

Werk

Titel: Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada

Autor: Quelle, Otto

Ort: Berlin

Jahr: 1908

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1908 | LOG_0163

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Vorträge und Abhandlungen.

Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada.*

Von Dr. Otto Quelle in Berlin.

Unter den zahlreichen Gebirgszügen, die das andalusische Falten-system zusammensetzen, nimmt die Sierra Nevada eine ganz eigenartige Stellung ein. Überragt sie an Höhe alle anderen Gebirgszüge um ein beträchtliches, so zeichnet sie sich auch ihnen gegenüber durch einen, soweit unsere bisherigen Kenntnisse reichen, einfachen Bau und große Einförmigkeit ihrer Gesteine aus. Auch in klimatischer und floristischer Beziehung ist sie ein merkwürdiges Gebirge. Reich an Niederschlägen ist die West- und Südwestseite, größte Trockenheit herrscht an den Gehängen der Nord-, Ost- und Südostseite. Ermöglicht eine milde Temperatur das Gedeihen subtropischer Gewächse am Fusse des Gebirges, so gestattet die niedrige Temperatur in der Gipfelregion dort keinen Pflanzenwuchs mehr. Schließlich hat sich auch der Mensch und seine Siedelungen den eigenartigen Naturverhältnissen unseres Gebirges in anderer Weise anpassen müssen, als in den übrigen Hochgebirgen der Iberischen Halbinsel.

Man hätte meinen sollen, daß ein Gebirge, welches so reich an Gegensätzen ist, schon längst der Wissenschaft erschlossen wäre. Doch dem ist nicht so. Wohl haben die herrlichen Denkmäler arabischer Baukunst, die Granada birgt, seit langer Zeit angelockt, hat die wechselvolle Geschichte Granadas und der Alpujarras zahlreiche Bearbeiter gefunden, aber nur klein ist die Schar derer, die zur wissenschaftlichen Erschließung des Gebirges bisher etwas beigetragen haben. Ich verzichte darauf, hier eine Geschichte der Erforschung der Sierra Nevada zu geben und ein vollständiges Verzeichnis aller auf die Sierra Nevada bezüglichen Schriften beizufügen; statt dessen will ich nur die hauptsächlichsten Werke anführen, auf denen unsere bisherigen Kenntnisse dieses Gebirges beruhen.

*) In abgekürzter Form als Vortrag gehalten in der Fach-Sitzung vom 22. April 1907.

Eine topographische Karte, wie sie für einen großen Teil Zentral-Spaniens in der trefflichen Mapa Topografico de España (1 : 50000) vorhanden ist, gibt es von unserem Gebirge noch nicht. Sehen wir von der nachher zu erwähnenden Reinschen Übersichtskarte der Sierra Nevada ab, so besitzen wir nur solche Karten, die entweder nur den westlichen Hochgebirgsteil enthalten, oder solche, auf denen nur der östliche in die Provinz Almeria fallende Gebirgsteil zur Darstellung gebracht ist.

Außerordentlich dürftig und in der Geländedarstellung völlig fehlt ist die älteste Karte vom Hochgebirgsteil der Sierra Nevada, die wir Ormsby verdanken¹⁾. Nur wenig besser steht es mit der Kartenskizze, die Packe 1870 im Maßstab 1 : 200000 veröffentlicht hat²⁾. Einen gewaltigen Fortschritt bezeichnet die Karte im Maßstab 1 : 250000, die Bide 1893 herausgab³⁾. Sie enthält zum ersten Male eine verhältnismäßig sehr genaue Darstellung des Hochgebirgsteiles, sowie zahlreiche Höhenangaben, wird jedoch von der im nächsten Jahre von demselben Autor veröffentlichten Karte im Maßstab 1 : 100000⁴⁾ noch übertroffen. Sie ist die beste Karte, die wir zurzeit vom Hochgebirge der Sierra Nevada besitzen. Zur Erläuterung seines Vortrages über die Sierra Nevada, den Rein 1895 auf dem VI. Internationalen Geographen-Kongress in London hielt⁵⁾, entwarf H. Kerp eine Karte der Sierra Nevada „in Reliefmanier“ im Maßstab 1 : 100000. Sie läßt zwar die sanft geböschten Gehänge der Lomas erkennen, steht aber sonst in jeder Beziehung weit hinter den beiden Karten Bides zurück.

Für den östlichen zur Provinz Almeria gehörigen Teile der Sierra Nevada kommen nur zwei Karten in Betracht. Im Jahr 1855 erschien die Coellosche Karte der Provinz Almeria (1 : 200000), eine für die damalige Zeit treffliche Leistung. Ich habe diese Karte auf allen meinen Wanderungen benutzt und habe sie, soweit es sich um die hier in Betracht kommende Sierra Nevada handelt, im allgemeinen recht brauchbar gefunden, wenn sich auch an einzelnen Stellen erhebliche Mängel nachweisen lassen. Weit besser ist die „Mapa Geologico e Hipsometrico“ (1 : 300000), die 1882 von Botella entworfen ist⁶⁾. Diese Isohypsenkarte, auf der die östliche Sierra Nevada und die ihr im Süden vorgelagerte Sierra Gador zur Darstellung kommt, ist eine bewunderungs-

¹⁾ Alpine Journal. Vol. III. London 1867, Tafel 1.

²⁾ Alpine Journal. Vol. IV. London 1868/1870. Tafel 3.

³⁾ Annuaire du Club Alpin Français. XIX. Paris 1893. S. 304.

⁴⁾ Annuaire du Club Alpin Français. XX. Paris 1894. S. 288.

⁵⁾ Report on the 6. International Geographical Congress, London 1896.

⁶⁾ Bol. Com. Mapa Geologico de España. IX. Madrid, 1882, Lam. C.

würdige Leistung. Mit ihrer Fülle von Höhenzahlen, wie der getreuen Darstellung des Geländes und des Flusnetzes ist sie die beste zur Zeit vorhandene Karte der östlichen Sierra Nevada.

Die einzige vorhandene Übersichtskarte des Gebirges hat Rein 1899 in seinen „Beiträgen zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada“ veröffentlicht¹⁾. Da sie schon im Januar 1893 von O. Neussel konstruiert ist, konnte Bides Karte von 1893 leider nicht mehr verwertet werden.

Ebenso ist aber auch die Isohypsenkarte Botellas von 1882 nicht mitbenutzt worden. Im einzelnen zeigt diese nach Fischer²⁾ „beste vorhandene und heute mögliche“ Übersichtskarte der Sierra Nevada manche Fehler, besonders im östlichen und nordöstlichen Gebirge, wo die Lage einiger Siedelungen, die Trace der Bahn von Almeria nach Guadix, der Lauf von Flüssen und die Richtung mancher Gebirgskämme nicht den tatsächlichen Verhältnissen entspricht.

1906 fügte Soler y Perez³⁾ seinen Reiseschilderungen aus der Sierra Nevada eine Isohypsenkarte im Maßstab 1:750 000 von ganz Südost-Andalusien bei, die zwar recht verdienstlich ist, leider aber sowohl die Sierra Nevada, wie die südlich und östlich von ihr liegenden Gebirgszüge ganz unrichtig zur Darstellung bringt.

Nicht viel besser als mit den topographischen ist es mit den geologischen Aufnahmen bestellt. Unsere Kenntnisse von den geologischen Verhältnissen der Sierra Nevada beruhen im wesentlichen auf den grundlegenden Arbeiten v. Drasches und Botellas. Obwohl vor ihnen schon Hausmann⁴⁾ und Ansted⁵⁾ wertvolle Beobachtungen über den Gebirgsbau angestellt hatten, so verdanken wir v. Drasche⁶⁾ die erste geologische Karte des westlichen Gebirgsteiles sowie die erste eingehendere Darlegung der Tektonik der Sierra Nevada wie der an ihrem Aufbau beteiligten wichtigsten Gesteine. Seine Aufnahmen sind im wesentlichen durch alle späteren geologischen Untersuchungen bestätigt, wenn auch über das Alter mancher Schichten, wie der mächtigen Sierra Nevada-kalke, noch heute Meinungsverschiedenheiten bestehen. Für die öst-

¹⁾ Abhandl. k. k. Geogr. Ges. Wien, 1899. I. Tafel 1.

²⁾ Pet. Mitt. Gotha, 1902. LB. 671.

³⁾ Bol. Soc. Geogr. Madrid, 1906. Tomo 48.

⁴⁾ Hausmann, Über das Gebirgssystem der Sierra Nevada und das Gebirge von Jaen im südlichen Spanien. Göttingen, 1842.

⁵⁾ Ansted, On the Geology of Malaga and the Southern Part of Andalusia. Quart. Journ. Geol. Soc. London, 1857. S. 585–604

⁶⁾ Geologische Skizze des Hochgebirgsteiles der Sierra Nevada in Spanien. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt. Wien, 1879. S. 93–122 u. Tafel 7.

liche Sierra Nevada sind die Aufnahmen Botellas¹⁾ von dauerndem Wert. Leider aber scheint seine treffliche geologische Karte wie der umfangreiche dazu gehörige Text, der eine Fülle wertvoller Beobachtungen enthält, fast ganz in Vergessenheit geraten zu sein, wenn Rein²⁾ von dem östlichen Gebirgsteil sagt, „er sei selten besucht und noch keineswegs genügend erforscht“.

Die geologische Beschreibung der Provinz Granada, die wir Gonzalo y Tarín³⁾ verdanken, und die geologischen Beobachtungen, die französische Geologen aus Anlaß des Erdbebens vom 24. Dezember 1884 in Andalusien anstellten⁴⁾, erweitern nur in geringem Umfang unsere Kenntnisse der geologischen Verhältnisse der Sierra Nevada. Seitdem sind, sieht man von Aufnahmen einiger französischer und belgischer Mineningenieur ab, keine weiteren geologischen Untersuchungen im granadinischen Hochgebirge wieder vorgenommen. Nur das weite Becken von Guadix und Baza, das dem Nordfuß des Gebirges unmittelbar vorgelagert ist, ist vor wenigen Jahren von Siegert⁵⁾ eingehend erforscht worden.

