

—: The Quaternary Physiographic History of South-western Kantō. Proc. Pan-Pacific Sci. Congr. (1935) 1589—1592.

Saijō, Y.: Chemical Studies in Lake Metabolism VIII. Rate of Sedimentation in Lakes. Jour. Chem. Soc. Jap. 77 (1956) 1192—1196 (Japanese).

Scientific Researches of the Ozegahara Moor. Tokyo (1954) 857 p. (Some articles in English, German or Esperanto, and others in Japanese).

Serizawa, C.: On the Non-Ceramic Culture in Japan. Jour. Anthropol. Soc. Tokyo. 64 (1956) 31—43 (Japanese with English abstract).

Straka, H.: Die Pollenanalytische Datierung von jüngeren Vulkanausbrüchen. Erdkunde 10 (1956) 204—216.

Sugihara, S.: The Stone Age Remains found at Iwajuku, Gumma Pref., Japan. Rep. Fac. Liter. Meiji Univ., Archaeol. 1 (1956). 92 p. (Japanese and English).

Sugimura, A., and Naruse, Y.: Changes in Sea Level, Seismic Upheavals, and Coastal Terraces in the Southern Kantō Region, Japan (I). Jap. Jour. Geol. and Geogr. 24 (1954) 101—113; (2) *ibid.* 26 (1955) 165—176.

Tada, F., Nakano, T., and Iseki, H.: Shoreline Development of the Pacific Coast of Japan in Prehistoric Time. Proc. XVIIth Intern. Geogr. Congr. (1952) 386—391.

The Commission for the Protection of Cultural Properties Japan: The Stone Remains of Oyu. Rep. Archaeol.

Excavations by the Commission 2 (1953) 200 p. (Japanese with English abstract).

Thorarinsson, S.: Tefrokronologiska Studier på Island. Þjórsárdalur och dess Förödelse. Geogr. Ann. 26 (1944) 1—217.

—: Some Tephrochronological Contributions to the Volcanology and Glaciology of Iceland. Geogr. Ann. 31 (1949) 239—256.

—: Laxárgljúfur and Laxárhraun. A Tephrochronological Study. Geogr. Ann. 33 (1951) 1—84.

Tōki, R.: Ancient Coast-line of the Kantō Lowland with Reference to its Topography and the Distribution of Shell-mounds. Geogr. Rev. Jap. 2 (1926) 597—607, 659—678, 746—774 (Japanese).

Toya, H., and Kaizuka, S.: Fossil Soils in Kantō Volcanic Ash Beds. Geogr. Rev. Jap. 29 (1956) 339—347 (Japanese with English abstract).

Tsuya, H.: Geological and Petrological Studies of Volcano, Fuji, V. On the 1707 Eruption of Volcano Fuji. Bull. Earthq. Res. Inst. Tokyo Univ. 33 (1955) 341—383.

Yamada, S.: Soil Survey of Volcanogenous Soils. Jour. Sci. Soil and Manure, Nippon 14 (1940) 673—702, 747—762 (Japanese with English abstract).

—: Soil Survey of Volcanogeneous Soils and the Volcanogenous Soils of Hokkaido. Rep. Hokkaido Agr. Exp. Station. 44 (1951) 93 p. (Japanese).

## ZUR GEOMORPHOLOGISCHEN HOHENSTUFUNG DER SIERRA NEVADA SPANIENS

### Ein Beitrag zur klimamorphologischen Zonierung der Erde

Ludwig Hempel

Mit 1 Abbildung und 6 Bildern

#### *Geomorphological Altitudinal Limits in the Spanish Sierra Nevada*

*Summary:* The following values of geomorphological altitudinal limits for the northern flank of the Sierra Nevada have been calculated. Whilst the climatic snow line is now at above 3,500 m., during the late glacial period its highest position was 3,200 m. and its lowest 2,850 m. During the Würm glacial period it lay at 2,400—2,500 m., during earlier glacial periods at 2,000—2,200 m. The present lower limit of solifluction is at 2,100 m., its upper limit above 3,500 m.; during the Pleistocene its maximum altitude was at 800—1,000 m., its upper limit is not ascertainable. These findings agree with other observations in the Mediterranean region, such as those of Büdel in southern Italy and Sicily and Poser in Crete. On the other hand they do not fit into the conjectured profiles of these limits from Europe to Africa which have been given so far. That illustrates the supposition that in the Mediterranean region, as elsewhere, the climate-morphological limits of the Holocene as well as the Pleistocene do not rise regularly.

