, während vor dem Eingange in die Klamm wieder ein anstehender Kalkfelsen von 1·50 m Höhe und 2 m im Durchmesser emporragt, der jederseits geschliffen ist. Weiter bin ich nicht gegangen. Die Gotovuška Reka entspringt hingegen südwestlich von Livadice im Bergrücken Baš-Šara, der bedeutend niedriger als der Ljubotin ist.

Auf anderen Seiten des Šargebirges habe ich nichts Glaziales oder Glazialverdächtiges gesehen. Nur die nördlichen und nordöstlichen Gehänge des Ljubotin und der benachbarten Partien des Šarrückens waren also vergletschert. Darnach war auf dem Šargebirge das Glazialphänomen einseitig entwickelt, gleichwie auf den meisten übrigen Gebirgen der Balkanhalbinsel. Hier bleibt ein weites Feld für spätere Forschungen offen, insbesondere sollten die Täler der rechten Zuflüsse des Lepenac in Sirinić untersucht werden, an denen man aufwärts bis zum Ljubotin und dem Šar-

rücken gehen sollte. Solange diese Untersuchungen nicht ausgeführt werden, läßt sich die Höhe der glazialen Schneegrenze auf der Šar-Planina auch nicht annähernd bestimmen.

4. Die Jakupica

Im Süden von Skoplje erhebt sich eine hohe und ausgedehnte Gebirgsmasse, worauf noch im Juli Firnflecken gesehen werden und die Jakupica heißt. Sie besteht zumeist aus paläozoischen Schiefen und kristallinen Kalken. Ihre höchste Spitze hat 2530 *m* Höhe. Ich habe ihr nördliches Vorgebirge um den Markov Manastir (Kloster) sowie das östliche, zum Veles und Vardar gekehrte untersucht und aus diesen Untersuchungen ergab es sich schon klar, daß auf ihr Gletscherspuren vorhanden sein müssen. Drei Flüsse, die darauf entspringen: Markova, Patiška und Salakovska Reka, nehmen in Karen ihren Anfang, die hier wie auf der Rila rupe, d. i. Löcher, heißen; die höchsten Partien der Jakupica mit den Karen zusammen heißen Mokro. Diese Kare befinden sich an den nördlichen und nordöstlichen Gehängen der Jakupica. Die Kare der Markova und Patiška Reka heißen Jezerina und sie enthalten das Malo und Golemo Jezero; aus dem ersteren entspringt die Patiška, aus dem anderen die Markova Reka. Das dritte Kar ist nach NO. gelegen, heißt Veleška Rupa und daraus entspringen die Quellarme der Salakova.

K. Oesterreich besuchte die Jakupica, bestieg ihre höchste Spitze und drang in ihre Kare. Er stellte die Höhenverhältnisse der Jakupica und ihrer Kare fest. Nach seinen Messungen liegt die Karsohle in einer Höhe von 1950—2200 *m*. Der See unterhalb der Begova liegt 1959 *m* hoch. Oesterreich erwähnt große Firnflecken namentlich in den Karen und ihr Schneewasser verschwindet in Sauglöchern, so daß sich auch auf der Jakupica Glazial- und Karsterscheinungen verflechten.

Es ist uns also von der Jakupica und ihren Glazialspuren sehr wenig bekannt und es ist die Aufgabe zukünftiger Untersuchungen: 1. Die Kare näher zu studieren, die ich aus der Ferne gesehen habe; 2. in denselben sowie in den Tälern, die von ihnen den Anfang nehmen, Glazialspuren zu suchen; und schließlich 3. auf Grund der Beobachtungen die Höhe der glazialen Schneegrenze auf der Jakupica festzustellen.

5. Die epigenetischen Strecken in den Tälern der Vitoša

In der südöstlichen Partie des Talkessels von Sofia tritt der Iskar oberhalb des Dorfes Pančarevo aus einer Klamm, die zwischen der Vitoša und der Lozenska Planina liegt. An dieser Stelle können am linken Iskarufer zwei Terrassen wahrgenommen werden.

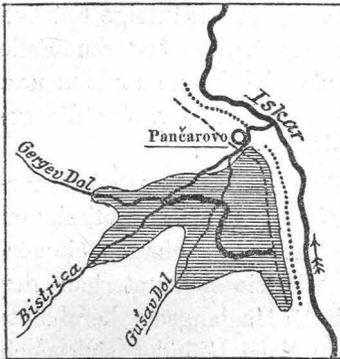
Die obere oder ältere Terrasse besteht aus viel größeren Geschieben als die untere; in ihrer Bildung nehmen fast alle jene verschiedenen Felsen teil, die am oberen Laufe des Iskar vorkommen. Die großen Geschiebe und der Schotter sind in Wälle gelagert oder sie sind infolge Abtragung des feineren Schuttes, der sich zwischen den Geschieben befindet, in geräumige Flächen groben Schotters und Geschiebes verwandelt; im ersteren Falle befinden sich zwischen den Wällen ziemlich breite Mulden und flache kleine, trockene Täler, an denen sich stellenweise die gesamte Gliederung einstiger Flußtäler erhalten hat.

Die Terrasse ist anfangs in der Nähe des Eingangs zur Iskar-klamm schmal, kaum 100—300 *m* breit; darnach nimmt sie an Breite immer mehr zu, wobei sich auch ihre Eigenschaften einigermaßen ändern. Zunächst sieht man, wie sie sich unterhalb der Vitoša bis zum Dorfe Slatina und bis Sofia langsam herabläßt; die türkische Schanze im Südosten von Sofia befindet sich noch auf ihr; in der Stadt ist sie aber nicht mehr, da Sofia auf der Alluvialebene und auf der niedrigeren jüngeren Terrasse liegt, die insbesondere im nördlichen Teile von Sofia oberhalb des Boulevards Dundukov wahrgenommen wird. Aber nicht nur, daß sie niedriger wird und allmählich verschwindet, sondern von Gorubljanе ändert sich auch die Beschaffenheit der oberen Terrasse. Der Schotter ist kleiner, er gehört nicht nur dem Iskar, sondern auch den Flüssen der Vitoša an; außerdem ist er von geringerer Mächtigkeit als bei Gorubljanе und unter ihm kommt an den Seiten der Flußbetten das Tertiär des Sofijsko Polje zum Vorschein. Diese Partie des Sofijsko Polje weist in mancherlei Hinsicht Eigenschaften einer Verebnungsfläche auf, die aus Ablagerungen des Pliocän und aus Geröll des Iskar und der Vitošaflüsse besteht. Durch zahlreiche Tälchen, die an der Vitoša beginnen, ist sie in mehrere Platten zergliedert. Von dem Dorfe Drvenica bis Sofia kommen in der Terrasse alte Tälchen und Flußläufe selten vor; dies ist insofern von Interesse, als oberhalb dieser Partie der Terrasse jener Teil der Vitoša liegt, der auch im Diluvium an

Firnleck weniger reich war. Von Drvenica bis Gorubljane ist diese Terrasse dagegen höher, der Schotter ist an 20 m mächtig und durch alte Flußläufe ist sie eingeebnet und in Platten zergliedert. Dies ist eine diluviale Verebnungsfläche, die im Diluvium auch zergliedert wurde, denn gegenwärtig fließt fast kein Wasser durch jene trockenen Täler, die sich zwischen kleinen Platten befinden.

Unter diesen befindet sich eine sehr geräumige untere oder jüngere Terrasse, mit Schotter bedeckt, der bedeutend feiner und viel dünner als jener der oberen Terrasse ist. Wie erwähnt, liegt auf ihr der größte Teil von Sofia. Außerdem ist die untere Terrasse in keine Platten durch die trockenen Täler zergliedert wie die obere. Beide letztere Erscheinungen stehen mit den klimatischen Schwankungen im Zusammenhange, die sich zu Ende des Diluviums vollzogen haben.

Von besonderem Interesse sind jedoch die riesigen Schottermassen, die das Tal der Bistrice, des linken Talzufflusses, der bei dem Dorfe Pančarovo in den Iskar mündet, beinahe ausfüllen. Unter der Vitoša kommt der Schotter nirgends in so großer Menge vor wie hier. Dieses Geröll der Bistrice setzt sich in die zweite Terrasse des Iskar fort. Un-



-  Vordiluviales Tal der Bistrice
-  Höhere Terrasse
-  Niedrigere Terrasse
-  Der diluviale Schotter:

Talpigenie bei Pančarovo

1 : 100 000

mittelbar oberhalb des Dorfes Pančarovo erreicht der Schotter eine Höhe von ca. 100 m über dem Bette der Bistrice, indem er mehr als die Hälfte der Taltiefe ausfüllt. Er enthält bloß Geschiebe von Vitošafelsen, namentlich von Syenit und Porphyrit. Beide Arten von Geschieben sind häufig sehr groß, insbesondere jene von Syenit, denn infolge der bekannten Verwitterung dieses Gesteins bleiben sie schon als große runde Felsblöcke zurück, die durch den Fluß leicht weiter gerollt werden. Diese großen Schottermassen sind unten zementiert, stellenweise gehen sie in echte Konglomerate über, die der Nagelfluh der Alpen ähnlich sind. Schotter gibt es auch an der linken Seite der Bistrice, seine größten Mengen befinden sich jedoch an der rechten Seite des Flusses, besonders gegenüber der

Mündung des Baches Gergev Do, der unter der Reznovite aus dem bekannten Firnflecken der Vitoša entspringt, der zuweilen das ganze Jahr hindurch erhalten bleibt.