Eine geologische Übersichtskarte der Sierra Nevada besitzen wir leider noch nicht; dagegen läßt sich aus den Blättern Murcia und Granada der Mapa Geologica de España⁶⁾ ein recht guter Überblick über die einzelnen das Gebirge zusammensetzenden Formationen gewinnen.

Weit besser als über die Geologie der Sierra Nevada sind wir über ihre Flora unterrichtet. Hier sind vor allem Boissier⁷⁾ und Willkomm⁸⁾ zu nennen, deren Werke für die Kenntnis der Gebirgsflora grundlegend geworden sind. Die niedere Pflanzenwelt, besonders die Laubmoose haben in v. Höhnelt einen ausgezeichneten Bearbeiter gefunden⁹⁾.

¹⁾ Botella, Reseña física y geológica de la region SO. de la provincia de Almeria. Bol. Com. Mapa Geologico d. España. IX. Madrid, 1882. S. 227–318.

²⁾ Abh. k. k. Geogr. Ges. Wien, 1899. I. S. 194.

³⁾ Descripcion física y geológica de la prov. de Granada Bol. Com. Mapa geologico de España. VIII. Madrid, 1881. S. 1–131.

⁴⁾ Mission d'Andalusie. Paris, 1889.

⁵⁾ Das Becken von Guadix und Baza. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin, 1905. S. 528–554, 586–614.

⁶⁾ Madrid 1889–1894. 64 Blatt im Maßstab 1:400000.

⁷⁾ Voyage botanique dans le Midi de l'Espagne, 2 Bände. Paris 1839–1845.

⁸⁾ Aus den Hochgebirgen von Granada, Wien 1882, und Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der Iberischen Halbinsel. Leipzig 1896.

⁹⁾ Beitrag zur Kenntnis der Laubmoosflora der Hochgebirge der Sierra Nevada in Spanien. Sitzber. k. k. Akad. Wissensch. Wien 1895, math. naturw. Kl. S. 297–336.

Unsere Kenntnis des Klimas der Sierra Nevada beruht auf allein längeren meteorologischen Beobachtungen in Granada. Aus dem östlichen Gebiete fehlen Beobachtungsreihen völlig. Die nächsten Orte, aus denen hier meteorologische Aufzeichnungen vorliegen, sind Almeria und Garrucha. Wertvolle Notizen über Schnee und Eis in der Sierra Nevada verdanken wir Hellmann¹⁾.

Die Anthropogeographie des Gebirges hat noch keine zusammenfassende Darstellung gefunden. Wir sind dafür auf zahlreiche in der Literatur verstreute Notizen angewiesen. Auch der jüngst erschienene offizielle Bericht²⁾ über die Volkszählung in Spanien bietet wertvolles Material für manche hier in Betracht kommende Fragen.

In der großen Zahl von Reisewerken und Reiseskizzen, die über Andalusien erschienen sind, findet sich nur selten einmal eine brauchbare Notiz über die Sierra Nevada. Die Reiseskizzen von Diego Marin³⁾ und die mit trefflichen Photographien geschmückten inhaltsreichen Reisebeobachtungen von Soler y Perez⁴⁾ verdienen allein hier erwähnt zu werden.

Ein Werk ist noch zu nennen, das eine umfassende Darstellung aller unserer Kenntnisse des Gebirges zu geben versucht. In seinen „Beiträgen zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada“⁵⁾ hat J. J. Rein eine fast erschöpfende Monographie des höchsten spanischen Gebirges entworfen, auf Grund seiner Reisen (1872 und 1892) und unter Verwertung einer umfangreichen Literatur. Reins Abhandlung wird für immer ein grundlegendes Werk über die Sierra Nevada bleiben, aber die Erforschung des Gebirges hat damit noch nicht ihren Abschluß gefunden. Ich kann darum auch A. Benrath nicht beipflichten, wenn er jüngst behauptet, man könne nach Reins trefflicher Monographie nichts Neues mehr über das Gebirge sagen. Im Gegenteil. Noch außerordentlich viel ist in der Sierra Nevada zu tun. Noch ist die Frage nicht entschieden, ob wir nicht, wie in der Sierra da Estrella, vielleicht auch für die Sierra Nevada eine zweite Vereisung annehmen sollen. Noch wissen wir nichts über das kleine Becken von Ugijar, über die Schotterterrassen von Laujar oder über die Durchbruchstäler des Rio Adra oder Rio Cadiar. Auch manche anthropogeographische

¹⁾ Der südlichste Gletscher Europas. Verhandlungen d. Ges. f. Erdk. zu Berlin, 1881. S. 362–367.

²⁾ Nomenclator de las ciudades, villas etc. de España. Madrid 1904. 2 Bde.

³⁾ La Suiza Andalus. Bol. Soc. Geogr. Madrid 1896. S. 177–209.

⁴⁾ Sierra Nevada y las Alpujarras. Madrid 1903. 121 S., und La Alpujarra y Sierra Nevada, Bol. Soc. Geogr. Madrid 1906. T. 48. S. 425–499.

⁵⁾ Abhandl. d. k. k. Geogr. Ges. Wien 1899. I. Bd. 1899. S. 183–326.

Frage, die nur durch Untersuchungen im Gebirge selbst gelöst werden kann, harrt noch der Beantwortung.

Ursprünglich war es meine Absicht, alle meine Beobachtungen, die ich in den von mir im Herbst 1905 und 1906 bereisten Gebieten der Sierra Filabres, S. Alhamilla, S. Gador, S. Centraviesa und S. Nevada angestellt hatte, zu einer landeskundlichen Darstellung dieses Gebietes zu verwerten.

Da sich indessen mir bei der Ausarbeitung mancherlei neue Fragen aufdrängten und mir manche meiner Beobachtungen noch einer Erweiterung bedürftig erschienen, so entschloß ich mich, nur das, was ich in der Sierra Nevada gesehen hatte, in der vorliegenden Abhandlung zur Darstellung zu bringen unter Verwertung aller mir zugänglichen Literatur. Meine Ausführungen machen keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie bringen nur „Studien über Höhengrenzen und Siedelungen in der Sierra Nevada“.

Mit herzlicher Dankbarkeit gedenke ich meines unvergeßlichen Lehrers, des Herrn Professor Freiherr v. Richthofen, der die Anregung zur vorliegenden Arbeit gegeben und sie mannigfach gefördert hat. Herrn Prof. Dr. A. Penck, der mir bei der Ausarbeitung mit seiner reichen Erfahrung oft zur Seite stand, sowie der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, die mir aus den Mitteln der Karl Ritter-Stiftung eine gütige Beihilfe zur Ausführung einer zweiten Reise nach Süd-Spanien gewährte, sage ich meinen ergebensten Dank. Dankbar gedenke ich aber auch meiner lieben Landsleute in Almeria, denen ich manche wertvollen Ratschläge verdanke, sowie meines trefflichen Führers José Herrera aus Granada, des besten Kenners und zuverlässigsten Führers im granadinischen Hochgebirge.

Im äußersten Südosten der Iberischen Halbinsel, etwa unter dem 37° n. Br. gelegen, ragt aus der bätischen Cordillere die Sierra Nevada mit fast 3500 m Höhe weit über die übrigen Glieder des andalusischen Faltensystems empor. Auf allen Seiten von den umgebenden Gebirgen scharf getrennt, ist sie ein vollkommen einheitliches Gebiet.

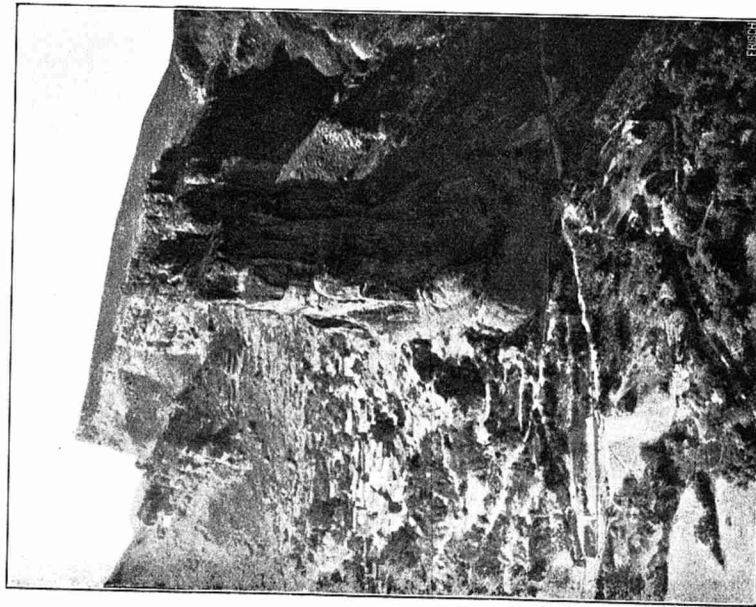
Wollen wir die eigenartige Stellung der Sierra Nevada im System der bätischen Cordillere verstehen, so müssen wir einen kurzen Rückblick auf die Entstehungsgeschichte der Iberischen Halbinsel werfen. Das Grundgerüst des mittleren und südlichen Teiles der Pyrenäen-Halbinsel setzt sich¹⁾ aus den Gliedern der archaischen und paläozoi-

¹⁾ Suess, *La Face de la Terre*, Vol. I. Paris 1897. S. 295 ff.