#### *Vorbemerkung*

Dieser Studie liegen Beobachtungen zu Grunde, die ursprünglich nur dazu gedacht waren, einen Beitrag zum Problem der Zertalungsformen im mediterranen Spanien zu liefern. Bei Durchsicht des Beobachtungsmaterials aus der Sierra Nevada stellte sich aber heraus, daß darüber hinaus auch einige Aussagen über die geomorphologische Höhengliederung dieses Gebirges gemacht werden können. Allerdings schienen mir die Ergebnisse über die Höhen-

lage der einzelnen Formenstufen während des Pleistozäns so unwahrscheinlich, daß ich zunächst mit einer Veröffentlichung zögerte und eine erneute Prüfung der Befunde mit Hilfe des Buntfilmmaterials vornahm. Inzwischen hat Poser (1957) eine ebenso auffallende Höhengliederung von Kreta unter 35°N beschrieben und interpretiert. So schien es mir zweckmäßig, die Beobachtungen aus dem westlichen Mittelmeergebiet zum Vergleich danebenzustellen. Da ich nur den Nordteil der Sierra Nevada kennengelernt habe, können meine Bemerkungen und Erklärungen nicht repräsentativ für das ganze Hochgebirge sein. Es ist durchaus möglich, daß bei einer Bearbeitung der ganzen Sierra Nevada auch Stellung und Bedeutung des Gebirges im Rahmen einer klimamorphologischen Zonierung der Erde sowohl für die Jetztzeit als auch für das Pleistozän ein etwas anderes Gewicht bekommen können.

#### *Die Befunde*

Die Forschungsgeschichte der Sierra Nevada ist schon sehr alt. Die umfassendste Arbeit, in der alle Teilgebiete der Geographie abgehandelt werden, ist die von Rein (1899). In ihr sind die Ergebnisse der Forschungen des 19. Jahrhunderts verarbeitet. Von den vielen Ergänzungen im Anfang des 20. Jahrhunderts verdient die von Quelle (1908) besondere Beachtung. Er präzierte zum ersten Mal die wichtigsten Fragen, auf die sich die geographische Forschung in der Sierra Nevada konzentrierte und beantwortete auch

einen Teil selbst. Quelle wies u. a. nach, daß die Sierra Nevada im Pleistozän vereist war. Die wurde weiter verfeinert durch Obermaier (1921), der die Grenzen einiger Eisströme, ihre Formen und eine pleistozäne Schneegrenze bestimmen konnte. Später haben Sermet (1942) und Garcia Sainz (1943) Beiträge zur Erforschung des Gebirges in allgemeiner Sicht gegeben. Als jüngsten Beitrag zur Frage der geomorphologischen Höhenstufung der Sierra Nevada ist die ausgezeichnete Studie von H. Paschinger (1954 b) zu nennen, die sich mit den Fragen der Würmvereisung und des Spätglazials im Schneegebirge Spaniens befaßt. Seine Untersuchungen beziehen sich allerdings nur auf die Kare und Moränen, die aber dafür mit großer Exaktheit beobachtet und dargestellt worden sind. Andere Formengruppen wie die des Periglazials behandelt er nicht. Da heute von vielen Stellen aus an der Konstruktion bzw. Rekonstruktion der

klimamorphologischen Höhenzonen für die Gegenwart bzw. das Pleistozän gearbeitet wird, ist es vielleicht nützlich, neben diesen Mitteilungen über glaziale Formen, die ich an verschiedenen Punkten ergänzen kann, auch die über die periglazialen Formen zur Diskussion zu stellen.

Die auffälligsten glazialen Formen stellen ganz ohne Zweifel die Kare dar (siehe Abb. 1). Mit Sicherheit konnte ich auf der Nordseite drei verschieden hochliegende Niveaus mit Karenscheiden. Das unterste liegt in ca. 2100—2150 m Höhe. An beiden Seiten der Höhenstraße von Granada zum Gipfel der Veleta (3392 m) sind diese Kare zu finden. In Nordost- bis Ostexposition (z. B. im Prado Redondo) machen sie einen frischeren Eindruck als die auf der West- bis Südwestseite der Straße. Hier sind (Bild 1) die beiden Kare ganz sanft gerundete Hohlformen von ca. 150 bis 200 m Durchmesser, wobei die Schwelle