Die reißende und wasserreiche Bistrica fließt gegenwärtig zum größten Teile durch diesen Schotter, hier und da hat sie aber ihr Bett durch die mächtige Schotterschicht bis zur felsigen Unterlage nicht ausgehöhlt. Relativ hat sie es aber dennoch mehr ausgehöhlt als z. B. ihr linker Zufluß, der erwähnte Gergev Do, dessen Tal viel seichter als jenes der Bistrica ist, sanfte Gehänge und einen sehr schwachen Wasserstrahl besitzt. Wo er in das Bett der Bistrica einmündet, bleibt sein eigenes Bett auf einer viel größeren Höhe zurück, indem sein Wasser steil über eine Talstufe in die Bistrica hinabfällt; dies kommt daher, weil das Tal des Gergev Do in der unteren Partie mit Schotter angefüllt ist und der Fluß noch nicht sein Bett genügend tief in dem Schotter ausgehöhlt hat.

Von dieser unteren Partie des Gergev Do führt über die Bistrica und zieht bis zum Iskar ein altes, in Porphyrit ausgehöhltes vordiluviales Tal, das gegen 150 m tief war und gegenwärtig fast bis zum oberen Rande mit altem diluvialen Schotter ausgefüllt ist. Dies scheint auch das alte Tal der heutigen Bistrica gewesen zu sein, während ihr Bett vom Gergev Do bis Pančarevo jünger zu sein scheint. Demnach hat sich vom Gergev Do quer zur Bistrica sowie quer auf das Tal des Gušavi Do über die Hochfläche Jovanica ein altes vordiluviales Tal erstreckt, das im Diluvium durch riesige Schottermengen verschüttet wurde, die von den Flüssen aus der Vitoša geführt wurden. Nach dieser Periode der Aufschüttung nahm die Erosion wieder an Stärke zu und in dem alten verschütteten Tale schuf sich die Bistrica ein neues Bett. Dabei fand sie jedoch ihr altes Bett nicht in seiner ganzen Länge wieder auf, sondern vom Gergev Do abwärts bis Pančarevo durchschnitt sie den Porphyritsporn. Im diluvialen Schotter des alten Tales sowie durch die zweite Terrasse des Iskar entwickelte sich damals das neue Bett des Gušavi Do. Auch dieses ist, gleich dem Tale der Bistrica, von der Mündung des Gergev Do bis Pančarevo, zu Ende des Diluviums und im Postdiluvium ausgearbeitet, als die Erosion wieder kräftiger wurde. Im Tale der Bistrica bei Pančarevo liegt uns also ein typischer Fall von Epigenie vor.

Wie erwähnt, ist jetzt das Tal des Gergev Do bedeutend höher als jenes der Bistrica und es besitzt nur einen geringen

Schuttkegel; sein Tal scheint aber unmittelbar vor dem Beginne des Diluviums das wichtigere gewesen zu sein, wonach auch im Diluvium die größten Schottermengen aus seinem Quellgebiete hinzukamen; denn weiter aufwärts kommen in dem Tale der Bistrica keine solch mächtigen Ablagerungen diluvialen Schotters vor wie unterhalb des Gergev Do.

Auf der Vitoša gibt es allerdings keine Spuren alter Gletscher. Ich durchwanderte und durchsuchte die Vitoša in dieser Hinsicht noch im Jahre 1896 zu Ende August in Gesellschaft der Herren Zlatarski und Morfov. Ich lasse die wichtigsten Beobachtungen folgen, die ich auf der Vitoša gemacht habe.

Oben auf der Höhe des Crni Vrh, der Crna Skala und dem Gipfel Kikeš befindet sich eine Mulde, worin bis zum Spätsommer Firnflecken liegen; sie waren geschmolzen, die ganze Bodenfläche war jedoch vom Wasser durchtränkt und bildete ein Hochmoor. Eine solche Firnfleckenmulde sieht man auch an der Wasserscheide zwischen der Vladajska Reka oder Luda Lešnica und der Bojanska Reka. Stellenweise kommen an der Sohle solcher Firnfleckenwannen Felsenhaufen vor, die durch chemische und mechanische Verwitterung erklärt werden können, die sich unter den Firnflecken vollzieht. Außerdem gibt es im Quellgebiete der Vitošaflüsse auch enorme Haufen von Syenitblöcken, worunter Wasser fließt; derartig sind z. B. auch die Zlatni Mostovi. Diese sind auch durch Einwirkung von Firnflecken entstanden sowie außerdem durch die bekannte kugelförmige Verwitterung des Syenitgesteins. Aber auch die Spitzen auf der Vitoša, wie z. B. der Crni Vrh (2280 m) und Reznovite, stellen Haufen polyedrischer Syenitfelsen dar, die häufig bizarre Formen aufweisen; hier und da gewahrt man Bogenwölbungen von Gesteinsblöcken, große Pyramiden und Säulen, die aus mehreren Felsstücken gebildet sind. Nirgends aber konnte ich Spuren alter Gletscher wahrnehmen.

Jene riesigen Schottermengen im Tale der Bistrica sowie der beschriebene Fall von Epigenie weisen jedoch bestimmt darauf hin, daß die Vitoša im Diluvium ein schneereiches Gebirge mit vielen großen Firnflecken war, aus denen sich zwar nirgends Gletscher entwickelt haben. Weiter steht es fest, daß die größten Firnflecken an den nordöstlichen Gehängen der Vitoša, im Quellgebiete der Bistrica, gelegen waren, da sich dort die größten Schottermengen in der Umgebung von Vitoša befinden. Sowie

das glaziale Phänomen also auf der Rila und den meisten anderen Balkangebirgen einseitig entwickelt war, hauptsächlich an den nördlichen und nordöstlichen Gehängen, so bedeckten auch hier die Firnflecken namentlich das nordöstliche Gehänge. Gegenwärtig sieht man im Quellgebiete der Bistrica große Firnfläckennischen, die den Karen sehr ähnlich sind, insbesondere unter dem Crni Vrh und zwischen Reznovite; auch am 23. Juli 1902 befanden sich in den letzteren Lagern unter den Reznovite zwei bis drei große Firnflecken, in anderen einige kleine.

Obwohl also auf der Vitoša keine alten Gletscher vorhanden waren, so gab es doch große Firnflecken, das Klima war feuchter, die Verdunstung geringer und die Flüsse der Eiszeit führten von der Vitoša große Schottermengen. Das ist also die Periode der Aufschüttung; die Erosion war schwach geworden und das Tal der Bistrica wurde damals durch den beschriebenen diluvialen Schotter verschüttet. Ohne Zweifel fällt in diese Zeit auch die Bildung jener oberen älteren Terrasse des Iskar. Insoweit stehen also die Epigenie im unteren Laufe der Bistrica und die zweite Terrasse des Iskar mit der Eiszeit in Verbindung. Da diese allmählich aufhörte, führten die Flüsse weniger Schotter und die Erosion wurde lebhafter und stärker; mit dieser Veränderung steht im Zusammenhange die Entstehung jener Partie des Bistricatales von Gergev Do bis Pančarevo sowie die Bildung des neuen Tälchens Gluvi Do.

Weiter im Norden, in der Klamm des Iskar durch den Balkan, beobachtete ich an mehreren Stellen alte verlassene Flußbette, die durch Schotter verschüttet sind. Auch hier haben wir also Fälle von Epigenie, die näher untersucht werden sollten. Sie stehen auch zweifellos mit klimatischen Verhältnissen im Zusammenhange, die in der Eiszeit geherrscht haben.

6. Das Fehlen von Gletscherspuren im Balkangebirge; die Schottermassen des Crni Ossem

Unter den großen und hohen Gebirgen der Balkanhalbinsel blieb nur noch das Balkangebirge übrig, welches in glazialer Hinsicht nicht genug untersucht war. Es war mir allerdings schon seit längerer Zeit bekannt, daß der westliche Balkan nirgends Spuren alter Gletscher berge. Auf dem Midžor (2186 m) kommen im Rotsandsteine dolinenförmige Firnfleckenmulden vor. Dasselbe

habe ich auch auf dem Kom im Amphibolitschiefer gesehen. Auf der Srebrna, sodann auf dem berkovički und vračanski Balkan habe ich keine solchen Formen bemerkt, die durch langes Verbleiben von Firnflecken an derselben Stelle entstehen. Der zentrale Balkan, dessen Rücken sehr breit ist und bis zu bedeutenden Höhen emporragt, war mir nicht bekannt. W. Götz hatte wohl Spuren der Eiszeit auf dem zentralen Balkan gesucht, hatte jedoch keine gefunden. Götz bestieg aber den Balkan von der Südseite und beobachtete vorzugsweise die südlichen Gehänge des zentralen Balkans. Da aber das glaziale Phänomen auf der benachbarten Rila sowie fast auf allen übrigen hohen Gebirgen der Halbinsel einseitig, nur an den nördlichen und nordöstlichen Gehängen entwickelt war, so war es doch erforderlich, auch die nördlichen Gehänge des zentralen Balkans in glazialer Hinsicht zu untersuchen. Das brachte ich im Sommer 1902 zur Ausführung.