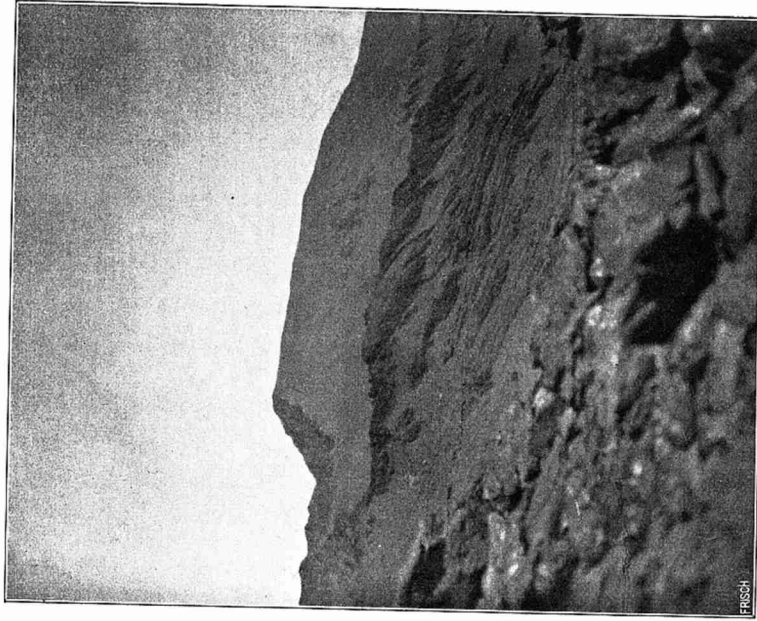
schen Formationen bis zum Karbon hinauf zusammen. Am Ende der Karbonzeit wurden diese Schichten zu einem gewaltigen Faltengebirge emporgeprefst, dessen Falten im wesentlichen von Südost nach Nordwest streichen. Dieses Gebirge wurde später zum größten Teil wieder abgetragen, und ein mächtiges Rumpfbirge blieb übrig, dessen Oberfläche durch die Erosion wieder mannigfaltig gegliedert wurde. Etwa unter 38° n. Br. sank dann der südliche Teil dieses Rumpfbirges an einer die ganze Halbinsel von WSW nach ONO durchsetzenden Spalte in die Tiefe. Auf der abgesunkenen Scholle lagerten sich die gesamten Schichten der Mesezoikums ab. In der Mitte der Tertiärzeit setzte dann eine neue Faltung ein. Der diesmal von Süden wirkende Tangentialschub traf eine Scholle von doppeltem Gefüge. Auf einem Sockel abradierter Falten, die von NW nach SO streichen, lagerten horizontal die Schichten des Mesezoikums. Die gebirgsbildende Kraft mußte daher auf diese ungleichartig gebaute Scholle ganz anders einwirken als auf eine Reihe horizontal abgelagerter Schichten. Ein mächtiger Schichtenkomplex, bestehend aus Tonglimmerschiefer und harten Kalken wurde bei dieser Faltung besonders stark herausgeprefst und zu einem langen hohen Faltengebirge aufgestaut, das von der Sierra Nevada bis zum Kap Palos hin reichte, später aber durch Einbrüche und Verwerfungen in mannigfaltiger Weise gegliedert wurde. Der westlichste und höchste Teil dieses aus paläozoischen Gesteinen bestehenden Gebirgszuges, der im Süden durch das Längstal der Alpujarras, im Osten durch den Querbruch von Almeria, im Norden durch das Becken von Guadix und Baza, im Westen durch den Querbruch von Motril von den übrigen Gliedern der bätischen Cordillere scharf getrennt wird, ist die Sierra Nevada. Sie stellt eine Keilscholle dar, die einst von einer mächtigen Kalkdecke überlagert war. Auf allen Seiten haben sich die Flüsse in diese Scholle eingegraben und die Kalkdecke fast ganz abgetragen. In einem breiten nach Osten konkaven Bogen zieht sich aus der Gegend von Orgiva nordwärts bis über das Genil-Tal hinaus noch ein Rest dieser alten Kalkdecke, die durch die tief einschneidenden Flüsse zwar stark zerfurcht ist, deren alte Oberfläche sich aber noch sehr gut erkennen läßt (Abbild. 73). Auf der Nordseite sind die Reste der Kalkdecke nur noch in kleinen Fetzen erhalten, auf der Südseite ziehen sie als schmales, nur durch tiefe Flusstäler unterbrochenes Band von Orgiva bis zum Rio Almeria hin.

Von wo aus man immer die Sierra Nevada erblickt, stets wird man erstaunt sein über die „Einförmigkeit und Harmlosigkeit seiner Konturen“¹⁾.

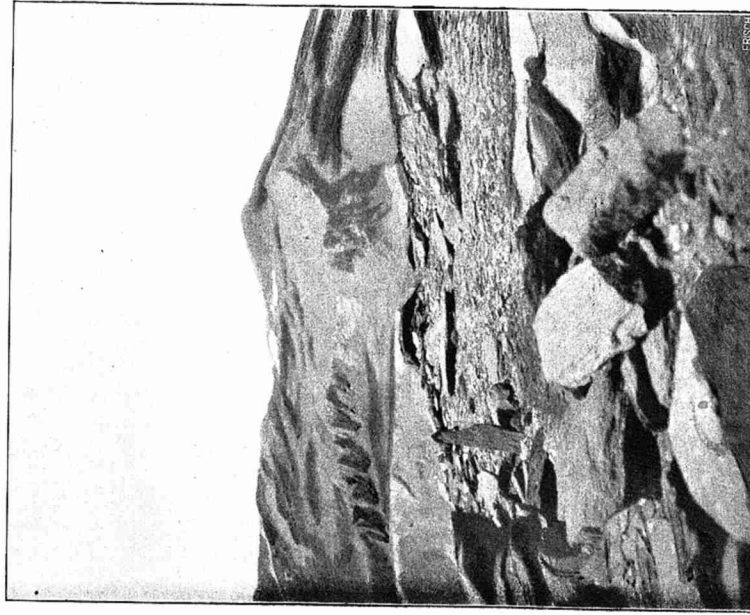
¹⁾ v. Höhnelt, a. a. O. S. 300.



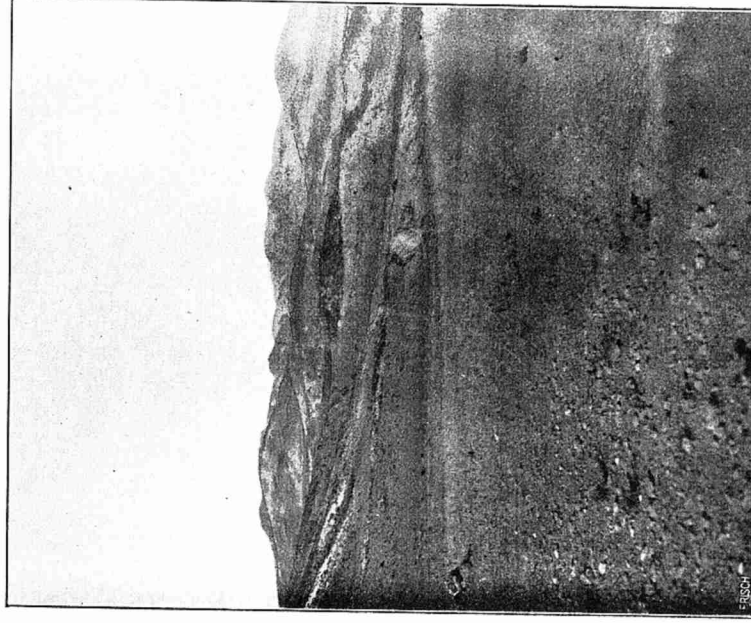
Abbild. 73. Das Genil-Tal oberhalb Granadas.
Im Hintergrunde das Kalkplateau des Dornajo; vorn ein etwa
100 m hoher Kalkturm durch Erosion vom Kalkplateau
abgeschnitten.



Abbild. 74. Mulhacen (3481 m),
vom Picacho de Veleta aufgenommen.



Abbild 75. Picacho de Veleta (3398 m), vom Mulhacen aus gesehen; links vom Gipfel einige kleine Ventisqueros.



Abbild. 76. Die östliche Sierra Nevada, von der Nordseite bei Finana aus gesehen. Charakteristisches Steppengebirge.

Zwei scharf voneinander gestrennte Teile lassen sich im granadinischen Hochgebirge unterscheiden: ein westlicher Teil, der von der Furche von Motril zum 3000 m hohen Panderon hinzieht, und ein östlicher, der sich von hier bis zur Furche von Almeria erstreckt.

Wollen wir einen Überblick über den östlichen Gebirgsteil gewinnen, dann begeben wir uns auf den Gipfel des Mulhacen (Abbild. 74). In einer fast geraden Linie sieht man den Kamm des Gebirges sich nach Osten hin erstrecken, sieht, wie er sich nach Osten hin immer mehr verbreitert und langsam an Höhe abnimmt. Der wenig über 2600 m hohe, schön geformte Chullo und weiter östlich der 2400 m hohe Cerro Almirez sind die einzigen bedeutenderen Höhen, die in den wenig gegliederten Kamm einige Abwechslung bringen. Fast rechtwinklig zum Hauptkamm der Sierra Nevada strahlen nach Norden und Süden zahlreiche Bergkämme, Lomas genannt, aus, die gleich dem Hauptkamm nach Osten zu an Höhe abnehmen und ebenso einförmig sind. Man hat den Eindruck, als sähe man auf riesenhafte erstarrte Wellen; ein Eindruck, der sich noch verstärkt, wenn man auf die gegenüberliegenden ganz ähnlich gestalteten Ausläufer der Sierra Contraviesa hinabsieht.

Die vom Hauptkamm ausstrahlenden Querkämme zeigen aber auf der Nordseite eine andere Gestalt als auf der Südseite. Dort haben die Lomas eine meist nur kurze Erstreckung und fallen steil zur Ebene hin ab; hier herrschen ruhigere Formen vor, die Querkämme dachen sich sanft zu den Alpujarras hin in langgestreckten Rücken ab.

Eine von der östlichen ganz abweichende Gliederung hat der westliche Gebirgsteil der Sierra Nevada. Auch auf ihn haben wir von erhabener Warte aus einen ausgezeichneten Überblick: vom Gipfel des 3400 m hohen Picacho de Veleta (Abbild. 75).

Steht man auf der steil nach NO abfallenden Spitze, so schaut man nach Nordosten hin in einen gewaltigen nach NW zu geöffneten Kessel, aus dessen nördlicher und östlicher Umrandung die steil abgebrochenen Schichtköpfe von mehr als ein Dutzend über 3000 m hoher Berggipfel aufragen. Fiederförmig strahlen von hier eine Reihe von Kämmen aus, die sich durch bedeutendere Höhen und gröfsere Längserstreckung von denen des östlichen Gebirges wesentlich unterscheiden. Die hohen Gipfel des Dornajo, Trevenque, Cerro Caballo u. a., welche die ruhigen Linien der Lomas hier unterbrechen, sind an das oben erwähnte Auftreten des Kalkes geknüpft und haben ganz andere Formen als die Gipfel der Schieferregion.