### Die Kare in der nordwestlichen Sierra Nevada (Spanien)

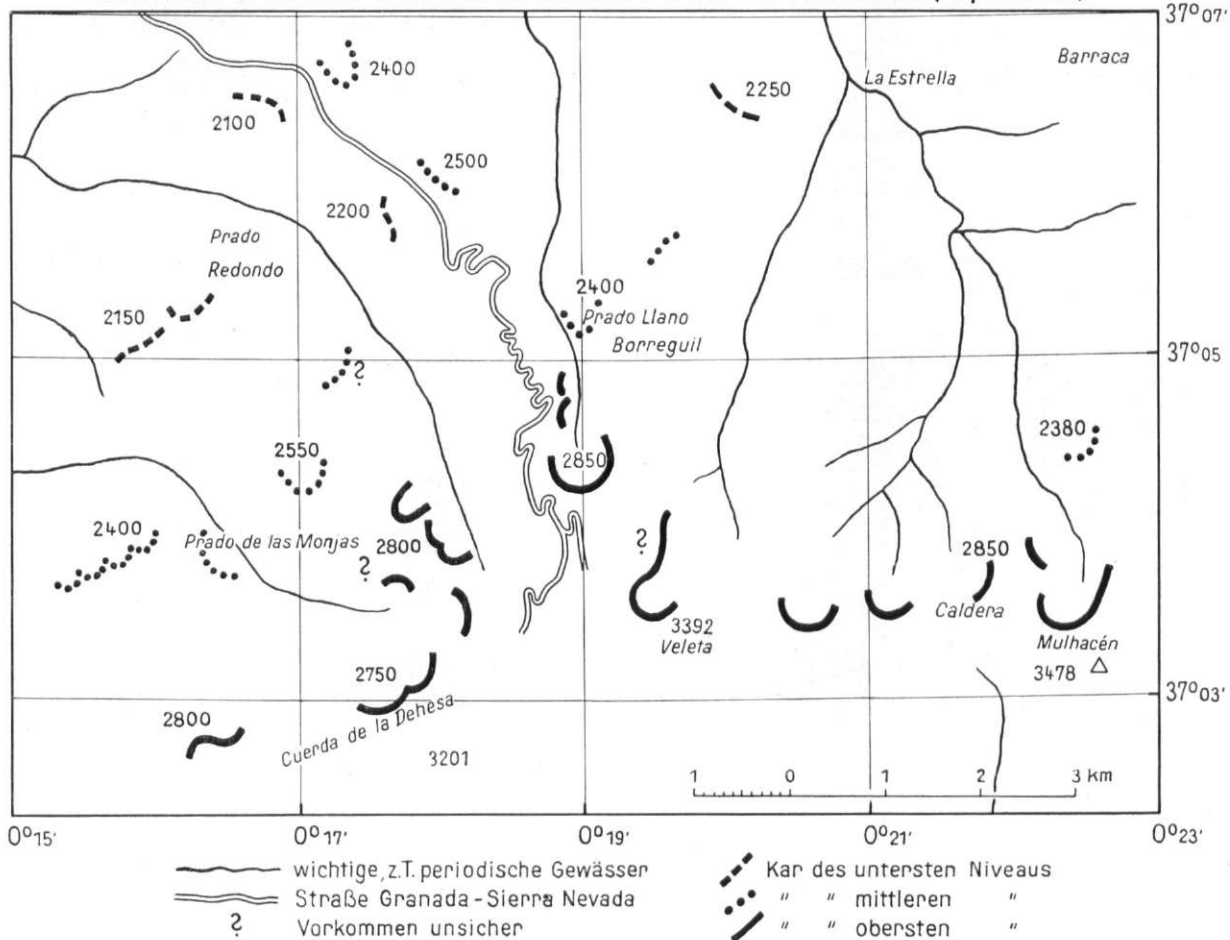


Abb. 1: Die Kare auf der Nordabdachung der Sierra Nevada. Zusammengestellt nach Quelle, Schmidt, Paschinger und ergänzt durch eigene Beobachtungen

noch sehr deutlich zu erkennen ist. Moränen oder Reste von Blockanhäufungen fehlen vollkommen. An den Rückwänden findet man vereinzelt Spuren rezenter Solifluktion wie Rasenabschälung und kleine Fließerdewülste in der Vegetationsdecke.

An besonders steilen Stellen sind ganze Inseln von Rasen (*FESTUCA INDIGESTA*; *ARENARIA AGGREGATA*) en bloc in die Tiefe abgewandert. Weiter talabwärts scheinen sich flache Nivationsnischen oder langgestreckte Nivationshohlkehlen

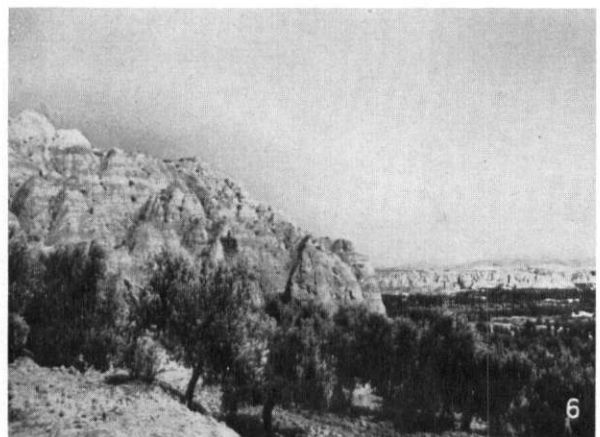
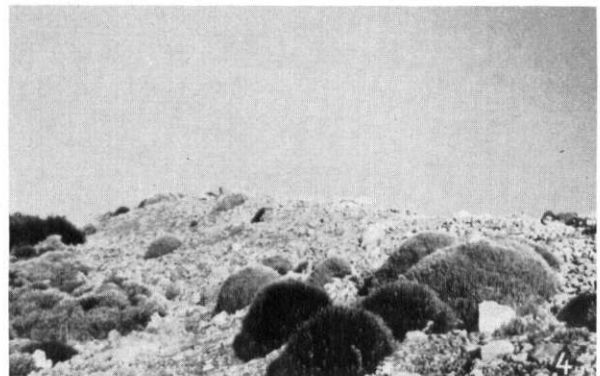


Bild 1: Kar des untersten Niveaus in 2150 m Höhe (westlich der Straße zum Veleta-Gipfel). Veleta mit Neuschnee im Hintergrund.