Zunächst gelangte die Gruppe des Vežen zur Untersuchung. Die Gehänge des Vežen sind aus Phylliten und eingeschalteten Gneisschichten zusammengestellt, während der Hauptkamm aus Granit und Gneisgranit besteht; auch darin werden fast überall Phyllitschichten gesehen. In einer Höhe von ca. 1600 *m* läßt sich um die ganze Vežengruppe herum eine scharfe Linie verfolgen. Sie ist eine Scheidelinie. Unter ihr liegen die Hauptquellen, beginnen die Täler und Erosion der fließenden Wasser und eine wirkungsvolle Abtragungstätigkeit; alle Flächen zeichnen sich durch große Steilheit aus. Von dieser Linie aufwärts befinden sich sanfte Böschungen; dies ist ein geräumiger Bergrücken um die kuppelförmigen Gipfel Paskal (2032 *m*) und Bolvan (2056 *m*). Auf dem Bergrücken, zwischen diesen und anderen niedrigeren Spitzen schlängeln sich breite und sehr seichte Talsenkungen dahin, durch deren Gras der Almenzone schwache Bäche, zumeist ohne beständiges Bett, dahinfließen. Das ist die Zone der Firnflecken, da sie mehr als ein halbes Jahr schneebedeckt bleibt. Jene scharfe Linie ist also die untere Grenze der Firnwirkung, da über derselben der Schnee durch Liegen und Schmelzen den stärksten Einfluß auf die Entstehung der Bodenformen ausübt. In einer Talsenkung befindet sich auch ein kleiner See, eigentlich ein Torfmoor, worin ein Bächlein endet; auch sonst sind in jenen Talsenkungen die Torfmoore häufig, mit Wasser durchtränkt oder davon überströmt. Infolgedessen befindet sich hier üppiges Almgras und die erwähnte scharfe Linie stellt in den Hauptzügen auch die untere Grenze der

Almzone dar. In den Firnleckensenken sind Spuren der Tätigkeit der Firnflecken sichtbar, die anderartig ist, so daß auch das Gestein anders verwittert und zerstört wird als unter der erwähnten Linie, von welcher hauptsächlich die Wirkung der Abtragung und der Erosion der fließenden Wasser anhebt. Die seichten Talzüge sowie die oberen trogförmigen Talpartien sind mit eckigen Felsstücken und Grus besät, die durch Verwitterung von Granit und Gneis im Firnleckenlager entstehen; sie sind von einer weißlichen Kruste, häufig auch von einer Mooshülle überzogen und stehen im Gegensatze zur rötlichen und gelblichen Farbe desselben Gesteins unterhalb der erwähnten scharfen Linie; überdies befinden sich über dieser Linie häufig Haufen runder, großer Felsblöcke. Es kommt auch wallförmig angehäuften Firngeröll vor, wie es sich an dem unteren Firnleckenrande ansammelt.

In der Vežengruppe gibt es nirgends scharfe Spitzen, sie sind zumeist kuppelförmig oder abgestumpft; derartig ist auch der höchste Vežen (2200 m). An seinen nördlichen Gehängen kommen auch Firnlecken nischen vor; sie haben aber weder die Form eines Kares, noch gibt es darin irgendwo Spuren alter Gletscher.

Der Jumrukčal ist von ähnlicher Gestaltung der Oberfläche, er besitzt jene scharfe Linie, wodurch Partien verschiedener Erosionen geschieden werden, und es werden ähnliche Verwitterungsprodukte auch auf der höchsten Partie des zentralen Balkans, um den genannten Gipfel, beobachtet. Er besteht auch aus granitoidem Gestein, besonders aus Diorit; darin kommen hier und da schwärzliche und grünliche kristallinische Schiefer vor; nur an den nördlichen Gehängen der Gipfel Kupa und Krivine tritt dolomitischer Kalk und Rotsandstein in Geschieben auf. Der Jumrukčal ist eine große, plumpe, rundliche Masse, ohne einen stärker vorspringenden Gipfel. Zu ihm stehen nach ihrer Gestaltung im Gegensatze der Mali und Veliki Kupa und die Krivine, deren Gipfel sehr spitzig sind; eigentlich bloß wegen dieser Gipfel kann der ganze Kamm des zentralen Balkans nicht als ein Gebirge mit Mittelgebirgsformen betrachtet werden. An den nördlichen Gehängen des Jumrukčal beginnen unter jener scharfen Linie Talmulden mit Quellgebieten und Quellnischen von Flößchen; diese Nischen sind in die Masse des Jumrukčal eingeschnitten und eingegraben; zwischen ihnen liegen Felspyramiden und Felsspitzen an den Seitenkämmen, unter denen der Mara Gidik der zerrissenste von allen ist. Diese Quellnischen sind tiefer und regel-

mäßiger an den nördlichen Gehängen des Krivine, des Veliki und Mali Kupa. Hier befinden sich die Quellarme des Crni Ossem, insbesondere des Greben-Dol und der Brusa. Aber an den nördlichen Gehängen des ganzen zentralen Balkans gibt es keine Kare, noch irgendwelche Gletscherspuren. In den Nischen des Veliki und Mali Kupa gewahrt man allerdings hier und da zerstreute Stücke und Blöcke dolomitischen Kalksteins, die stellenweise in Reihen angeordnet liegen, sie gehören aber zu jener Art verwitterter Felsen, die unter Firnflecken entstehen.

Die südlichen Gehänge des Jumrukál sind vielfach anders. Unmittelbar von seinem Kamme und vom Krivine beginnt ein breiter, flacher Bergrücken, der in die geräumige Hochfläche Čafadarica übergeht, die in ihren oberen Partien etwas niedriger als der Grat des Veliki und Mali Kupa ist; ihre ganze Oberfläche liegt oberhalb der erwähnten scharfen Trennungslinie und erst von ihr fallen die Gehänge der Čafadarica scharf gegen Süden ab. Hier ist der Zentralbalkan am massivsten und am breitesten, nur ist er durch die Erosion in einzelne massige Partien gesondert. Diese große Massigkeit ist für Schneeanhäufung und Gletscherbildung sehr günstig. Aber auch hier gibt es keine Spuren der Eiszeit. Nur auf jenem flachen Bergrücken und auf der Čafadarica kommen Nischen und Vertiefungen an solchen Stellen vor, wo Firnflecken liegen. Fast in jedem Talschlusse sowie an der Südseite des Jumrukál schimmern zerstreute Brocken zumeist kleiner Felsstücke; das sind ebenfalls Zeichen von Firnfleckenverwitterung. Schließlich befindet sich am südöstlichen Gehänge des Kupa eine geräumige, karähnliche Nische, die jedoch keine Gletscherspuren aufweist. Auf dem Bergrücken treten ähnliche Torfmoore auf wie in der Vežengruppe; solcherart sind der Saridjol und das Kupensko Jezero; von ihnen stellte W. Götz fest, daß sie mit alten Gletschern keinen Zusammenhang haben. An den südlichen Seiten des zentralen Balkans werden bedeutende Spuren von Tätigkeit der Firnflecken gesehen.

Auf dem zentralen Balkan gibt es also, wie das auch W. Götz festgestellt hat, keine Spuren alter Gletscher. Seine höchsten Partien besaßen aber in der Eiszeit große Firnflecken, vielleicht auch Firngletscher; der letztere Schluß ließe sich besonders aus jenen geräumigen Nischen des Kupa ziehen, die sowohl an seinen nördlichen als auch an den südlichen Gehängen liegen und die dennoch breiter und von flacherem Boden als normale Quellnischen

sind. Diese Beobachtungen und Schlußfolgerungen stimmen in den Hauptzügen auch mit der Höhe der glazialen Schneegrenze auf der Rila überein, da bloß einige der höchsten Gipfel des zentralen Balkans um 150–200 *m* die glaziale Schneegrenze der Rila übertreffen würden; sie liegen zwar nördlicher, dürften aber nicht in jenem Maße niederschlagsreich sein wie der Rila.

Indessen haben die großen Firnflecken, vielleicht auch die Firngletscher, dennoch einige Spuren zurücklassen müssen, besonders an den nördlichen Gehängen des zentralen Balkans. Zu solchen Spuren, die mit dem feuchten Klima der Eiszeit im Zusammenhange stehen, müssen jene riesigen Schottermengen unter dem Trojanski Manastir gerechnet werden, denn es ist charakteristisch, daß sonst nirgends im Hauptkamme des Balkans, vom Schwarzen Meere bis Crnoglav in Serbien, solche enorme Schotterablagerungen und solche großen Geschiebe vorkommen wie hier. Sie sind unter dem Trojanski Manastir in zwei Terrassen aufgeschichtet, die beide an der linken Seite des Crni Ossem, unmittelbar unter dem Kloster, liegen. Sie erstrecken sich einige Kilometer weit. Die untere Terrasse ist 1—1½ *km* breit, sie besteht zumeist aus Geschieben, die kopfgroß sind, häufig kommen auch Geschiebe von 0·5 *m*³ vor. Dies ist also eine riesige Schotterfläche. Von Geschieben sind alle Äcker- und Wiesenzäune hergestellt. Diese erste Terrasse liegt nur 10—12 *m* über dem Crni Ossem. Um 60—70 *m* über ihr erhebt sich die obere Terrasse, die in flyschhaltigem Schieferton und Sandstein eingeschnitten ist und hier und da mit Geschieben hauptsächlich granitoider Gesteine besät ist; stellenweise sind diese Schotterablagerungen erhalten, in welchem Falle sie sehr mächtig sind, wie auf dem kürzesten Wege von Trojan zum Kloster hin.

Diese Terrassen und riesigen Schottermassen sind ohne Zweifel jenen beiden Terrassen des Iskar bei Pančarevo ähnlich.

7. Die Prokletije (Albanesische Alpen)

Die Prokletije sind noch das mindest bekannte Gebirge der Balkanhalbinsel geblieben. Ich kenne ihre Partie in der Umgebung von Peć, deren Spitzen allerdings 2000 *m* überragen, dennoch aber niedrigere Teile der Prokletije sind; sodann sind mir ihre Ausläufer um Skutari bekannt. Die höchste, aus Kalk und Dolomiten bestehende Hauptmasse der Prokletije habe ich nicht besuchen

können, aber von verschiedenen Seiten betrachtet. Sie scheint höher als die Komovi und der Durmitor, zeichnet sich durch zahlreiche scharfe Gipfformen aus, so daß der Grat ein zackiges Aussehen hat. Er muß zweifellos Kare enthalten und in Viquesnels Atlas hat Ami Boué ein typisches Kar in den Prokletije aufgezeichnet. Ferner schimmert er weiß von vielen Firnflecken und ist gewiß das an Firnflecken reichste Gebirge des dinarischen Systems.