Da der westliche Teil der Sierra Nevada weit mehr Niederschläge als der östliche erhält, so sind auch die Täler dort weit tiefer eingeschnitten

als im Osten; und dort, wo die das ganze Jahr hindurch Wasser führenden Flüsse in engen tiefen Schluchten die breite westliche Kalkzone durchbrechen, da finden wir auch im Verein mit einer üppigen Vegetation die landschaftlich reizvollsten Gegenden des Gebirges.

Überblicken wir die Sierra Nevada in ihrer ganzen Ausdehnung, so können wir sagen: im weitaus größten Teil ist die Sierra Nevada ein in seinem eigenen Schutt begrabenes Steppengebirge (Abbild. 76), das stellenweise die Züge einer Bad-Land-Landschaft trägt (Abbild. 79), nur in der Gipfelregion hat sie einen anderen Charakter. Da herrschen Hochgebirgsformen vor. Wollen wir diese verstehen, so müssen wir, da sie ein Werk der eiszeitlichen Vergletscherung sind, die Spuren derselben verfolgen. Vorher aber wollen wir die heutigen Schneeeverhältnisse des Gebirges ins Auge fassen und die klimatische Schneegrenze zu bestimmen versuchen.

Heutige Schneeeverhältnisse und klimatische Schneegrenze der Sierra Nevada.

Die Sierra Nevada ist eins der wenigen Hochgebirge Europas, dessen heutige Schnee- und Eisverhältnisse nur wenig bekannt sind. Sehen wir von Granada ab, so war ich, um über die Schneeeverhältnisse des Gebirges Auskunft zu erhalten, fast überall auf Erkundigungen bei mir zuverlässig erscheinenden Leuten angewiesen. Es werden darum auch die Mitteilungen über die Schneeeverhältnisse des Gebirges später wohl manche Berichtigungen erfahren, zumal auch auf meine eigenen Beobachtungen, sowohl im Herbst 1905 wie 1906, die ungewöhnlich früh einsetzende Regenzeit von Einfluß war.

Auf Grund aller mir mitgeteilten und der in den den erwähnten Werken von Boissier, Willkomm, Hellmann, Bide und Rein niedergelegten Beobachtungen läßt sich zur Zeit folgendes sagen.

Kein Monat des Jahres ist in der Gipfelregion ohne Schneefall. Selbst in den heißesten Sommermonaten Juli und August fällt hier oben Schnee. So berichtete mir mein Führer von verschiedenen Schneefällen, die er im Juli erlebt hatte, und ich selbst wurde Ende August 1906 nicht weit von der Laguna de Veleta in etwa 3000 m Höhe von einem leichten Schneefall überrascht. Ende September oder Anfang Oktober fällt in den höchsten Teilen des Gebirges der erste Schnee, der längere Zeit liegen bleibt. In strahlend weißem Gewande erscheint dann der ganze Kamm der Sierra Nevada, wenn man ihn von Guadix aus erblickt. Vom Westen bis zum Cerro Almirez im Osten ist das Gebirge bis zu 2400 m herab in Neuschnee gehüllt. Wohl vermag

bisweilen die Sonne noch einmal allen Schnee, der östlich vom Panderon liegt, stellenweise wegzuschmelzen, aber in der Gipfelregion bleibt vom Ende Oktober an eine dauernde Schneedecke bis zum nächsten Sommer liegen. Ende Oktober hüllen sich auch die kleinen Seen in eine Eisdecke, mächtiger wird die Schneedecke, und schon Mitte November fällt gewöhnlich in den beiden höchstgelegenen Dörfern des Gebirges, in Capileira und Trevelez, der erste Schnee. Von Mitte Dezember an bis Mitte März hüllt eine Schneedecke das Gebirge bis zu 1500 m hinab ein. Unterhalb dieser Höhe greift die Schneedecke wohl nur vorübergehend bis 1000 m hinunter. In Granada in 670 m Höhe hat es nach Hellmann¹⁾ in den Jahren 1866—1879 im ganzen nur 13 mal geschneit, und nur einmal im Jahre darf man darauf rechnen, daß auch die Vega von Granada, wenn auch nur für wenige Stunden, von einer lichten Schneedecke eingehüllt wird. In dem am Südfuß in 630 m Höhe gelegenen Lanjaron fällt nach mündlichen Mitteilungen oft mehrere Winter hintereinander kein Schnee. Ebenso ist es in dem noch tiefer gelegenen Orgiva. Weiter nach Osten zu ist das Gebirge von Ende Dezember bis Anfang Februar in eine Schneedecke gehüllt, die bis zu einer Linie hinabreicht, die sich durch die Orte Pitres, Mecina Bonvaron, Mairena und Bayarcal zum Cerro Almirez hin ziehen läßt und in einer mittleren Höhe von 1300 m verläuft. Im ganzen übrigen Gebiete der Sierra Nevada kommen im Winter zwar bisweilen noch leichte Schneefälle vor, ohne daß sich jedoch eine auch nur länger als drei oder vier Tage haltende Schneedecke bilden könnte. Der im Osten in rund 1150 m Höhe die Sierra Nevada überschreitende Puerto de Tices ist nach den Mitteilungen, die mir von den regelmäÙig den Verkehr zwischen Canjajar und Ocaña vermittelnden Maultiertreibern gemacht sind, der einzige Paß des Gebirges, dem man auch im Winter ohne Gefahr überschreiten kann, wenn auch im Januar bisweilen Schneestürme den Übergang beschwerlich machen. Alle anderen weiter im Westen den Gebirgskamm überschreitenden Pässe können in den Wintermonaten der hohen Schneedecke wegen nur mit sehr großen Schwierigkeiten überschritten werden. Auf dem 2000 m hohen Puerto de Ragua wie auf dem 2700 m hohen Puerto de Lobo, wo sich nach Madoz²⁾ die Schneedecke vom November bis April hält, hat man daher bis 3 m hohe Holzkreuze als Wegzeichen errichtet, weil hier schon oft sich Menschen im Schneesturm verirrt haben und umgekommen sind. Die Höhe der winterlichen Schneedecke ist ganz verschieden. Bei dem

¹⁾ Hellmann, a. a. O. S. 367.

²⁾ Madoz, Diccionario Geografico de España. Madrid, 1840—50, a. a. O.

alten Grubenhaus „La Estrella“ im oberen Genil-Tale in etwa 1550 m Höhe erreicht die winterliche Schneedecke nach den Mitteilungen der dortigen Bewohner 1 1/2 m Höhe. Im Cortijo San Geronimo, am Südfuß des über 2000 m hohen Dornajo, erreicht die Schneedecke im Januar eine Mächtigkeit von 2 m und beginnt erst im Laufe des Februar langsam zu schmelzen. Im 1650 m hoch gelegenen Trevelez sollen nach mündlichen Mitteilungen bisweilen Schneefälle von 1 Fuß Höhe vorkommen. Mitte Januar erreicht hier die Schneedecke eine Maximalhöhe von etwas über 2 m.

Von Mitte März an beginnt die Schneedecke des Gebirges langsam zu schmelzen. Die Schneemassen, die sich in den tiefen Tälern und Mulden des Hochgebirges angehäuft haben, schwinden allmählich, und schon Mitte Mai ist das Gebirge bis 2200 m völlig schneefrei. Aber auch die oberhalb 2200 m gelegene Schneedecke verfällt mit zunehmender Sommerwärme der Auflösung, und Mitte August sind nur noch wenige an geschützten Stellen liegende Schneefelder vorhanden.

An den Stellen, wo der Wind größere Schneemengen zusammengeweht hat, also in den obersten Talgründen und in den Karen des Hochgebirges, halten sich die Schneefelder sehr lange. Ihre Zahl ist besonders groß in der Gipfelregion. Ende August 1905 zählte ich vom Gipfel des Mulhacen aus 32 Schneefelder, die aber alle nur geringe Ausdehnung hatten.

Ende August 1906 dagegen lagen auf der Südseite der Gipfelregion weit mehr Schneefelder als im Jahre vorher. Am 3. September 1906 sah ich von der Höhe der Sierra Contraviesa den ganzen Hochgebirgstheil mit frischem Neuschnee bedeckt. Als ich 8 Tage später auf dem Picacho stand, da war aller Schnee verschwunden, nur in den Karen bei der Laguna de las Yeguas und im Schutze der Steilwände des Picacho lagen noch eine größere Anzahl Schneefelder. Wo sie gegen Insolation geschützt sind, da erhalten sich die Ventisqueros, wie der Spanier die Schneefelder nennt, die der Wind zusammengeweht hat, in einer oft ganz erheblichen Dicke. Bide¹⁾ beobachtete Schneefelder von 6—7 m Mächtigkeit; ich selbst solche nur von 3—4 m Dicke, z. B. am Osthang des Mulhacen. Die Ausdehnung der Schneefelder ist meist sehr gering, nur selten sah ich solche von mehr als 400 qm; gewöhnlich bedeckten sie nur eine Fläche von 250 bis 300 qm.

An den heißen Sommertagen schmilzt nun der Schnee bei Tage und wird infolge des Frierens bei Nacht ganz firnartig. Bei der Besteigung des Picacho am 10. September 1906 mußten wir Schneefelder

¹⁾ a. a. O. S. 308.

überschreiten, die mit einer wohl 20 cm harten Kruste bedeckt waren. Ende Juli überschritt Willkomm einmal ein etwa 35—40° geneigtes Schneefeld, in dessen hartgefrorene spiegelglatte Oberfläche sein Diener erst Stufen hauen mußte, damit es passierbar wurde.

Die Schneefelder sind fast durchweg von blendend weißer Farbe; nur auf den steilen Nordhängen des Mulhacen und Picacho hat Gehängeschutt und Staub ihre Oberfläche dunkel gefärbt. Neben diesen zahlreichen Firnflecken findet sich aber im Hochgebirge ein Gletscher. Er liegt unmittelbar unter der Steilwand des Picacho und soll hier näher beschrieben werden.