Bild 2: Kar des mittleren Niveaus in 2450 m Höhe (Prado Llano Borreguil) im Mittelgrund; im Vordergrund breite Fließerdewülste pleistozänen Alters. Blick nach Nordosten in Richtung Guadix.

Bild 3: Kar des obersten Niveaus in 2800 m Höhe (Cuerda de la Dehesa) im Neuschnee. Im Vordergrund undeutliche Formen der Frostbodenversetzung.

Bild 4: Pleistozäne Fließerdewülste am Hang in 1800 m Höhe. Vegetation dorniger Polstersträucher („Igelsträucher“) von *Astragalus Tragacantha* u. a.

Bild 5: Girlandenböden in 2800 m über NN.; kriechender *Juniperus sabina*; im Hintergrund der Kamm der Sierra Nevada im Neuschnee.

Bild 6: Pleistozäne Ablagerungen am Rand des Beckens von Guadix (südwestlich der Stadt). Im Vordergrund Kulturterrassen auf eiszeitlichen Schottern und lößähnlichem Lehm.

anzuschließen. Auch das sind fossile Formen, die heute lediglich durch ganz schwache Solifluktionsercheinungen da und dort überformt werden. Im übrigen liegt aber in dieser Höhe die Grenze der rezenten Frostbodenformen, worauf weiter unten noch näher eingegangen wird.

Das zweite „Karniveau“ im Nordwesten und Norden der Sierra Nevada Spaniens liegt ca. 2400—2500 m über NN. Die relative Frische dieser Formen in beiden Expositionen — Norden bis Osten (z. B. im Prado de las Monjas) und Nordwesten bis Westen (z. B. im Prado Llano Borreguil, (Bild 2) — ist ganz auffallend. Das überrascht insofern, als dieses „Karniveau“ ganz im Bereich rezenter Frostbodenabtragung liegt Kenntnis der jüngsten Entwicklungsgeschichte und daher in der Jetztzeit viel stärker umgestaltet wird als das tiefere Niveau. Es ist ausgeschlossen, daß diese Frische auf eine rezente oder subrezente Weiterbildung durch Schnee oder gar Firn und Eis zurückzuführen ist. In dieser Höhe gibt es nach den übereinstimmenden Feststellungen aller Beobachter nur in den Wintermonaten von Oktober bis April Schnee, der glazial-morphologisch so gut wie unwirksam ist.

Das höchste „Karniveau“ liegt in etwa 2750—2850 m über NN. Es ist geknüpft an die viel besuchten und untersuchten Gipfel der Sierra Nevada, Mulhacén (3478 m), Caldera (3136 m), Veleta (3392 m), Cartujo (Cuerda de la Dehasa, Bild 3) u. a. Die Frische der Formen und ihre Bindung an die Exposition sind von allen Beobachtern, insbesondere von *H. Paschinger* (1954 b), hinreichend beschrieben worden. Vor allem der Steilhang über dem See südlich des Veleta-Gipfels und nördlich des Mulhacéns haben Anlaß zu Diskussionen über die Möglichkeiten einer rezenten Formung durch Firnflecken gegeben<sup>1)</sup>. Es kann als sicher gelten, daß die Größe der heutigen Formen am und im Veleta-Kar oder am Mulhacén nicht das Ergebnis einer rezenten Formung ist, sondern daß die Hauptformung im Pleistozän stattgefunden hat.

Zusammenfassend halten wir als erstes Ergebnis, das gleichzeitig eine Erweiterung der bisherigen Vorstellungen über die Vereisung der Sierra Nevada darstellt, fest, daß wir an der Nordwest- und Nordseite des Hochgebirges Kare in drei Niveaus ausscheiden können. Ihr auffallend unterschiedliches Aussehen, verbunden mit einer klaren zonalen Anordnung, legt den Verdacht nahe, daß sie Ausdruck von Formungen mit ausgeprägter zeitlicher Diffe-

renzung sind. Diese Vermutung und die Frage, ob sie im Sinne von *H. Paschinger* (1954 b) als Anzeiger für würmeiszeitliche und spätglaziale Lagen der Schneegrenze gedeutet werden können, soll durch die Beobachtungen über die rezenten und fossilen Frostbodenformen geprüft werden.