Die Prokletije sind also derartig hoch, haben eine solche Oberflächengestaltung und einen solchen Reichtum an Firnflecken, daß sie während der Eiszeit Gletscher getragen haben müssen; sie liegen außerdem weit im Westen, in unmittelbarer Nähe der tiefsten Partien des Adriatischen Meeres und in der Nachbarschaft jener Gebirge des dinarischen Systems, von denen es bewiesen ist, daß sie vergletschert waren, obwohl sie viel niedriger sind als die Prokletije; diese Eigenschaften ihrer Lage lassen es als ganz bestimmt annehmen, daß sie alte Gletscher besessen haben.

Aber auf den Prokletije gibt es auch Formen, die als glazial bezeichnet werden können. Hierher gehören zwei kleine Seen, die auf der Karte des K. K. Militärgeographischen Institutes 1 : 200 000 verzeichnet sind, nämlich Ličeni Oštars und Ličeni Grštars. Auch der Plavsee ist höchstwahrscheinlich glazialen Ursprungs, vielleicht durch Moränen abgedämmt; sodann erregt begründeten Zweifel auch das erwähnte Kar.

Ich untersuchte die Konglomerate und den Schotter im Tale des Kir, zwischen Skutari und Drivast, und sie werden als fluvioglazial bezeichnet werden müssen. Viquesnel hat dagegen in den vierziger Jahren die höchste Partie der Prokletije bestiegen und Beobachtungen mitgeteilt, die man jetzt als bestimmte Beweise der Vergletscherung der Prokletije ansehen darf, obwohl er sie als solche nicht angab. Viquesnel erwähnt zuerst an der Spitze der Prokletije einen kleinen See; dies wird gewiß jener Ličeni Grštars der österreichischen Karte sein. Sodann erwähnt er diesen oder einen anderen See, der durch einen stufenförmigen Querriegel abgedämmt ist, durch Schneewasser gespeist wird, das infolge des Schmelzens von Firnflecken entsteht, von verschiedener Größe ist und zu Ende der Sommerhitze gewöhnlich austrocknet. Man kommt aus dem See auf einem geschlängelten Pfade heraus und nach einer halben Stunde gelangt man an eine neue Talstufe; daraus schließe ich, daß das Tal unterhalb des Sees stufenförmig

ist. „Sur le versant opposé s'ouvre un large cirque“, von hohen Spitzen umgeben. Man steigt in eine Art Doline hinunter, „dont les parois sont tapissées de neiges“. Unter diesem Kare, das wahrscheinlich das zweite ist, beginnt das Tal der Šalja. „Elle est resserrée dans plusieurs parties de son étendue par les escarpements qui interceptent le passage“; das Šaljatal ist also ebenfalls stufenförmig. Deshalb ist es leichter, zum Skadarsko Jezero durch das Tal der Boga hinabzusteigen, worin nach Viquesnels Beschreibung Eiszeitspuren vorhanden zu sein scheinen. „La vallée présente une série de petits plateaux à surface raboteuse, étagés les uns au-dessus des autres.“ Bei dem Dorfe Boga gewahrte er „des stries à la surface des roches“; dies können Gletscherkritzten sein. „Au-dessus de Boga, nous avons remarqué des couches stratifiées d'un agglomérat calcaire“, und Viquesnel ist der Ansicht, daß dieses Agglomerat aus dem Tertiär oder aus dem älteren Alluvium herrührt; das sind solche Konglomerate, wie sie in der Narenta bei Jablanica und weiter in der Morača, im Kir usw. vorkommen, also diluviale, wahrscheinlich fluvioglaziale. Die Boga vereinigt sich mit dem Tale der Škrela. Dieses ist auch stufenförmig. Im Norden vom Dorfe Dedanje (?) gewahrte Viquesnel einen O.—W. streichenden Hügelzug, der die Täler der Škrela und Dedanje scheidet; „les collines se composent d'un agglomérat, dont les fragments calcaires, réunis par un ciment de même nature, proviennent des montagnes voisines“. Dieses Agglomerat ist jenem der Boga ähnlich. Viquesnel hebt es besonders hervor, daß stufenförmige Täler für die Prokletije charakteristisch sind.¹⁾

Übersieht man auf der Karte die Anordnung aller Spuren, die Viquesnel beobachtet hatte, so kann man daraus mit großer Wahrscheinlichkeit folgern, daß die höchste Partie der Prokletije vergletschert war und daß sich die Gletscher der Boga, Šalja und Škrela zum Skadarsko Blato hin bewegt hatten. Noch wahrscheinlicher ist es, daß sich viel größere Gletscher von den Prokletije nach Norden bewegt haben und daß sich in der Umgebung von Plav und Gussinje große Moränen befinden dürften.

¹⁾ A. Viquesnel, Journal d'un voyage dans la Turquie d'Europe. Mémoire de la Soc. géol. de France. Deuxième série I, 1, 1844, p. 207—303.

III

Die Charakteristik der Eiszeit**1. Arten der alten Gletscher**

Aus den früher veröffentlichten sowie aus den neuen dargelegten Beobachtungen folgt es, daß auf der Balkanhalbinsel dreierlei Gletscher bestanden haben: Kargletscher, Talgletscher und Plateaugletscher.

Die Kargletscher waren am zahlreichsten vertreten und für die Vergletscherung der Gebirge auf der Balkanhalbinsel besonders charakteristisch; die Mehrzahl der untersuchten Gebirge besaß ausschließlich solche Gletscher. Dies waren zumeist Gletscher mit einer kurzen Gletscherzunge, die nur selten in die Täler herabkamen, dazu bloß in die oberen Partien derselben; es gab aber auch Firngletscher darunter. Mit diesen kleinen Gletschern steht das zahlreiche Auftreten und die typische Entwicklung der Kare auf der Rila und dem Pirin im Zusammenhange.

Die Talgletscher waren viel seltener, insbesondere in der östlichen Partie der Halbinsel. Zuerst stellte ich sie auf der Rila fest, nämlich im Tale der Kriva Reka, unterhalb des Riblje und Smrdljivo Jezero, sodann im Tale der Leva Reka; als fast bestimmt kann es gelten, daß sich im Tale des Prav-Iskar und seiner rechten Zuflüsse lange Talgletscher befunden haben. In größerer Anzahl kamen die Talgletscher in den Gebirgen des dinarischen Systems vor. Ich konnte als solche bezeichnen: den Gletscher der Tissovica auf dem Prenj, den Gletscher des Čabakares auf der Treskavica, einen unter den Gletschern des Volujak sowie jenen auf dem Bioč, der aus den Urdeni Dolovi weiter floß; solche Gletscher befanden sich auch auf dem Durmitor, dem Orjen und hierher muß auch der beschriebene Gletscher auf dem Lovćen gezählt werden. Aus den dargelegten Beobachtungen sieht man, daß auch von anderen Forschern solche Gletscher angetroffen wurden. Ihre Gletscherzungen können höchstens 6—10 km Länge gehabt haben.

Es ist für die Frage über die Intensität der Vergletscherung von Bedeutung, daß jetzt bestimmt behauptet werden kann, daß es auch vergletscherte Hochflächen gegeben hat. Sie sind nur in der westlichen Hälfte der Halbinsel festgestellt worden und

es ist kein Zweifel, daß sie mit der Plastik derselben in ursächlichem Zusammenhange stehen. Ein solches kleines Fjeld stellte die vergletscherte Fläche von 50—60 km^2 zwischen Bioč, Malgić und Volujak dar, deren Mittelpunkt das heutige Trnovičko oder Volujačko Jezero war. Auch die Jezera unter dem Durmitor scheinen unter einer großen, jedoch dünneren Eiskecke gewesen zu sein. Die Gletscherzungen vom Durmitor stiegen auf diese Hochfläche herab und vereinigten sich. Penck hat bewiesen, daß sich auf dem Orjen eine 80 km^2 große vergletscherte Fläche befunden hat. Dasselbe läßt sich nach Grund-Beobachtungen von der Hochfläche der Čvrstica behaupten, von welcher zahlreiche Gletscherzungen herabkamen. Hassert hat mit großer Wahrscheinlichkeit den Schluß gezogen, daß in dem ausgedehnten Gebiete der Komovi auch ganze Hochflächen vergletschert waren. Durch spätere genauere Untersuchungen werden im dinarischen System, besonders auf den Prokletije, noch mehr solche vergletschert gewesene Hochflächen aufgefunden werden.

Aber selbst von diesen ließen sich die Gletscher hauptsächlich gegen Norden und Nordosten herab, seltener in anderen Richtungen. Dies gilt noch mehr von den übrigen Gebirgen, worauf bloß Tal- und Kargletscher bestanden haben. Demnach läßt es sich feststellen, daß die Vergletscherung der Gebirge auf der Balkanhalbinsel einseitig, insbesondere auf ihre nördlichen und nordöstlichen Gehänge beschränkt war.

2. Die eiszeitliche Schneegrenze

Sobald einige Gebirge der westlichen Partie der Balkanhalbinsel in glazialer Hinsicht untersucht waren, sah man, indem man sie mit der Rila verglich, sogleich, daß die alten Gletscher in dieser Partie der Halbinsel tiefer als in der östlichen herabgereicht haben; das ist auch durch alle späteren Beobachtungen bekräftigt worden.