Den westlichen Eckpfeiler des Hochgebirges bildet der 3400 m hohe Picacho de Veleta. Von ihm aus zieht nach NNW die Loma de San Juan, nach NNO die Loma de Lanchar. Diese beiden Lomas umschließen oben einen gewaltigen Gebirgskessel, in dem der Guarnon, der Hauptquellfluß des Genil, entspringt. In diesem großen Gebirgstrichter, einem typischen Kar, liegt der einzige Gletscher der Sierra Nevada, der südlichste Gletscher Europas. Boissier besuchte ihn 1837 und gab die erste auch heute noch völlig zutreffende Schilderung¹⁾. Dem unermüdlischen Wanderer im granadinischen Hochgebirge, Willkomm, verdanken wir ebenfalls eine genaue Beschreibung des Kars und seines Miniaturgletschers²⁾. Hellmann besuchte ihn 1877 und macht sehr eingehende Mitteilungen über die Höhenlage und Entwicklung des Gletschers³⁾.

Rein und Bide bringen nur unwesentliche Ergänzungen zu den schon vorhandenen Beobachtungen. Ich selbst untersuchte den Gletscher im September 1905 und möchte hier im Zusammenhang mit den vorliegenden Beobachtungen über ihn berichten.

Der Veleta-Gletscher verdankt seine Existenz einzig und allein der Nordexposition im Schutze hoher Wände. Steil erhebt sich über ihm die etwa 500 m hohe Wand des Picacho, während im Osten der Wall der Loma de Lanchar, im Westen der der Loma de San Juan sich auftürmen. Das untere Ende des Kars setze ich da an, wo das das Guarnon-Tal mit einer deutlich ausgebildeten Talstufe aus seiner U-form in die V-form übergeht. Es liegt in 2725 m Höhe. Der untere Rand des Gletschers liegt 2850 m hoch; Hellmann fand 2845 m, Boissier 2860 m, ich selbst 2835 m. In der Karwand, oberhalb 2850 m, liegt nun unser Gletscher, sich unter verschiedenen Neigungswinkeln in die

¹⁾ Voyage Botanique, S. 140 ff.

²⁾ Hochgebirge von Granada, S. 56 ff.

³⁾ a. a. O. S. 362 ff.

Höhe ziehend. Der kleinste Neigungswinkel den ich maß, betrug 20° , der größte 32° . Die Dimensionen des Gletschers sind gering. Seine Breite fand ich am unteren Rande zu 540 m. Länge und Breite scheinen indessen in den verschiedenen Jahren erheblich zu schwanken. Dieser winzige Gletscher besitzt jedoch, wie schon Boissier hervorhob, alle Eigenschaften eines Alpengletschers „en miniature“. Seine Oberfläche ist im Hochsommer ganz schneefrei. Schmutzstreifen und Spalten, welche den Gletscher in stellenweise 8 cm Breite durchziehen, sind überall sichtbar. An den Spalten ist die körnige Struktur des Eises deutlich zu erkennen. Am unteren Ende des Gletschers kommen aus einer Anzahl kleiner Gletschertore die schmutzigen Schmelzwässer hervor. Moränen ziehen sich an seiner Stirn wie an den Seiten entlang. Stirn- wie Seitenmoränen sind vorzüglich entwickelt. Die östliche Seitenmoräne, die eine Höhe von 6 m hat, ist die bedeutendere; sie besteht, wie die beiden anderen Moränen aus Tonglimmerschieferblöcken von den verschiedensten Dimensionen. Gekritzte Geschiebe habe ich nirgends entdecken können. Geradezu durchtränkt von Wasser fand ich die Stirnmoräne, deren Begehung dadurch natürlich sehr erschwert wurde. Oberhalb und an den Seiten des Gletschers liegen mehrere Schneefelder, die sich dank der geschützten Lage in den Karwänden das ganze Jahr hindurch erhalten. Sie bestehen aus dem von den Karwänden herabgleitenden Schnee und stellen das Nährgebiet des Veleta-Gletschers dar.

Wo liegt nun in der Sierra Nevada die klimatische Schneegrenze?

Hören wir zunächst Boissier, dem wir die erste Mitteilung über die Schneegrenze in der Sierra Nevada verdanken¹⁾. „Der Mulhacen,“ schreibt er, „ist einige 100 Fufs höher (als der Picacho); aber selbst auf seinen höchsten Punkten liegt kein ewiger Schnee. Nur in solchen Engen, wo er geschützt und eingesunken ist, und wo ihn die Kraft der Winde zusammengeweht hat, bleibt er dauernd liegen. Die Südexposition scheint das Schmelzen des Schnees nicht zu begünstigen, denn ich habe die Schneeanhäufungen auf den Südseiten in ebenso großer Zahl angetroffen wie auf der Nordseite. Die Sierra Nevada reicht also mit keinem Teile bis zur unteren Grenze des ewigen Schnees im eigentlichen Sinne.“ Während dieser treffliche Beobachter es vermeidet, einen genauen Wert für die Höhe der Schneegrenze anzugeben, finden wir später überall eine ganz bestimmte Zahl. Leonhard²⁾ verlegt die Schneegrenze in eine Höhe von 8600 Fufs, während sie Ormsby³⁾ erst

¹⁾ Voyage Botanique. S. 117.

²⁾ Geognostische Übersichtskarte von Spanien. Stuttgart, 1851, S. 4.

³⁾ Alpine Journal. Vol. III, S. 4.

in 11000 Fufs, also rund 3000 m, findet. Willkomm und Rein sprechen nicht von einer Schneegrenze, sie kennen nur eine Schneeregion, die ersterer¹⁾ in 2900 m, Rein²⁾ in 2500 m Höhe beginnen läßt.

Von vornherein ist klar, daß wir den Veleta-Gletscher, da er seine Existenz nur einer außergewöhnlich günstigen Lage verdankt, bei der Bestimmung der klimatischen Schneegrenze nicht verwenden können. Nur die Firnflecken können uns einen Anhaltspunkt gewähren. Wie wir sahen, hat die Sierra Nevada keine Schneedecke, die sich das ganze Jahr hindurch erhält, sondern nur zahlreiche perennierende Firnflecken. Sie fehlen auf dem Kamm des Gebirges und liegen fast durchweg in den Karen und den Hochmulden des Gebirges. Sie sind fast ausnahmslos nach Norden und Osten exponiert. Auf der Südseite des Gebirges liegt die mittlere Höhe des unteren Endes aller Firnflecken in ungefähr 3000 m, auf der Nordseite in 2850 m. Die klimatische Schneegrenze in der Sierra Nevada muß aber oberhalb der mittleren Höhe der dauernden Firnflecken liegen; denn die über ihnen liegenden Gebirgsteile sind für die Gletscherentwicklung durchaus günstig. Da sich aber dort nur perennierende Firnflecken vorfinden, so können auch die Gipfel der Sierra Nevada nicht oberhalb der klimatischen Schneegrenze liegen. Wir müssen daher schließen, daß die klimatische Schneegrenze auf der Südseite des Gebirges oberhalb des Gipfels des Mulhacen liegt, während sie auf der Nordseite nur wenig unterhalb des Gipfels des Mulhacen, in etwa 3200 m Höhe liegen wird³⁾.

Die Eiszeit in der Sierra Nevada.

Hochgebirgsformen hat die Sierra Nevada nur in ihrer Gipfelregion. Sie verdanken ihr Dasein ausschließlich dem reihenweisen Auftreten von Karen. Wie sich in den Karen die meisten perennierenden Firnflecken fanden, so wurzelten auch in ihnen die kleinen eiszeitlichen Gletscher der Sierra Nevada. Diese Kare sind neben den Karseen, kleinen Moränen-Ablagerungen und Rundhöckern, die sich in ihrer Nähe befinden, die Hinterlassenschaft der eiszeitlichen Vergletscherung unseres Gebirges.

Auf allen Hochgebirgen der Iberischen Halbinsel hat man im Laufe der letzten 25 Jahre Spuren eiszeitlicher Vergletscherung nachweisen können. Sehen wir von den Pyrenäen ab, für die eine drei-

¹⁾ a. a. O., S. 16.

²⁾ a. a. O., S. 282.

³⁾ Nach Drucklegung der Arbeit finde ich zufällig, daß Diener in seinem Werk „Der Libanon“ (Wien 1886) in einem Abschnitt über die Verbreitung des Glacial-Phänomens in den Mittelmeer-Ländern zu dem gleichen Resultat gelangt ist.

malige Vergletscherung nachgewiesen ist, so sind die Picos de Europa im Kantabrischen Gebirge, unter 43° n. Br. gelegen, das nördlichste Gebirge der Halbinsel mit Spuren eiszeitlicher Vergletscherung. Die eiszeitliche Schneegrenze liegt hier, wie aus der Karte Pencks hervorgeht¹⁾, zwischen 1400 und 1500 m, rund 1000 m unter der klimatischen Schneegrenze. Ungefähr 1° südlicher liegt auf der Grenze der Provinzen Orense und Zamora die Sierra Segundera. Bei seinen geologischen Aufnahmen in diesem Gebirge fand Puig y Larraz in der Umgebung der kleinen Gebirgsseen erratische Blöcke und Gletscherschliffe, auf Grund welcher Funde Penck²⁾ für dieses Gebirge die eiszeitliche Schneegrenze hier in 1500 m ansetzte. Etwa 400—500 m höher liegt nach ihm die eiszeitliche Schneegrenze in der Sierra de Urbion, deren Karseen von Palacios untersucht wurden. An den verschiedensten Stellen hat man im Kastilischen Scheidegebirge Spuren der früheren Vergletscherung nachgewiesen. Auf Grund der Karseen, Moränen-Ablagerungen und Felschliffe, die Penck³⁾ in der Sierra Guadarrama fand, schloß er hier auf eine Höhenlage der eiszeitlichen Firnlinie von 2000—2100 m. Ungefähr dieselbe Höhe nimmt er für die benachbarte Sierra de Gredos an, in der Donayre kleine Karseen entdeckt und beschrieben hat. Sehr gut sind wir über die eiszeitliche Vergletscherung der Serra da Estrella unterrichtet. Sowohl auf der Südseite wie auf der Nordseite dieses westlichsten Gliedes des Kastilischen Scheidegebirges haben sich mehrere Kilometer lange Gletscher in den Tälern hinabbewegt. Auf der Süd- und Westseite entdeckte schon 1883 A. de Vasconcellos⁴⁾ Gletscherblöcke, Gletscherschliffe und die Endmoränen mehrerer Gletscher. Etwa 12 Jahre später wurden auch auf der Nordseite umfangreiche Glacial-Ablagerungen aufgefunden. Im oberen und mittleren Mondego-Tale hat sie N. Delgado⁵⁾ entdeckt, und in diesem Tale zum ersten Male auf der Iberischen Halbinsel eine zweimalige Vergletscherung festgestellt. Von diesen beiden Vergletscherungen, die durch eine Interglacialzeit getrennt waren, ist die zweite die ausgedehntere gewesen. Sie entsprechen der Rifs- und Würmeiszeit Pencks. Die Höhe der eiszeit-