Die untere Grenze fossiler Formen der Solifluktion liegt bei etwa 800 bis 1000 m. Eine Bindung dieser Formen an die Exposition ist nicht festzustellen. Der solifluidale Hangschutt ist im tieferen Abschnitt des Hochgebirges sehr inhomogen. In dem Feinerdekörper liegen Blöcke verschiedener Größe nebeneinander, wobei nicht selten eckige Formen von 0,5 m Durchmesser zu finden sind. Während die fossilen Solifluktionsformen in dieser Höhenlage — soweit ich sie kennenlernen konnte — ungegliedert oder unsortiert sind, trifft man an Hängen in etwa 1700 m Höhe sehr häufig auf terrassierte und geordnete Formen. So konnte ich z. B. in der Gegend von Carrabera Schutterrassen beobachten, die heute nicht mehr in Weiterbildung begriffen waren (Bild 4). Wenig höher (1850 m), bereits in der Glimmerschieferzone, lagen breite Fließerde-wülste. Ausbildung und Bewachung der Formen, z. T. mit einer dichten Decke von *JUNIPERUS SABINA*, bewiesen ihren fossilen Charakter.

Etwa in 2100 m Höhe beginnen die rezenten Solifluktionsformen. Es sind Girlandenböden (Bild 5), Sichelrasengebilde und Terrassen von stark zerkleinertem Glimmerschiefer, die den ganzen, flachen Anstieg zur Kammlinie ausfüllen. Strukturböden sind selten zu finden. Meist handelt es sich um stark deformierte Ringe, die vor allem auf den flachen Rücken nordwestlich des Veleta-Gipfels ab etwa 2700 m Höhe angetroffen werden können. Es ist nur schwer möglich, in dieser Stufe der rezenten Frostbodenstrukturen die eiszeitlichen Solifluktionsformen zu erkennen. Einige besonders breite Schuttakkumulationen in größeren Mulden scheinen pleistozänes Alter zu haben. Sie stellen Anfangsstadien der Terrassenbildung in den obersten Teilen der Hohlformen dar. Sie werden vor allem dann gut erkennbar, wenn der erste Neuschnee auf den erhabenen Teilen der Fließerdeanhäufung weggeschmolzen ist, an den geschützten Rändern dagegen erhalten bleibt (Bild 2). Stellenweise wird die Analyse dieser Formen dadurch erschwert, daß alte, wenig eingetiefte Hohlwege die Oberfläche gerade in den auslaufenden Tälern durchziehen und so Verwechslungen mit natürlichen Formen möglich sind.

Im übrigen sind die Formen der rezenten Solifluktion sehr dürftig, was ich vor allem auf die für ein Hochgebirge auffallend geringen Niederschlagsmengen sowie deren Verteilung zurück-

<sup>1)</sup> Vgl. die Zusammenstellung der Ergebnisse bei *Paschinger* (1954 a).

führe. Während der schneefreien Zeit, in der fast ausschließlich die Frostbodenwanderungen stattfinden können, fällt nur selten Regen, so daß der Motor der Bewegungen, die Eisbildung, stark gehemmt ist<sup>2)</sup>.

Faßt man diese Beobachtungen über die Solifluktionsformen zusammen, so kann im Hinblick auf eine Bestimmung der jetzt- und vorzeitlichen geomorphologischen Höhenstufung in der Sierra Nevada als wichtigstes festgehalten werden:

1. Die maximale pleistozäne Frostschuttwanderung reicht unter 37° N in Spanien bis etwa 800—1000 m über NN.
2. Die jetztzeitlichen Periglazial-Erscheinungen stoßen bei etwa 2100 m unmittelbar an die untersten eiszeitlichen Kare.

Eine Sonderstellung, die mit den Periglazialformen eng zusammenhängt, nehmen die pleistozänen Schotterfluren ein. Auch mir ist es trotz besonderer Obacht auf diese Formen nicht gelungen, sicher datierbare eiszeitliche Terrassen im zentralen Teil des Gebirges zu finden. Ich kann daher die Ergebnisse von *Siegert* (1905), *Quelle* (1908) oder *Schmidt* (1931) nur bestätigen. Es ist allerdings auch unwahrscheinlich, daß größere Schuttmengen in den Tälern des Gebirges sich ansammeln konnten. Dazu sind die Reliefenergie auf kurzer Strecke und das Gefälle auch der vorglazialen Täler viel zu groß<sup>3)</sup>. Wer im engen, steilwandigen und tiefeingeschnittenen Genital bei Granada gestanden hat, bezweifelt, daß selbst hier — am Rande des Hauptkammes — die Möglichkeiten zu einer Akkumulation nennenswerten Ausmaßes während des Pleistozäns gegeben waren. Kleinere Ablagerungen wurden aber durch die heftigen Abflüsse nach Starkregen in der Jetztzeit beseitigt. Großflächige Sedimentation dürfte erst in den Becken und breiten Längstälern zwischen den betischen Ketten weiter nördlich und nordöstlich möglich gewesen sein. So bin ich sicher, daß die Ablagerungen im Becken von Guadix, insbesondere südwestlich und westlich der Stadt, Formen des pleistozänen Aufschüttungsvorganges darstellen (Bild 6). Die Frage nach einer glazigenen Entstehung, etwa als Grundmoräne, hat bereits *Siegert* (1905, insbesondere S. 593—594) verneint und entsprechende Beweise dafür gebracht. Ich kann das aus eigener Anschauung nur bestätigen. Vielmehr legt die Beobachtung über die streckenweise sehr deutliche Schichtung des Ma-