Zunächst fällt es auf, daß im Westen der Halbinsel auch die Gebirge mittlerer Höhe unter Gletschern waren, während im Osten bloß die höchsten Gebirge Gletscher bargen. Sodann ist die Höhe der unteren Gletscherspuren verschieden. Die Gletscherzungen reichten auf der Rila am tiefsten bis 1600—1700 *m* herab, auf dem Pirin befinden sich die tiefsten Gletscherspuren auf 1730 *m* Höhe. Der Tisovicagletscher auf dem Prenj reichte dagegen

bestimmt bis 1280 *m*, vielleicht auch tiefer, herab. Auf der Treskavica gibt es Gletscherspuren auch auf einer Höhe von 1470 *m*. Auf dem Orjen und dem Lovćen gibt es Gletscherspuren auch unter 1000 *m* Höhe und die Gletscher des Orjen scheinen noch tiefer herabgereicht zu haben. Bei dem See Rikavac endete eine Gletscherzunge auf 1323 *m* Höhe. Diese Gletscherspuren können allerdings von verschiedenen Vergletscherungen herrühren, außerdem sind sehr wahrscheinlich die tiefsten Spuren der Vergletscherung nicht in allen Gebirgen aufgefunden, so daß auch die diesbezüglichen Vergleichen zwischen der westlichen und östlichen Hälfte der Halbinsel in den Einzelheiten nicht genau sein können; es bleibt aber doch unanfechtbar jenes oben angeführte allgemeine Ergebnis: von einer verschiedenen Höhe, bis zu welcher die Gletscher in der westlichen und östlichen Hälfte der Balkanhalbinsel herabgereicht haben.

Auf Grund der unteren Gletscherspuren und nach Höfers Methode wurde die Höhe der glazialen Schneegrenze auf den Gebirgen der Balkanhalbinsel berechnet. Aus der obigen Darlegung erkennt man, daß diese Höhe in manchen Gebirgen nicht zuverlässig bestimmt ist. Ihr Lauf ist dennoch in seinen Hauptzügen bekannt und ich werde in einer Tabelle eine Übersicht aller jener Gebirge der Balkanhalbinsel geben, worauf Spuren alter Gletscher festgestellt sind und die Höhe der glazialen Schneegrenze bestimmt worden ist.

Die glaziale Schneegrenze auf den Gebirgen der Balkanhalbinsel

	Die Höhe der glazialen Schneegrenze
Orjen (1895 <i>m</i> , die höchste Spitze)	1200—1400 <i>m</i>
Lovćen (1760 <i>m</i>)	1300 „
Gnjat in Bosnien (1806 <i>m</i>)	1350 „
Veleš in der Herzegowina (1970 <i>m</i>)	1350 „
Troglav an der Grenze von Bosnien und Dalmatien (1913 <i>m</i>)	1400 „
Šator in Bosnien (1873 <i>m</i>)	1580 „
Širokar in Montenegro	1600—1700 „
Prenj in der Herzegowina (2102 <i>m</i>)	1680 „
Čvrstica (2227 <i>m</i>)	1700—1770 „
Treskavica (2088 <i>m</i>)	1780 „
Vratnica in Bosnien (2107 <i>m</i>)	1600—1790 „

	Die Höhe der glazialen Schneegrenze
Moračka Planina in Montenegro	1650—1900 <i>m</i>
Komovi (2490 <i>m</i>)	ca. 1800 (?) „
Bjelašnica (2063 <i>m</i>)	ca. 1800 „
Durmitor (2528 <i>m</i>), nach den Moränen unterhalb des Zmijinjje Jezero	ca. 1800 „
Volujak mit dem Maglić (2388 <i>m</i>)	1890—1950 „
Pirin (2680 <i>m</i>)	2060 „
Rila (2930 <i>m</i>)	2100 „
Perister (2532 <i>m</i>)	ca. 2150 „
Jakupica (2530 <i>m</i>)	?
Šar-Planina (2510 <i>m</i>)	?

Aus dieser Übersicht erkennt man, daß die Höhe der glazialen Schneegrenze auf der Balkanhalbinsel zunahm, emporstieg in der Richtung von Westen nach Osten, von der adriatischen Küste gegen das Innere der Halbinsel und zu seiner östlichen Hälfte hin.

Aber auch in dem dinarischen System selbst nimmt die Höhe der glazialen Schneegrenze im allgemeinen in der Richtung von Westen nach Osten zu, wie es auch von Grund angedeutet wurde. Sie liegt am tiefsten in den dinarischen Küstengebirgen: auf dem Orjen, Lovćen, Gnjat, Veleš und Troglav, und ist hier nahezu gleich, obwohl diese Gebirge unter verschiedener geographischer Breite liegen; der Gnjat liegt etwas höher als 44° n. B., während sich der Orjen und Lovćen zwischen 42° und 42° 30' befinden.

Wenn man sodann die Höhe der glazialen Schneegrenze in den Gebirgen des dinarischen Systems betrachtet, so erhält man auch folgendes Ergebnis: Ihre Höhe wird in weit größerem Maße von der Küstenlage der Gebirge beeinflußt als von den relativ kleinen Unterschieden in der geographischen Breite derselben.

Die geringe Höhe der glazialen Schneegrenze im Westen der Halbinsel läßt sich nicht durch Senkung der adriatischen Küste seit dem Diluvium bis zur Gegenwart erklären, da diese sowohl während des Diluviums als auch später unbedeutend war.¹⁾ Alle

¹⁾ Les cryptodépressions de l'Europe. La Géographie 1902, p. 247—254.
— Morphologische und glaziale Studien aus Bosnien, der Herzegowina und Montenegro. II. Teil: Die Karstpoljen. Abhandl. d. K. K. Geogr. Gesellsch. III, p. 81—83.

drei oben festgestellten Ergebnisse über die Höhe der glazialen Schneegrenze und ihren Lauf erweisen dagegen, daß es im Diluvium bestimmte klimatische Unterschiede zwischen der westlichen Hälfte der Halbinsel und den übrigen Partien gegeben haben müsse, und nur auf solche Unterschiede läßt sich die verschiedene Höhe der glazialen Schneegrenze zurückführen. In der westlichen Partie der Balkanhalbinsel fiel im Diluvium eine größere Menge atmosphärischen Niederschlages herab als im Innern und im Osten; sodann verminderte sich im dinarischen System selbst die Menge des atmosphärischen Niederschlages von der Küste gegen sein Inneres hin. Was die Verteilung der atmosphärischen Niederschläge betrifft, herrschten also Zustände, die den heutigen ähnlich waren, nur die Menge der Niederschläge war im allgemeinen größer.

In der Eiszeit nahm also auf der Balkanhalbinsel die Menge der atmosphärischen Niederschläge von W. nach O. ab. Sodann lassen sich auf Grund der Höhe der glazialen Schneegrenze gewisse Parallelen zwischen dem heutigen Klima eines Teiles von Skandinavien und zwischen dem Klima der Balkanhalbinsel im Diluvium ableiten. Heute beträgt in Norwegen zwischen $60^{\circ} 30'$ und $61^{\circ} 30'$ die Höhe der Schneegrenze gegen 1400 m, beinahe ebensoviel, als sie in der Eiszeit auf dem Lovćen, Orjen, Gnjat, Veleš und Troglav, also im allgemeinen auf den dinarischen Küstengebirgen zwischen $42^{\circ} 30'$ bis 44° n. Br. betragen hatte; wie auf der Balkanhalbinsel während der Eiszeit, so nimmt heute in Norwegen die Höhe der Schneegrenze von der Küste angefangen gegen das Innere hin zu. Daraus folgt, daß die Höhe der glazialen Schneegrenze sowie jene klimatischen Elemente, deren Ergebnis sie ist, auf der Balkanhalbinsel zwischen $42^{\circ} 30'$ und 44° denjenigen in Norwegen zwischen $60^{\circ} 30'$ und $61^{\circ} 31'$ ähnlich waren; es ist aber klar, daß die Balkanvergletscherung nicht von jener Intensität war wie die heutige skandinavische.

Auf Grund der erwähnten Eigenschaften der glazialen Schneegrenze ist der Schluß gezogen, daß das nördliche adriatische Becken zu Anfang des Diluviums bestanden habe, da nur auf diese Weise die großen Mengen atmosphärischer Niederschläge im Westen der Halbinsel während der Eiszeit erklärt werden können. Dadurch ist aber diese Frage weder endgültig gelöst, noch genügend genau formuliert. Es ist bekannt, daß Suess-Neumayr und Mojsiso-

vics auf Grund sehr überzeugender Beweise die Ansicht ausgesprochen haben, daß die nördliche, seichtere Partie des Adriatischen Meeres, das adriatische Becken im engeren Sinne, sehr jugendlichen Alters ist. Auch A. Penck bestreitet nicht diese Meinung, daß die Partien des adriatischen Beckens nördlich von der Linie Gargano—Pelagosa—Meleda (worin nur hier und da Tiefen über 200 m vorkommen) sehr jungen Alters sind, nur die tieferen Partien des Beckens, im Süden von der erwähnten Linie, sind älter.¹⁾ Hauptsächlich wegen der niedrigen eiszeitlichen Schneegrenze auf der Treskavica und der Čvrstica habe ich indessen geglaubt, daß auch auf ihrer geographischen Breite im Westen ein Meer bestehen müssen, damit die erwähnte Schneegrenze erklärt werden könnte; auch die nördlichen, seichteren Teile des adriatischen Beckens dürften also vordiluvialen Alters sein. In diesem Sinne hat auch Grund die Frage aufgefaßt, welcher Eiszeitspuren auf dem Gnjat, Troglav, Šator auffand, also auch nördlicher als die Čvrstica und Treskavica.