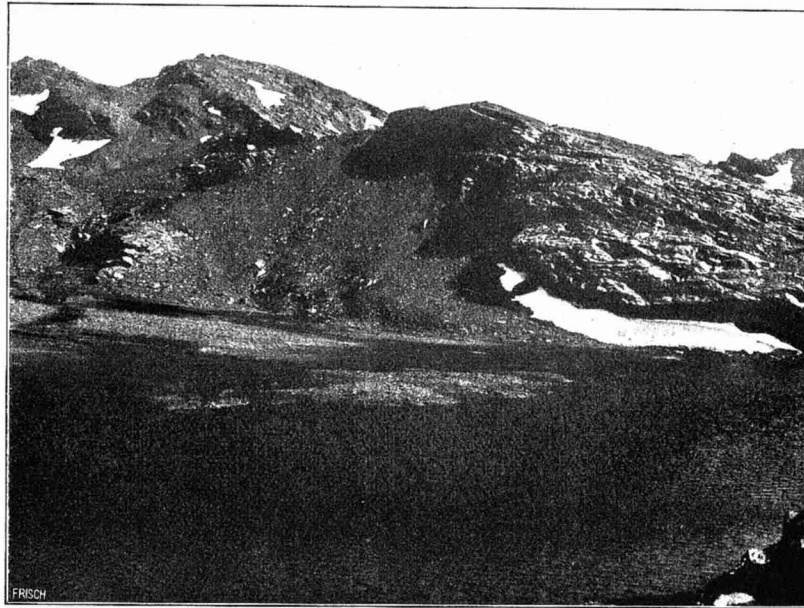
¹⁾ Penck, Karte der eiszeitlichen Gletscher- und Lössgebiete in Europa. Verhandl. d. Intern. Botaniker-Kongresses, Wien 1905. Leipzig 1906.

²⁾ Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin. 1894, S. 136.

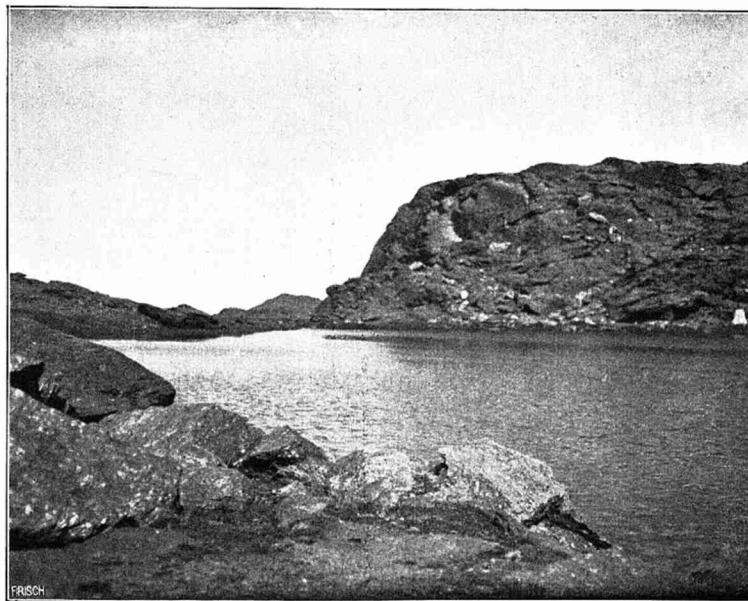
³⁾ Ebenda, S. 134.

⁴⁾ F. A. de Vasconcellos, Traces d'actions glaciaires dans la Serra da Estrella. Commun. d. Com. d. Trabalhos Geologicos de Portugal, Lisboa. I. S. 189—210.

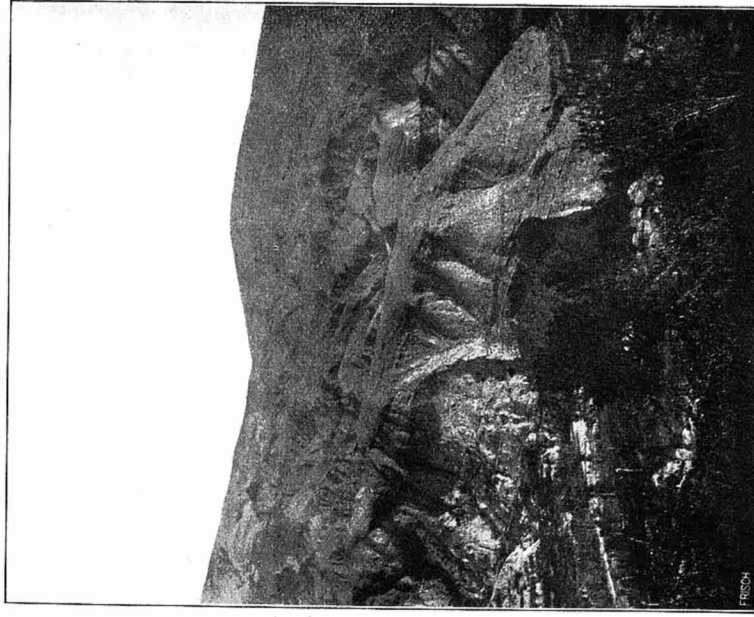
⁵⁾ Note sur l'existence d'anciens glaciers dans la vallée du Mondego; Communicações da Direcção dos Trabal. Geol. de Portugal. Lisboa, 1895. III, S. 55—82.



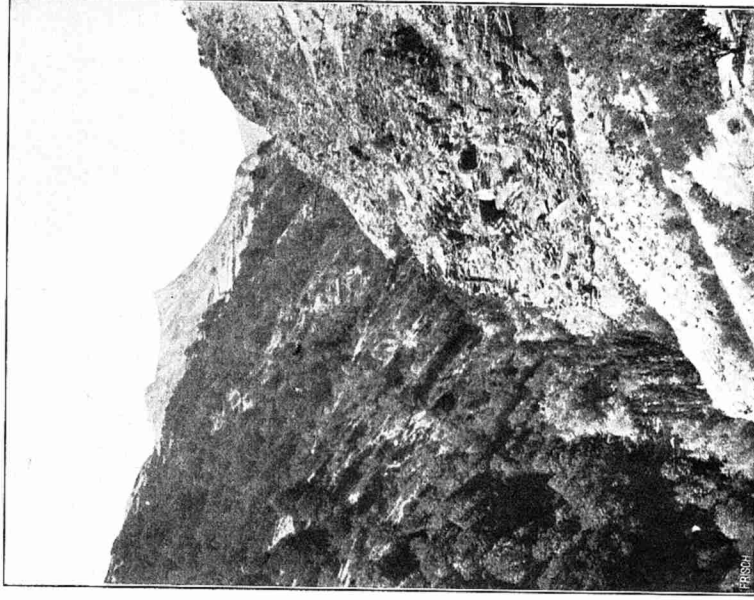
Abbild. 77. Die Laguna de las Yeguas (2850 m).
Auf den Felsen dahinter Rundhöckerformen und Ventisqueros.



Abbild. 78. Die Laguna de las Yeguas.



Abbild. 79. Bad-land-Landschaft
in der östlichen Sierra Nevada unterhalb Canjajar.



Abbild. 80. Mischwald auf dem linken nach Norden
exponierten Talgehänge des Genil-Tals oberhalb Guejar-Sierra.

lichen Schneegrenze ist für die Sierra da Estrella in 1000—1200 m Höhe anzusetzen.

Die soeben aufgezählten Gebirge sind die einzigen auf der Iberischen Halbinsel, in denen bisher sichere Spuren der eiszeitlichen Vergletscherung nachgewiesen sind¹⁾. Trägt man, wie es Penck jüngst getan hat²⁾, auf eine Karte von Europa die Linien gleicher Höhe der eiszeitlichen Schneegrenze auf, so sieht man sofort, daß diese Linien auf der Westseite der Pyrenäen-Halbinsel erheblich tiefer liegen als in den Zentralgebieten. Über den 39° n. Br. nach Süden zu hat Penck die eiszeitlichen Isochionen nicht gezogen, da dort zu ihrer Bestimmung noch alle Anhaltspunkte fehlten. Auf Grund seiner Karte konnte man bisher nur den Schluß ziehen: die eiszeitliche Schneegrenze in der Sierra Nevada liegt vermutlich über 2000 m hoch.

Auf meinen Wanderungen im Hochgebirge ist es mir nun gelungen, unzweifelhafte Spuren einer eiszeitlichen Vergletscherung der Sierra Nevada aufzufinden. Ehe ich aber meine Beobachtungen mitteile, erscheint es angebracht, über die Frage nach einer eiszeitlichen Vergletscherung unseres Gebirges auch die Stimmen derer anzuhören, die vor mir das Gebirge besucht haben.

Eine Vergletscherung von recht beträchtlichem Umfang nahm vor fast 69 Jahren bereits Schimper an. Bis nach Granada hinab sind nach ihm³⁾ die Gletscher gewandert und haben dort die Alhambra-Konglomerate aufgeschüttet. Auch Rey-Lescure ist von einer eiszeitlichen Vergletscherung der Sierra Nevada völlig überzeugt⁴⁾, wenn er von dem großen Reichtum an Moränen und Gletscherschliffen spricht. Hausmann besuchte Ende der 30er Jahre des 19. Jahrhunderts die Sierra, ohne aber von irgend welchen glazialen Ablagerungen zu berichten.