terials, die übrigens auch *Siegert* erkannt hat, die Annahme einer fluviatilen Entstehung nahe.

Es scheint mir auch nicht schwierig zu sein, die Frage nach dem Alter der Ablagerungen zu beantworten. Für eine junge Entstehung der Sedimente spricht die Tatsache, daß die Schotter und Schuttstücke des Glimmerschiefers, der ja sehr rasch zu feinem Material verwittert, noch sehr gut erhalten sind. Rezent oder subrezent sind die Ablagerungen sicher nicht, denn sie bilden Schotterterrassen über den heutigen Torrentenbetten. Diese Terrassen enden am unteren Rand des eigentlichen Anstiegs zur Sierra Nevada sehr scharf, genau an der Stelle, wo die Steilformen des Hochgebirges (Hänge, Talböden) in die Flachformen der Ebenen des nördlichen Vorlandes übergehen. Interessant ist, daß aus dieser Schotteranhäufung nicht nur eine Terrasse herausgeschnitten ist, sondern daß man häufig mehrere Niveaus übereinander antrifft (z. B. südwestlich von Guadix, Bild 6). Sie sind allerdings nicht durchlaufend zu verfolgen, sondern enden blind. Letzteres ist offensichtlich eine Folge der jetztzeitlichen Torrentenabflüsse, für deren vielgestaltige Formungsvorgänge ich zahlreiche Belege im mediterranen Spanien sammeln konnte (*Hempel*, 1958). Inwieweit die Niveaus als Zeugen einer mehrphasigen Akkumulation und damit auch einer mehrzyklischen Klimageschichte gewertet werden dürfen, müßte noch untersucht werden. Der Verdacht liegt jedenfalls nahe.

Zusammengefaßt spricht alles für ein pleistozänes Alter der Sedimente, so daß wir in dieser, häufig als Guadix-Formation bezeichneten Serie die den pleistozänen Abtragungsvorgängen im Hochgebirge korrelierten Ablagerungen sehen müssen. Die lößähnlichen Bildungen in dieser Formation, die auch *Siegert* beschrieben und in denen später *Zaborski* (zitiert bei *Praesent* 1934, S. 19) offensichtlich eine Art Lössbrunnenerosion beobachtet hat, würden diese Datierung weiter stützen.

Wie liegen die Ergebnisse dieser Beobachtungen nun zu denen über klimamorphologische Höhen Grenzen, die andere Autoren zwischen Europa und Afrika gefunden haben?

#### *Der Beitrag zur klimamorphologischen Höhenstufung*

Mit den Beobachtungen in der Sierra Nevada dürfte die Reihe der Untersuchungsergebnisse über die geomorphologische Höhenstufung der Hochgebirge in extremer Südlage im Mittelmeerbereich vollständig sein. Es liegt mir fern, den vielen Konstruktions- bzw. Rekonstruktionsversuchen der geomorphologischen Höhenstufen für die Jetztzeit bzw. für das Pleistozän eine weitere hinzuzufügen, zumal meine Beobachtungen nur einen Teil der Sierra Nevada betreffen. Mit manchen Beob-

<sup>2)</sup> Nach den Angaben von *Carandell* (1934) wurden an der Westseite des Veleta-Gipfels 1800 mm Niederschlag im Jahr gemessen. Davon fallen in der schneefreien Zeit von April bis Oktober nur rund 300—400 mm.

<sup>3)</sup> Vgl. dazu *Solé Sabarí* (1952) und *H. Paschinger* (1957).

achtungen stimmen meine Ergebnisse überein, zu manchem Versuch der Höhengliederung von Europa nach Afrika „passen“ sie nicht.

Volle Übereinstimmung herrscht zwischen den Formengrenzen in der Sierra Nevada und den Verhältnissen in Süditalien und auf Sizilien, die *Büdel* (1951) beschrieben hat. Hier wie dort liegt die pleistozäne Solifluktionsgrenze unter  $37\text{--}38^\circ\text{N}$  bei  $800\text{--}1000\text{ m}$  über NN. Die Formen der rezenten Solifluktion reichen im „Schneegebirge“ Südspaniens bis auf  $2100\text{ m}$  herab. Am Ätna liegt diese Höhengrenze bei etwa  $1850\text{ m}$ .