Das sind die bisherigen Ansichten neben der stark begründeten Theorie von Suess-Neumayr. Mir scheint die Frage über die Entstehung des adriatischen Beckens dennoch ungelöst zu sein, denn auch weit nördlicher von der Linie Gargano—Meleda war die glaziale Schneegrenze auf den Gebirgen des dinarischen Systems sehr niedrig; sodann nimmt auch in dieser nordwestlichen Partie der Halbinsel die Höhe der eiszeitlichen Schneegrenze in der Richtung von Westen nach Osten zu, wie sie auch vom Orjen nach Osten zunimmt; diese Verhältnisse stimmen also vollständig überein und auf Grund der glazialen Forschungen muß man zum Schlusse gelangen, daß sich auch nördlich von der Linie Gargano—Meleda zur Eiszeit ein Meer ausbreitete. Diese glazialen Verhältnisse sowie die daraus gezogenen Schlüsse müssen jedoch mit den Beobachtungen in Übereinstimmung gebracht werden, worauf Suess-Neumayrs Theorie beruht. Hierher gehören besonders Funde von Pferde-, Bison-, Hirsch-, Rhinocerosknochen in der Breccia auf Lesina, sodann Wiederkäuerknochen, die in der Breccia auf jener unbedeutenden Scoglie südlich vom Inselchen Canidole piccole aufgefunden wurden, endlich der Sand eines größeren Flusses, der auf dem Inselchen Sv. Sušak (S. Sansego) und in Süd Istrien gefunden wurde. Diese Funde können mit den glazialen

¹⁾ Die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel, S. 164.

Tatsachen in Übereinstimmung gebracht werden, wenn man aus ihnen den Schluß zieht, daß nur die dalmatischen Inseln und die Scoglien während des Diluviums eine Festlandpartie gebildet haben, daß sich das adriatische Festland nicht über den ganzen Raum des heutigen nördlichen Adriatischen Meeres ausgedehnt habe und daß seine größere Hälfte im Westen von den dalmatischen Inseln und Scoglien auch im Diluvium bestanden haben müsse. Das Adriatische Meer kann sich also seit dem Diluvium nur erweitert haben, was in seiner nördlichen Partie um Istrien, dem Quarnerobusen und längs der dalmatischen Küste bis Meleda der Fall war; bloß diese Partien also um die Inseln und Istrien sind postdiluvial, die übrigen sind älter, sie sind aber gewiß auch anderweitig erweitert infolge der Senkung im Gebiete des Adriatischen Meeres. Infolge dieser Senkung gibt es längs der adriatischen Küste nirgends neogene marine Ablagerungen.

Ein solcher Schluß stimmt auch mit den Beobachtungen über die Senkungsintensität im Gebiete des Adriatischen Meeres überein. Es sind keine Beobachtungen vorhanden, woraus man schließen könnte, daß die Senkung im Adriagebiete seit dem Diluvium so intensiv war, daß Tiefen von 200 oder über 200 *m* entstehen könnten, wie sie nördlich von der Linie Gargano—Meleda vorkommen. Es gibt im Gegenteile Beobachtungen, woraus man schließen dürfte, daß diese Senkung viel geringfügiger war, so daß also infolgedessen seit dem Diluvium bis heute auch die tieferen Partien der nördlichen, seichten Adriateile nicht haben entstehen können. Jede Zahlangabe über das Sinken im Adriagebiete ist allerdings noch unzuverlässig, so viel man aber zu Zahlenangaben kommen konnte, wie z. B. bei der Untersuchung des Skadarsko Blato und anderer Kryptodepressionen, weisen sie auf viel geringere Senkungen im Adriagebiete hin, die für die Suess-Neumayrsche Theorie ungenügend sind.

3. Die Vergletscherungen

Die Frage, ob die Gebirge der Balkanhalbinsel zweimal oder mehrmals vergletschert waren, gewinnt immer mehr an Bedeutung.

Auf der Rila können zwei Gletscherperioden festgestellt werden. „Nach den Terrassen (bei dem Dorfe Madžar im Černi Iskar) sowie außerdem nach den glazialen Ablagerungen in der Kriva Reka, wo

sich untere Moränen im Tale und obere an den Ausgängen der Kare deutlich unterscheiden lassen, scheinen auf der Rila zwei, vielleicht auch drei Vergletscherungen gewesen zu sein.“¹⁾ Ähnliche höher und tiefer gelegene Gletscherspuren gewahrt man sodann auf dem Jozolan und auf Pločite in der Leva Reka; die unteren Gletscherspuren liegen auf der Rila 1600—1700 *m* hoch. P. Janković fand auf dem Pirin Spuren zweier Vergletscherungen auf; die unteren liegen im Tale der Karamanica auf einer Höhe von ca. 1730 *m*, die oberen in Karen und an den Ausgängen derselben liegen 300—400 *m* höher. Über die Zahl der Vergletscherungen gelangte man also zu demselben Ergebnisse für die beiden vergletschert gewesenen Gebirge im Osten der Halbinsel.

Derselbe Schluß folgt auch aus den Beobachtungen in der westlichen Partie der Halbinsel. In der Treskavica sind die oberen Moränen des Šišan um das Veliko Jezero und die unteren in der Kozja Padina in einer Höhe von ca. 1470 *m* gewahrt worden; im Kare des Ortiš, auf dem Prenj sieht man am Ausgange einen Moränenzug, während der andere 5 *km* weiter und tiefer, an der Sohle der Tissovisa, in einer Höhe von 1280 *m* liegt; unmittelbar unterhalb des Prenj sind im Narentatale bei Jablanica zwei fluvio-glaziale Terrassen konstatiert worden. Auf dem Durmitor können zwei Moränenzüge festgestellt werden: der obere in der Ališnica, in einer Höhe von 1950 *m*, und der untere um das Zmijinja Jezero, 1270 *m* hoch. Überdies scheinen auf dem Durmitor Spuren einer älteren Vergletscherung von großer Ausdehnung ausgeschieden werden zu müssen, die den größten Teil des Plateaus Jezera bedeckte; diese Vergletscherung würde jener Höhe entsprechen, die durch die Moränen unterhalb des Zmijinja Jezero bezeichnet wird.

Aus den Beobachtungen in Bosnien und der Herzegowina habe ich nicht auf zwei Vergletscherungen geschlossen; das hat für Bosnien zuerst F. Katzer ausgesprochen. Er hat auf der Vranica obere und untere Glazialspuren konstatiert und daraus auf zwei Vergletscherungen geschlossen: die eine mit der Schneegrenze von 1600 *m*, die andere, ältere mit einer Schneegrenze von 1100 *m* Höhe.

Bisher habe ich nur die zuverlässigsten Anzeichen erwähnt, woraus bestimmt zwei Vergletscherungen entnommen werden müs-

¹⁾ Die alten Gletscher des Rilagebirges. Glas srpske Akademije LIV 1897, p. 35.

sen. Es sind auch minder zuverlässige vorhanden. So sieht man auf der Čvrstica nebst den Moränen, die sich unmittelbar unter den Karen befinden, auch untere, viel entferntere und tiefer gelegene Gletscherspuren, wie es jene in dem Dugo Polje in einer Höhe von 1150 *m* sind. F. Katzer ist der Ansicht, daß auf dem Orjen Spuren zweier Vergletscherungen unterschieden werden dürfen. Endlich gibt es sekundäre Kare oder kleinere Kare in größeren, und sie werden vielleicht mit zwei Vergletscherungen in Zusammenhang gebracht werden können, wie es de Martonne für den Paringu zu beweisen versucht hatte.¹⁾ So befindet sich in dem großen Kare des Edidjol auf der Rila ein sekundäres Kar, das den tiefstgelegenen der sieben Seen enthält; ich habe dieses Kar in einem Profile besonders hervorgehoben (Rila, S. 24; serbisch). Auf der Treskavica befinden sich in dem großen Čabakare zwei andere kleinere: eines, worin das Crno, das andere, worin das Veliko Jezero liegt. Auf dem Durmitor sieht man unterhalb des Kares Valoviti Do das tiefer liegende Kar der Ališnica; hier wird vielleicht auch die dritte Karreihe ausgeschieden werden müssen, worin das Crno und Zmijinje Jezero liegen.

Auf den Gebirgen der westlichen sowie der östlichen Hälfte der Balkanhalbinsel gibt es unmittelbare Spuren zweier Vergletscherungen und auf Grund solcher Beobachtungen lassen sich also nur zwei Vergletscherungen ableiten. Auf die eine von ihnen führe ich die Gletscherspuren in den Karen sowie in der unmittelbaren Nähe derselben zurück, namentlich die Moränen, die in der Regel am Ausgange der Kare angetroffen werden; die Spuren der anderen Vergletscherung sind in größerer Entfernung von den Karen und in Tälern befindlich. Während einer von diesen Vergletscherungen gab es also fast nur Kargletscher, während der anderen herrschten auch große Gletscher vor, die sich in die Täler hinabließen und stellenweise aus vergletscherten Plateaus ihren Lauf antraten; dies ist die ältere oder erste Vergletscherung. Ihre Spuren sind schlecht erhalten und ihr stark verwittertes Aussehen zeigt, daß sie beträchtlich älter sind als die Spuren jener kleineren Vergletscherung. Darin besitzen wir einen Anhaltspunkt zur Bestimmung des relativen Alters dieser beiden Vergletscherungen. Sodann dürfte die erste,

¹⁾ Contribution à l'étude des Karpathes méridionales. Bull. de la Soc. géol. de France 1900, p. 275—319.