„Obwohl ich eifrig nach Spuren von Gletschern suchte,“ erzählt v. Drasche⁵⁾, „gelang es mir doch nirgends, schlagende Beweise für deren ehemalige Existenz zu finden.“ Er bildet dann noch einen eigentümlich gekritzten und abgehobelten Kalkfels vom Camino de los Neveros ab und fügt hinzu: „Einzelne Tal- und Bergformen beim Peñon de San Francisco und im Genil-Tale ließen sich, wären einmal bestimmte Be-

¹⁾ Die Mitteilungen E. Ribera's über Gletscherspuren im Quellgebiet des Serpis in der Prov. Alicante (Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat., Madrid 1903, S. 156/157) sind noch nicht ganz sicher festgestellt und bedürfen einer näheren Untersuchung.

²⁾ siehe S. 308 Anm. 1.

³⁾ Leonhards Jahrbuch. 1850, S. 467.

⁴⁾ Note sur la Géologie générale de l'Espagne. Bull. Soc. Géol. de France. IX, 18880/81. S. 346.

⁵⁾ Jahrbuch k. k. Geol. Reichsanstalt. Wien 1879. S. 121.

weise für eine Vergletscherung gefunden, leicht deuten.“ Im allgemeinen scheint er aber überhaupt nicht recht an eine Vergletscherung zu glauben und weist die „irrigen Beobachtungen“ Schimpers energisch zurück. Auch Hellmann hat bei seinem Besuch der Sierra Nevada keine Gletscherspuren gefunden. „Ich habe mich vergeblich bemüht,“ schreibt er 1881¹⁾, „solche zu finden, und mit Ausnahme zweier zweifelhafter Stellen an der Quelle des Dilar und auf dem Wege der Neveros nach dem Picacho ist mir kein Ort bekannt geworden, welcher die direkte Einwirkung ehemaliger Gletscher auf das Gestein verrät.“ Aus Willkomms Schilderungen der zahlreichen kleinen Hochgebirgseen schloß Penck 1894²⁾, „daß diese Lagunen gleich den Karseen der Alpen glacialen Ursprunges sind.“ Die Höhe der eiszeitlichen Schneegrenze setzte er in mehr als 3000 m Höhe an, erwartet jedoch von späteren Untersuchungen eine Korrektur des ihm zu hoch erscheinenden Wertes.

Die Untersuchungen über die alpinen Gebirgsformen führten auch E. Richter auf Grund der Schilderungen Willkomms zu dem Ergebnis³⁾, daß die Hochgebirgsformen der Sierra Nevada ebenso ein Werk der Eiszeit wären, wie die des Rila-Gebirges und die der Transsylvanischen Alpen. Den Auffassungen Pencks und Richters gegenüber bedeuten Reins Darlegungen über die Vergletscherung unseres Gebirges geradezu einen Rückschritt. Obwohl er von den Karen des Hochgebirges spricht, weist er doch ihre glaziale Entstehung zurück⁴⁾. „Nachdem ich ähnliche unter dem Einfluß des Regens auf dem weichen Material von Erdböschungen entstandene Formen, wenn auch in sehr kleinem Maßstab, beobachtet und die leichte Zerstörbarkeit des Glimmer- und Tonschiefers kennen gelernt habe, betrachte ich deren Kare als Erosionswirkungen des Wassers.“ Gegen diese Auffassung wendet sich in allerjüngster Zeit A. Benrat, der im August 1906 die Sierra Nevada besuchte. Er spricht sich mit Entschiedenheit für eine glaziale Entstehung der Karseen aus⁵⁾. „Sie liegen alle in echten Karen, sind oben sehr flach, besitzen nach dem Talausgang hin eine wenige Meter hohe Barre, die der Bach durchsägt hat.“ Reins Erosionstheorie erscheint ihm „nicht plausibel.“

¹⁾ a. a. O. S. 365.

²⁾ a. a. O. S. 137.

³⁾ Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. Pet. Mitteil. Erg. No. 132, Gotha 1900. S. 75.

⁴⁾ a. a. O. S. 191, und 270–271.

⁵⁾ Hettners Geographische Zeitschrift 1907. S. 125.

Nach dieser Rückschau wenden wir uns zu unseren eigenen Beobachtungen und betrachten zunächst die Glazialsuren auf der Ostseite der Gipfelregion.

Steigt man vom Puerto de Vacares langsam nach Westen auf den dunkelglänzenden Schiefertrümmern hinab, so erblickt man bald zur Rechten unter sich die Laguna de Vacares. In einer Höhe von 2970 m liegt sie unmittelbar unter dem sich steil darüber erhebenden Colina de Vacares; rechts und links erheben sich über dem See die schuttbedeckten Gehänge, während eine kleine Barre das Becken so abschließt, daß es keinen Abfluß hat. Wir haben hier einen echten kleinen Karssee vor uns, auf dessen Umwandlung in der Nähe der Barre gut erhaltene Rundhöcker sichtbar sind. Gletscherschliffe oder geschrammte Blöcke habe ich nirgends auffinden können. Die Lagune hat eine nord-südliche Erstreckung; ihre Länge beträgt etwa 175 m, ihre größte Breite 60 m. Das Wasser der Lagune ist völlig klar und wird gespeist von zwei kleinen Firnfeldern, die in der Karwänden liegen.

Unmittelbar unter dem östlichen Steilabfall des dreigipfeligen Alcazaba, des schönsten Berges der Sierra Nevada, liegen zwischen 2900 und 2800 m die kleinen Luganas del Goterón. Terrassenförmig liegen die drei kleinen Seen übereinander und werden durch einen Bach mit steilem Gefälle entwässert. Sie sind nur von geringem Umfang und werden von mehreren kleinen Firnfeldern gespeist, die sich bis an den Wasserspiegel hinabziehen. Zwischen den beiden unteren Seen zeigen die Felsen deutliche Rundhöckerformen, aber Gletscherschliffe habe ich auch hier nicht beobachtet; der weiche Tonglimmerschiefer ist für ihre Erhaltung nicht geeignet.

Steigt man von Trevelez aus auf schmalem Pfad über die dunklen Schiefertrümmer an der Ostseite der Loma del Javali zum Mulhacen hinauf, so sieht man kurz vor Erreichung seines Zieles tief unter sich im Osten einen gewaltigen Gebirgstrichter, in dem die Siete Lagunas liegen, echte kleine Karsseen. Sie sind stufenförmig übereinander angeordnet und werden zum Rio Trevelez hin entwässert. Die kleinen Seen, deren größter 60 m Durchmesser hat, liegen alle zwischen 2900 und 3000 m und werden von den zahlreichen teilweise mit feinem Staub bedeckten Firnfeldern gespeist, die in den Wänden liegen. Rundhöcker sind überall sichtbar. Am linken Felsgehänge unterhalb der untersten Lagune zieht sich ein kleiner Blockwall hin; doch habe ich nicht unterscheiden können, ob wir es hier nur mit Gehängeschutt oder mit Resten einer wirklichen Moräne zu tun haben.

Auf der Südseite der Gipfelregion konnten an drei Stellen Spuren unzweifelhafter Vergletscherung nachgewiesen werden. Unmittelbar am

Fufse der Loma Pelada liegt in einer Höhe von etwa 3000 m die Laguna de la Caldera. Dieser kleine fast kreisrunde, von schuttbedeckten Gehängen umrahmte Karsee liegt auf einer Terrasse, die im Südosten durch einen Felsriegel abgesperrt ist. Ein kleiner Bach hat ihn durchschnitten und entwässert den See zum Rio de Veleta. Unterhalb des Ausflusses sind auf den Felsen wieder Rundhöckerformen sichtbar. Auch hier liegen etwa 30 m unterhalb der Laguna an den Gehängen Blockwälle. Doch läßt sich auch hier nicht genau feststellen, ob es sich bei ihnen um Schuttwälle oder um wirkliche Moränen handelt.

In dem mächtigen Zirkus, der westlich der Laguna de la Caldera liegt, hat der Rio Seco sein Quellgebiet. Terrassenförmig angeordnet liegen in ihm drei Seen, zwei im westlichen und einer im östlichen Teil. Sie liegen zwischen 3025 und 3000 m Höhe. Nur diese beiden westlichen Seen habe ich besucht, und nur für sie gelten die folgenden Bemerkungen. Über dem größeren der beiden Seen erheben sich steil nach Süden einfallende Schieferwände, denen unten mächtige Schutthalden vorgelagert sind. Eine gut ausgebildete Moräne zieht sich in einer Höhe von 2 m an der Westseite des Sees entlang, während rings um den See herum Rundhöckerformen in Menge sichtbar sind. Der kleinere, weiter oben gelegene See wird ebenfalls im Westen von einer schuttbedeckten Wand begrenzt, an der mehrere kleine, mit dunklem Schieferstaub bedeckte Firnfelder liegen, welche die Seen speisen. Unmittelbar südwestlich von dem See zieht sich ein kleiner Moränenwall am Gehänge hin. Die beiden Seen sind früher zweifellos etwas größer gewesen, werden aber jetzt langsam zugeschüttet.

Unmittelbar unter dem Gipfel des Veleta liegt die kleine Laguna de Veleta. In 2950 m Höhe gelegen hat dieser kleinste See des Hochgebirges den grobsartigsten Hintergrund. Steil ragt über ihm die mächtige Wand des Picacho de Veleta auf, während ihn auf den anderen Seiten trümmerbedeckte Schieferhänge einrahmen. Das Kar ist nur nach Südosten zu geöffnet, und hier hat auch ein kleiner Bach sich durch eine niedrige Schwelle einen Ausweg verschafft und entwässert den von zahlreichen Firnfeldern gespeisten See in einem etwa 3 m hohen Wasserfall zum Rio de Veleta.

Auf der Westseite des Hochgebirges finden sich im Quellgebiet des Rio Dilar und Rio Monachil vorzüglich erhaltene Spuren der Eiszeit.