Etwa gleiche Höhengrenzen konnte *Poser* (1957) auf den Gebirgen Kretas finden. Die Bedenken *Posers* (1957, S. 128), betreffend die Festlegung einer Höhengrenze der pleistozänen Solifluktionszone auf Kreta, teile ich nicht. Seine Beobachtungen (1957) stimmen sehr gut mit den Ergebnissen überein, die ich auf Grund zahlreicher Einzelstudien (1955; 1957) über die Periglazial-Erscheinungen im Kalk Deutschlands gewonnen habe. Die Solifluktionsformen sind allenthalben in kalkigen Gesteinen sehr schwach ausgebildet, was u. a. mit einer Wasserdurchlässigkeit des Kalkes auch während des Pleistozäns erklärt werden kann. Damit müssen schon kleinere, unscheinbare Solifluktionsformen im Kalk als beweiskräftige Indikatoren für eine Höhengliederung gewertet werden.

So sehe ich die Untergrenze der Bodenfließformen während der Kaltzeit auf Kreta bis  $800\text{ m}$  als sicher an, was den Verhältnissen im südspanischen Hochgebirge entspricht. Damit entfiere auch die Notwendigkeit für eine Hilfestellung, die *Poser* der klimatischen Höhenstufung durch die Einschaltung einer „kühl-klimatischen Abteilung“ zwischen die kalte und warme Zone geben will. Im übrigen sind auch in der Sierra Nevada die pleistozänen Formen nicht sonderlich gut ausgebildet und damit sichtbar. Ich führe dies auf die sehr geringen Niederschläge in den Sommermonaten zurück. Nur in dieser Zeit sind die stärksten formenbildenden Temperatureinflüsse wegen der Schneefreiheit der Oberfläche möglich. Diese Kräfte können aber nicht voll im Boden zur Wirkung kommen, weil gerade in der Sommerzeit nur wenig Wasser in den obersten, fast nur aus grobem Schutt bestehenden Schichten vorhanden ist, so daß die Tageszeitensolifluktion, die nur in den obersten Bodenschichten wirkt, gehemmt wird. Eine gewisse Ankurbelung der Frostbodenversetzungen kann örtlich durch größere Anhäufungen von Feinerdematerial, also wasserhaltigem, verwittertem Glimmerschiefer, zustande kommen, wie ich das verschiedentlich an der Nordwestecke des Gebirges gesehen habe. Bei solchen Beobachtungsschwierigkeiten ist es auch nicht verwunder-

lich, wenn *Jaranoff* die Untergrenze des rezenten Strukturbodens in der Sierra Nevada irrtümlich mit über  $3000\text{ m}$  angibt (*Troll*, 1944, S. 554). Sie liegt in Wirklichkeit mindestens  $500\text{ m}$  tiefer.

Dieser Übereinstimmung der Höhenstufung im Mittelmeer von Kreta (*Poser*, 1957) über Süditalien und Sizilien (*Büdel*, 1951) bis Südspanien steht die Diskrepanz zu den Konstruktionen von *Klaer* (1956) gegenüber. Die Kurven für die Schnee- und Solifluktionsgrenzen, die *Klaer* in Figur 8 (1956, S. 95) von den Alpen über das von ihm untersuchte Korsika zum Hohen Atlas zieht, liegen unter  $37^\circ\text{N}$  alle zu hoch, ein Fehler, der übrigens bei Verwendung der *Büdel*schen Ergebnisse von 1951 leicht hätte vermieden werden können. So sind die eiszeitliche untere Solifluktionsgrenze um  $600\text{ m}$ , die rezente untere Solifluktionsgrenze um  $300\text{--}400\text{ m}$  und die eiszeitliche Schneegrenze um  $600\text{--}700\text{ m}$  zu hoch angegeben. Damit entfällt nicht nur der sehr elegant wirkende stetige Anstieg aller Grenzen von den gemäßigten Breiten Europas bis zum Rand des Trockengürtels von Afrika. Auch die Zone, in der rezente und eiszeitliche Solifluktion formenbildend tätig sind bzw. waren, existiert mit dem Zusammenfallen von rezenter unterer Solifluktionsgrenze und tiefster eiszeitlicher Schneegrenze, über die weiter unten noch einige Bemerkungen gemacht werden, mindestens während der Maximalvereisung der Sierra Nevada nicht. Sie soll nach *Klaer* in Höhe der Sierra Nevada etwa  $400\text{ m}$  breit sein. Damit entfällt auch ein Teil der Folgerungen, die *Klaer* insbesondere für die Abnahme der Depression von kaltzeitlicher und warmzeitlicher Solifluktionsgrenze im westlichen Mittelmeerraum gezogen hat. Es ist überhaupt zweckmäßig, die Berechnung eines Mittelwertes für die Depressionsspanne pro Breitengrad aufzugeben, denn er entspricht nicht der Wirklichkeit. So sind auch die Angaben von *Hövermann* (1954, S. 108) über das Ansteigen der „Untergrenze rezenter Frostbodenversetzungserscheinungen“ von Mitteleuropa bis Nordafrika von etwa  $70\text{ m}$  pro Breitengrad in dieser allgemeinen Form falsch, mindestens aber irreführend.