ältere Vergletscherung von großer Ausdehnung, mit Talgletschern und vergletscherten Hochflächen, gewiß am Anfange des Diluviums geherrscht haben; damit stimmen viele Erscheinungen überein, die mit dem eiszeitlichen Klima und seinen Schwankungen im Zusammenhange stehen, insbesondere der Wasserstand der großen Seen und der Karstpoljen der Balkanhalbinsel. Die zweite, minder bedeutende Vergletscherung ist viel jüngeren Alters; ihre Zeitdauer ist ebenfalls in den Seen und Karstpoljen durch eine hohe Terrasse fixiert, die allerdings erheblich niedriger ist als die der alten Vergletscherung entsprechende Terrasse, aber dennoch einen noch sehr hohen Wasserstand aufweist. Später werden wir sehen, daß in den meisten Flußtälern der Balkanhalbinsel zwei diluviale Terrassen vorhanden sind, die zeitlich diesen beiden Vergletscherungen entsprechen. Es gibt auch andere diluviale Erscheinungen, die mit ihnen in Verbindung gebracht werden müssen und deren gleichfalls später Erwähnung getan wird. Die Flußterrassen und andere Anzeichen weisen bestimmt darauf hin, daß zwischen diesen beiden Vergletscherungen ein Zeitraum starker Erosion gewesen war.

Nebst den unmittelbaren Gletscherspuren sind für die Frage über die Vergletscherungen die fluvio-glazialen Terrassen von Bedeutung, auf Grund deren in den Alpen zu einem sicheren Ergebnisse von vier Vergletscherungen gelangt wurde.¹⁾ Auf der Balkanhalbinsel gibt es nur eine geringfügige Anzahl solcher Stellen, wo bis jetzt fluvio-glaziale Terrassen wahrgenommen wurden.

Zuerst wurden diese auf der Rila konstatiert, am rechten Ufer des Černi Iskar in der Umgebung von Madžar und Golemo Selo. Es gibt ihrer drei. Die unterste liegt 19 *m* oberhalb des Flusses und auf derselben befinden sich die Häuser des Dorfes Madžar; 32 *m* über ihr ist die zweite Terrasse, mit dem Friedhofe des Dorfes darauf; ebenso hoch über der zweiten liegt die dritte sehr geräumige Terrasse. An anderer Stelle befinden sich die Beweise dargelegt, woraus ich schloß, daß sie fluvio-glazialen Ursprungs seien. Mit Hinsicht auf diese Terrassen sprach ich die Ansicht aus, daß außer zwei Vergletscherungen auf der Rila auch von einer dritten die Rede sein dürfte.

In Bosnien, der Herzegowina und Montenegro ist an vielen Stellen terrassierter Schotter konstatiert worden, aber als fluvio-

¹⁾ Penck und Brückner, Die Alpen in der Eiszeit, I. Lieferung 1901.

glazial kann nur hier und da jener angesehen werden, welcher unmittelbar unter alten Gletschern liegt. Eine solche Schotterterrasse befindet sich um die Željeznica an der Nordseite der Treskavica, unter den bekannten Moränen in der Kozja Padina und des Šišan. Auch die Schotterablagerungen an den nordöstlichen Gehängen des Prenj sind erwähnt worden, obwohl es keine solche Anzeichen gibt, daß sie zuverlässig als fluvio-glazial betrachtet werden könnten. Es ist leicht möglich, daß auch der in Konglomerate umgewandelte Schotter im Tale der Narenta zum größten Teile fluvio-glazialen Ursprungs ist, insbesondere in jener Talpartie, die sich von Jablanica bis Mostar erstreckt. Er ist zumeist mit der Nagelfluh der Alpen identisch. Stellenweise hat die Narenta ihr Bett darin eingegraben, ohne es jedoch bis zu jenem Niveau zu vertiefen, das sie vor dem Ablagern dieses Schotters innehatte. Bei Jablanica sind darin zwei, weiter abwärts auch drei Terrassen eingeschnitten. Bei dem See Rikavac in Montenegro erwähnt Hassert zwei Terrassen, über deren Beschaffenheit uns allerdings nichts Näheres bekannt ist; da aber bis zu diesem See Moränen hinabreichen, dürften vielleicht auch diese beiden Terrassen als fluvio-glazial bezeichnet werden; da sodann die Moränen und diese Terrassen nahe beieinander liegen, scheint bei dem Rikavac die Beziehung zwischen Moränen und fluvio-glazialen Sedimenten beobachtet werden zu können. Zweifelhaft, vielleicht wenigstens stellenweise fluvio-glazial, sind jene großen Mengen zementierten Schotters mit sehr großen Geschieben, wie er in folgenden Tälern vorkommt: im Tale der Mratinjska Rijeka, der Piva, Tara, des Lim, der Morača, zuletzt auch in dem der Boga; im Tale der Šalja und des Kir in den Prokletije. An manchen Stellen treten in ihm drei Terrassen auf, wie es am Lim der Fall ist.

Frisch entwickelt befinden sich zwei Terrassen aus fluvio-glazialen Sedimenten an der rechten Seite des Lepenac im Gaue Sirinić unter der Šar-Planina, die ich schon beschrieben habe.

Nichts Näheres läßt sich sagen über die Anzahl der Vergletscherungen auf Grund der erwähnten fluvio-glazialen Felsblöcke und solchen Schotters, die am nördlichen Fuße des Perister liegen, noch auf Grund jenes Konglomerates bei dem Dorfe Litohori unter dem Olymp, der schon von Neumayr erwähnt und von P. Janковиć als fluvio-glazial betrachtet wird.

Von anderer Beschaffenheit als diese Terrassen und ohne unmittelbaren Zusammenhang mit alten Gletschern sind jene Ter-

rasse, die man in den übrigen Tälern der Balkanhalbinsel antrifft. Sie stehen mit klimatischen Schwankungen während der Eiszeit bestimmt in Verbindung und nach ihnen lassen sich diese klimatischen Schwankungen feststellen. Einen Übergang zwischen diesen und den fluvio-glazialen bilden die folgenden: zwei Schotterterrassen am Iskar bei dem Dorfe Pančarovo und jene großen Schottermengen mit zwei Terrassen bei dem Trojanski Manastir im Zentralbalkan, die wir bereits beschrieben haben. Ihre Entstehung hängt mit großen eiszeitlichen Firnflecken zusammen.

Wie man sieht, sind die Beobachtungen über fluvio-glaziale Sedimente bisher sehr spärlich. In ihnen treten zwei oder drei Terrassen auf. Es scheinen also auf Grund derselben zwei oder drei Vergletscherungen auf der Balkanhalbinsel festgestellt werden zu können, obwohl die Spuren der dritten Vergletscherung bisher unter den unmittelbaren Spuren alter Gletscher nicht aufgefunden worden sind.

Demnach glaube ich, daß wir gegenwärtig nur von zwei Vergletscherungen bestimmte Spuren besitzen, während es mutmaßliche und dazu mittelbare Zeichen auch von drei Vergletscherungen gibt. Penck und Brückner haben jedoch in den Alpen in neuerer Zeit vier Vergletscherungen festgestellt.¹⁾ Alle alpinen Vergletscherungen haben aber auf der Balkanhalbinsel nicht zum Ausdruck kommen müssen. Es ist von Wichtigkeit, die Zahl der Vergletscherungen auf den Gebirgen der Balkanhalbinsel durch Beobachtungen festzustellen, ohne sie durch Analogie mit den Alpen bestimmen zu wollen. Nur durch die erste Methode gelangt man zu einem Ergebnis, das für die Ausgestaltung unserer Kenntnis über die Eiszeit einen Wert hat. Darum glaube ich, daß man auf Grund von ganz vereinzelt vorkommenden vier Terrassen, die weder ich noch andere Beobachter gesehen haben, überdies deren fluvio-glazialer Ursprung nicht nachgewiesen wurde, nicht berechtigt ist, nach der Analogie mit den Alpen den Schluß auf vier Vergletscherungen in Bosnien und der Herzegowina zu ziehen, wie das Dr. Grund getan hat.

¹⁾ Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1901, Lieferung 1.

4. Eine Parallele zwischen der alpinen, balkanischen und südkarpathischen Vergletscherung

Die alpine Vergletscherung ist insbesondere durch die Untersuchungen von Penck und Brückner in einer mustergültigen Weise formiert und die Chronologie der alpinen glazialen Ablagerungen ist festgestellt worden.¹⁾ Die weit geringere Vergletscherung der Gebirge der Balkanhalbinsel und der Südkarpathen kann in großen Zügen als bekannt betrachtet werden, sodaß es nicht als gewagt erscheinen würde, den Versuch zu unternehmen, einen Parallelismus und eine gemeinsame glaziale Chronologie zwischen der alpinen Vergletscherung einerseits und der balkanischen und südkarpathischen andererseits anzudeuten. Es würde sich dabei um zwei folgende Fragen handeln: 1. die Vergletscherungen der Balkanhalbinsel und der Südkarpathen mit den alpinen chronologisch zu parallelisieren, und 2. in den eiszeitlichen Spuren der erwähnten Gebiete materielle Äquivalente der alpinen Vergletscherungen zu suchen. Einen solchen Versuch, insbesondere die zweiterwähnte Parallelisierung kann nur jener vornehmen, welcher wenigstens die alpine und balkanische Vergletscherung aus der Autopsie kennt. Mir war die ostalpine Vergletscherung nur teilweise bekannt. Vorigen Sommer aber anlässlich der glazialen Exkursion des internationalen Geologenkongresses unter Führung von A. Penck und E. Richter erhielt ich eine Übersicht der ostalpinen Vergletscherungen und der Stadien der Würm- und Postwürmzeit, welche für die erweiterte Parallelisierung in erster Reihe in Betracht kommen.