Hat man von der Laguna de Veleta herkommend, den Collado de Veleta, den höchsten Paß des Gebirges, erreicht, so erblickt man tief unter sich im Westen die Laguna de las Yeguas. In 2850 m Höhe

gelegen, ist sie der schönste Karsee des ganzen Gebirges (Abbild. 77 und 78). Nirgends sonst im ganzen Hochgebirge gewinnt man so trefflich wie hier den Eindruck einer glazialen Entstehung des Sees. Überall in der Umgebung des Sees sieht man schon von weitem die Rundhöcker, die besonders deutlich ausgebildet sind auf den Felsen, die zur Seite des Riegels anstehen, durch den sich der Rio Dilar einen Ausfluß aus dem See geschaffen hat. Kleine Moränen liegen südöstlich vom See, wie auch an dem Gehänge nach dem Puerto de Monachil zu. Gletscherschliffe sind auch hier nicht aufzufinden, weder auf den Felsen unmittelbar über dem See noch an der Ausflußsstelle des Rio Dilar.

Mehreren kleinen Seen, die in 2825 m Höhe liegen, entströmt der Rio Monachil. In ihrer Umgebung liegen Wälle von Schieferblöcken, die nach ihrer Lage und Ähnlichkeit mit denen bei der Laguna de las Yeguas ebenfalls als Moränen angesehen werden müssen.

Wegen der Ungunst der Witterung mußte ich auf den Besuch der Lagunen verzichten, die oben am Osthang der Loma de Lajaron liegen.

Wenden wir uns nunmehr zur Betrachtung der Glazialsuren, die sich an der Nordseite der Gipfelregion finden.

Das größte Kar, das wir dort kennen, ist der sogenannte Corral de Veleta. Wir hatten seine Umwallung schon bei der Schilderung des Veleta-Gletschers kennen gelernt. Hier mag nur noch hinzugefügt werden, daß sich in der Nähe der Karstufe kleine Rundhöcker zeigen und etwas oberhalb von ihnen ein kleiner aus Schieferblöcken bestehender Wall, der am linken Talgehänge liegt, zweifellos als der Überrest einer alten Seitenmoräne anzusehen ist.

Eingerahmt von mächtigen Felsen liegt am Nordfuß der Loma Pelada in 2950—2850 m Höhe die Laguna larga und Laguna lagunilla. Beide Seen liegen in einem vorzüglich ausgebildeten Kare und werden von Rundhöckern und kleinen Moränenresten umgeben. Die terrassenförmig übereinander liegenden kleinen Seen haben keinen Abfluß; sie werden gespeist von mehreren Firnfeldern von recht beträchtlicher Ausdehnung.

Deutliche Kare liegen an der Nordseite noch etwas westlich vom Cerro Gordo, am Nordfuß des Alcazaba und am Westabfall des Colina de Vacares. Sie enthalten sämtlich keine Seen mehr. Die scharf ausgebildeten Karstufen finden sich in 2850 m Höhe; an verschiedenen Stellen, besonders deutlich am Kar unterhalb des Colina de Vacares sind Rundhöcker und kleine Moränenwälle erhalten.

Es ist zweifellos, daß spätere eingehendere Untersuchungen die

vorliegenden Mitteilungen über die eiszeitliche Vergletscherung der Sierra Nevada in manchen Punkten erweitern und ergänzen werden. Gleichwohl sind sie aber schon ausreichend, um aus ihnen auf die Höhenlage der eiszeitlichen Schneegrenze Schlüsse ziehen zu können. Ehe wir dies tun, mögen noch einige Worte über die Seen selbst gesagt werden.

Alle Hochgebirgsseen der Sierra Nevada, die ich gesehen habe, liegen in den schüsselförmig gestalteten Karböden. Sie werden ausschließlich von den Abflüssen der zahlreichen Schneefelder gespeist, die in den Karwänden liegen. Die Seen sind fast durchweg kreisrund oder oval geformt und haben nur geringen Umfang. Die größten sind die Laguna de las Yeguas und die Laguna de la Caldera. Die Lagunen verlieren aber beständig an Ausdehnung, da sie sich im Stadium der Zuschüttung befinden. Sehr deutlich ist der Zuschüttungsprozefs an der Laguna de las Yeguas zu beobachten, wo der von Westen herkommende Zufluß ein Delta in den See gebaut hat, wodurch er sehr bald in zwei Lappen geteilt wird, bis auch diese dann verschüttet werden. Die Seen im Quellgebiet des Rio Monachil sind bereits zugeschüttet und nur noch in Rudimenten erhalten. Das Wasser der Seen ist völlig klar und durchsichtig. Die Wassertemperatur fand ich bei der Laguna de la Yeguas Ende August zu $6,5^{\circ}$ — $7,5^{\circ}$ C, die der Laguna de la Caldera im September zu 7° C. Die entsprechenden Lufttemperaturen waren im ersten Falle $9,2^{\circ}$, im letzteren $9,5^{\circ}$.

Die Lagunen verleihen dem Hochgebirge einen eigenartigen Reiz. Wenn sich in ihnen bei klarem Wetter die dunklen Schieferwände, die silbernen Firnflecken und der tiefblaue Himmel spiegeln, dann gewähren sie ein Bild tiefsten Friedens, und ihr Anblick ist eine reiche Entschädigung für die Anstrengungen, die das Wandern hier oben mit sich bringt. Wenn aber über ihnen Nebel lagern, dann ist es ein untrügliches Zeichen, daß schlechtes Wetter einsetzt. Das habe ich öfter erfahren müssen, als mir lieb war, und darunter hatte auch Willkomm zu leiden, als ihn einst ein alter Hirt vor der Überschreitung des Puerto de Vacares mit den Worten warnte: „Dort jenseits liegen die Lagunas de la Caldera. Wenn die Lagunen dampfen, dann gibt es Sturm.“ Hat man die Lagunen einmal bei Sturm und Regen gesehen, dann kann man auch verstehen, daß sich an diese weltentlegenen Seen mancherlei Sagen knüpfen konnten.

Unergründlich tief sind sie nach der Volksmeinung und stehen direkt mit dem Meer in Verbindung. Weil sie verzaubert sind, ist ihr Wasser so kalt. Aus ihrer Tiefe hört man bisweilen fremdartige Gesänge heraufschallen, und in ihrem Wasser spiegelt sich des Nachts

der Geist von Boabdils Vater, der aus der benachbarten Loma herauskommt, in der er begraben liegt.

Kehren wir nunmehr zu unseren Glazialspuren zurück, um aus ihnen einen Wert für die Höhe der eiszeitlichen Schneegrenze zu bestimmen. Auf der Nordseite des Hochgebirges fanden wir die Karstufen zwischen 2750 und 3000 m. In denselben Höhen trafen wir aber auch die spärlichen Reste von Moränen an. Wir setzen darum die Höhe der eiszeitlichen Schneegrenze auf der Nordseite der Gipfelregion in etwa 2850 m an, also rund 500—600 m unter der heutigen Schneegrenze. Auf der Südseite setzen wir die Höhe der eiszeitlichen Schneegrenze auf Grund desselben Befundes in rund 2950 m Höhe an, also 600—700 m tiefer als die heutige Schneegrenze¹⁾.

Für diese auffallend geringe Depression der eiszeitlichen Schneegrenze haben wir nach einer Erklärung zu suchen. Entweder müssen wir annehmen, daß die noch erhaltenen Spuren der eiszeitlichen Vergletscherung nur einen dürftigen Rest darstellen, oder aber es muß angenommen werden, daß die Sierra Nevada noch in spätdiluvialer Zeit eine Aufwölbung erfahren hat. Ganz unbeantwortet bleibt noch die Frage, ob wir es in unserem Gebirge nur mit einer einmaligen Vergletscherung zu tun haben, oder ob es wie die Alpen, Pyrenäen, die Serra da Estrella und vielleicht auch die Sierra de Gredos ebenfalls eine mehrfache Eiszeit erlebt hat. Ehe wir diese Frage nicht gelöst haben, wird sich auch nicht feststellen lassen, welcher der vier Eiszeiten Pencks die Vergletscherung der Sierra Nevada entspricht.

Die geologische Tätigkeit der Gletscher beruht aber nicht nur in der Verfrachtung und der Ablagerung des Moränenschuttes, sondern auch auf der Transportarbeit, die von den Schmelzwässern jener Gletscher geleistet wird. Sie häufen ungeheure Schottermassen an, welche die Täler ausfüllen und dem Landschafts-Charakter ein eigenartiges Gepräge verleihen. Finden sich nun in unserem Gebirge ebenfalls solche Schotter, wie sie für alle übrigen einst vergletscherten Gebirge Europas charakteristisch sind? Diese Frage läßt sich zur Zeit noch nicht völlig beantworten. Daß die Gerölle des Alhambra-Konglomerats eine fluviatile Ablagerung sind, steht fest; die der Guadix-Formation dagegen sollen

¹⁾ Mit einer noch weit geringeren Depression der eiszeitlichen Schneegrenze gegenüber der klimatischen haben wir es nach unsern bisherigen Kenntnissen in der Sierra de Gredos zu tun. Während hier Penck (a.a.O.S. 137) die eiszeitliche Schneegrenze in 2000 bis 2100 m Höhe ansetzt, müssen wir die klimatische Schneegrenze, wie aus den Schilderungen des Gebirges im Bol. Soc. Geogr. Madrid, 1907, S. 266—296, hervorgeht, in vielleicht 2500 m Höhe verlegen.

nach Siegert¹⁾ fluvioglazial sein. In den Tälern des Hochgebirges selbst habe ich keine Schotterablagerungen gefunden, wenn ich es auch für möglich halte, daß durch eingehendere Untersuchungen später solche noch nachgewiesen werden. Über die Schotterablagerungen westlich von Laujar, die an der Strafe nach Alcolea gut aufgeschlossen sind, wie über die kleinen Schotterablagerungen an der Westseite der Sierra de Gador kann ich noch kein abschließendes Urteil fällen; ich vermute, daß wir es bei ihnen mit einer fluviatilen Ablagerung zu tun haben.

¹⁾ a. a. O. S. 599.

(Schluß folgt.)