Es ist im 3. Kapitel dargelegt, daß man auf der Balkanhalbinsel nur über zwei sicher festgestellte Vergletscherungen und über die dritte mutmaßliche sprechen darf. Es ist weiter eine fast einwandfreie logische Schlußfolgerung, daß die zwei balkanischen Vergletscherungen mit den intensivsten alpinen Glaziationen chronologisch identisch sind, also mit der Mindel- und Rißeiszeit. Damit wird nicht gesagt, daß die Würmeiszeit, die jüngste und ebenso sehr intensive, auf der Balkanhalbinsel nicht zur Entfaltung gekommen sei. Zwar sind bisher auf der Halbinsel die Moränen der dritten Vergletscherung nicht konstatiert worden, die fluvioglazialen Sedimente weisen aber stellenweise auf

¹⁾ Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1901.
— Penck und Richter, Glazialexkursion in die Ostalpen. Wien 1903.

drei Vergletscherungen hin. Überdies ist es möglich, daß die jüngeren Moränen stellenweise als die Spuren der Würmeiszeit zu deuten wären. Dies kann man bis jetzt lediglich nach der Analogie mit den Alpen ableiten, wo lokal nur zwei von den erwähnten drei Vergletscherungen in der Superposition der Moränen zum Ausdruck gelangen.

Die angedeutete chronologische Parallelisierung läßt sich durch die Beobachtungen nur bis zu einem gewissen Grade unterstützen. Die älteren Moränen, die man in den Gebirgen der Balkanhalbinsel antrifft, liegen tiefer und sind, ebenso wie die älteste fluvioglaziale Terrasse, stark verwittert; oft sind sie von der Erosion namhaft zerstört und größtenteils abgetragen. Diese Moränen können chronologisch nur mit den alpinen Mindelmoränen in Zusammenhang gebracht werden. Hoch über ihnen liegen die jüngeren, frischen, gut erhaltenen Moränen, welche in der Regel mit den alpinen Reißmoränen, stellenweise vielleicht auch mit den Moränen der Würm- und Postwürmeiszeit zu identifizieren sind. Die Unterschiede, die man im Grade der Verwitterung zwischen diesen zwei Moränenarten bemerkt, sind jenen ähnlich, die man zwischen der Mindel- und Reißmoräne bei Laakirchen im Gebiete des alten Traungletschers oder zwischen der Reiß- und Bühlmoräne bei der Kirche in Aschau im Gebiete des alten Salzachgletschers beobachtet.

Die Balkanvergletscherungen lassen sich lediglich chronologisch mit der alpinen Mindel-, Reiß- und Würmeiszeit parallelisieren. Die Länge der eiszeitlichen Gletscher und die Mächtigkeit der Moränen war auf der Balkanhalbinsel eine weit geringere. Die Balkanvergletscherung war eine innere Glaziation, welche fast ausschließlich in den Karen der höchsten Gipfel und Kämme oder auf den Karstplateaus, selten in den kleinen Nebentälern zum Ausdruck gelangte; nirgends stiegen die alten Gletscher in die großen Haupttäler oder außerhalb des Gebirges hinab wie in den Alpen während der drei erwähnten Vergletscherungen. Die gleichzeitigen Vergletscherungen in den Alpen und in den Gebirgen der Balkanhalbinsel lassen sich ihrer Entwicklung nach und materiell nicht im mindesten vergleichen. Die Ursachen liegen an der Hand. Die Alpen liegen 3—4° nördlicher als die nördlichsten Balkangebirge, auf denen die Spuren alter Gletscher konstatiert sind, überdies sind die Alpen niederschlagsreicher als die Gebirge der Balkanhalbinsel, insbesondere sind sie weit niederschlagsreicher als die Gebirge der Mitte und des Ostens der Halbinsel. Die

eiszeitliche Schneelinie mußte also in den Alpen viel tiefer liegen. Weiter, bei derselben oder entsprechender Höhe der eiszeitlichen Schneelinie blieben in den Alpen oberhalb derselben weit größere Flächen übrig als auf den Gebirgen der Balkanhalbinsel; weit größer waren also die Firnfelder, die Nährgebiete der Gletscher.

Materiell und ihrer Entwicklung nach lassen sich die alten Balkangletscher erst mit jenen der alpinen Stadien der Würm- und Postwürmeiszeit, dann mit den heutigen Gletschern der Ostalpen vergleichen. Stellenweise waren selbst die Gletscher des Gschnitzstadiums sehr klein und blieben in den Nebentälern soweit zurück, daß man sie mit den größeren Gletschern der Balkangebiete vergleichen kann. Solcherart war z. B. der Obermieminger Gletscher unweit Telfs im Inntale. Die Länge seiner Gletscherzunge und die Mächtigkeit seiner Moränen waren ungefähr dieselben wie jene des Tisovicagletschers auf dem Prenj (Herzegowina), des Mišnica-gletschers im Durmitor (Montenegro), des Biočgletschers (Montenegro) und des Edidjolgletschers im Rilagebirge (Montenegro). Es scheint, daß die Gletscher im Orjengebirge (Dalmatien) größer waren.

Während des Daunstadiums lag die eiszeitliche Schneelinie in den Alpen nur 300 *m* unter der heutigen und die alten Gletscher zogen sich bis in die unmittelbare Nähe der heutigen zurück. Der Langentalgletscher in der Stubaigruppe ließ seine Endmoränen unmittelbar unter dem heutigen Übeltalferner zurück; die Moränenwälle sind unbedeutend, meist nur 3—10 *m* hoch. Solchen Charakters war die Mehrzahl der alten Gletscher der Balkanhalbinsel, z. B. fast alle Gletscher des Rilagebirges, jenen von Edidjol ausgenommen, der Čabagletscher auf der Treskavica, der Gletscher des Volujak, des Lovćen und andere.

Es kommen aber noch kleinere alte Gletscher auf der Balkanhalbinsel vor, die sich lediglich mit den heutigen kleinen Gletschern der Ostalpen vergleichen lassen. Sie waren ungefähr von jenem Typus wie das Karlseisfeld auf dem Dachstein und die kleinen Gletscher der Stubaigruppe.

Bekanntlich hat Lehmann die eiszeitlichen Spuren in den Südkarpathen entdeckt, dann wurden sie von Mrasec und insbesondere von de Martonne weiter untersucht.¹⁾ Wir kennen sie heute fast in allen Massiven der Südkarpathen, in Fogarasch, Bucegu, Paringu, Surian, Retjesat, Sarku etc.

Die Vergletscherung der Südkarpathen war von derselben Art wie jene im Osten der Balkanhalbinsel, und zwar im Rila-

und Piringebirge. De Martonne hat in den Südkarpathen ebenso zwei Glaziationen festgestellt: eine ältere mit der Höhe der eiszeitlichen Schneelinie von zirka 1600—1700 *m* und eine jüngere mit der eiszeitlichen Schneelinie von zirka 1900 *m* Höhe. Die Schneegrenze der beiden Vergletscherungen war also in den Südkarpathen zirka 100—200 *m* tiefer als im Rila- und Piringebirge. Im Fogarasch und Paringu reichten die eiszeitlichen Gletscher bis zirka 1500 *m*, in der Černagruppe bis 1440 *m*, wieder zirka 100 bis 200 *m* tiefer als in den zwei Gebirgen des Ostens der Balkanhalbinsel. Dagegen stiegen die alten Gletscher und die eiszeitliche Schneelinie beträchtlich tiefer hinab im dinarischen System im Westen der Balkanhalbinsel. Wenn man die Balkanhalbinsel und die Südkarpathen in eiszeitlicher Hinsicht als ein Ganzes betrachtet, so ergibt es sich, daß sich die letzteren wie die östlichen Gebirge der Balkanhalbinsel benehmen; die eiszeitliche Schneelinie steigt für das ganze Gebiet von Westen gegen Osten empor; nach derselben Richtung nahm die Intensität der Glaziation ab. Im ganzen Gebiete entfaltete sich das eiszeitliche Phänomen einseitig, fast ausschließlich in den nördlichen und nordöstlichen Expositionen.

Die zwei südkarpathischen Glaziationen müssen ebenso wie die balkanischen mit der Mindel- und Riß- vielleicht auch mit der Würmeiszeit identifiziert werden.

Alle Gletscher der Karpathen waren klein und haben unbedeutende Moränen hinterlassen, die größtenteils durch die Erosion zerstört wurden. Es scheint, daß sie von demselben Typus und von derselben Größe waren wie die Gletscher des Pirin- und Rilagebirges, jenen von Edidjol ausgenommen. Demnach können in den Südkarpathen lediglich die Äquivalente der alpinen Gletscher des Daunstadiums und der heutigen kleinen Gletscher der Ostalpen gesucht werden.¹⁾

¹⁾ R. Lehmann, Beobachtungen über Tektonik und Gletscherspuren im Fogarascher Hochgebirge. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Gesellsch. 1881. — L. Mrasec, Sur l'existence d'anciens glaciers sur le versant sud des Karpathes méridionales. Bull. Soc. des Sc. de Bukarest. Nov. 1898. — G. M. Murgoci, Les Serpentes d'Urde, Muntin et Gauri. Ann. du musée de géol. de Bucarest 1898, p. 68. — De Martonne, Sur la période glaciaire dans les Karpathes méridionales. Comptes Rendus. Nov. 1899. — Contribution à l'étude des Karpathes méridionales. Bull. de la Soc. géol. de France 1900, p. 275—319.