Wie liegen nun die Verhältnisse für die pleistozänen Schneegrenzen? Die angelegten Karformen, insbesondere ihre Frische, sind in verschiedenen Höhenlagen sehr unterschiedlich. Bei einer Zusammenstellung gleicher oder doch sehr ähnlich ausgebildeter Kare ergibt sich eine Gruppierung in bestimmten Höhen ( $2200\text{ m}$ ,  $2500\text{ m}$ ,  $2900\text{ m}$ ), so daß eine zeitliche Differenzierung in der Entstehung und eine Verbindung zu entsprechenden Schneegrenzenlagen berechtigt erscheint. Dies wird durch die Beobachtungen von *H. Paschinger* (1954 b) über die Moränen

nachdrücklich bestätigt. Bekannt war die Schneegrenze in 2500 m Höhe, die schon von *Obermaier* (1921, S. 161) errechnet worden war und die auch *H. Paschinger* (1954 b, S. 63) angegeben hat. Es kann aber auf Grund der sehr einheitlich ausgeprägten Formen in den Karen in etwa 2800 m Höhe als erwiesen gelten, daß auch in dieser Höhe längere Zeit eine Schneegrenze gelegen hat, die dem tiefsten Spätglazial — vergleiche dazu *Paschingers* Angaben 1954 — zugeordnet werden kann. Beide Schneegrenzen — die in 2500 m und die in 2900 m — sind klimatisch bedingte Formen und nicht an besondere orographische Situationen geknüpfte Erscheinungen. Die Lage in allen an einem Nordhang möglichen Expositionen — von Westen über Norden bis Osten — dürfte ein Beweis dafür sein.

Während diese beiden höheren Karreihen ganz sicher von der würmzeitlichen Eisformung betroffen waren, wie die aufgefundenen Formen beweisen, scheint das für die Kare in 2100—2200 m nicht zu gelten. Sie, was die Gestaltung anbetrifft, zu den höheren Karen zu zählen, geht wegen der großen Unterschiede in den Formen nicht. Zudem liegen die Kare in West-, ja sogar Südwestexposition in 2100 m Höhe. Dazugehörige gleichalte Formen in nördlicher Exposition müßten noch tiefer liegen und könnten nicht mit Karen in 2400 bis 2500 m Höhe identisch sein. Vor allem aber weisen Lage und Erstreckung der von *H. Paschinger* (1954 b, Karte) als würmzeitlich datierten Moräne am Rio Monachil darauf hin, daß diese beiden Kare auf jeden Fall älter sein müssen als die Moränen. Es kommt hinzu, daß die Karformen dieses Niveaus auffallend stark abgerundet sind. Dies kann nicht allein durch die Frostbodenversetzungen in der Jetztzeit, die ja in gleichem Maße auch die höheren Kare betreffen, sowie jene periglazialen Formungen, die im Spätglazial auch im Bereich der Karreihe in 2500 m wirksam gewesen sind, erklärt werden. Es müssen hier noch länger andauernde Abtragungsvorgänge stattgefunden haben.

Damit scheidet auch die Möglichkeit aus, die tiefere Karreihe als Ergebnis der Massenerhebungswirkung zu erklären, was bei den kleinen horizontalen und großen vertikalen Abständen der „Karniveaus“ ohnehin allen Erfahrungen über den Einfluß der Massenerhebung auf die Schneegrenze in anderen Hochgebirgen der Erde widersprechen würde.

Es bleibt m. E. nur die Möglichkeit, diese älteren Vorgänge dem hohen Würmglazial zuzuordnen. Man kann in der Festlegung der relativen zeitlichen Abfolge vielleicht noch etwas mehr aussagen. Der Gegensatz zwischen den stark zerstörten Karen in 2100 m Höhe und denen mit frischen

Formen in 2500 m bzw. 2900 m Höhe ist so ausgeprägt, daß er eigentlich nicht schöner sein kann. So bietet sich der Gedanke an, einen großen zeitlichen Zwischenraum zwischen die Entstehung dieser beiden Glazialformen zu schieben. Einer älteren Vereisung mit einer Schneegrenze in etwa 2200 m bei West- bis Südwestexposition — etwa 2000 m bei Nord- bis Ostexposition — stehen zwei jüngere Vereisungsphasen gegenüber. Der zeitliche Abstand der beiden jüngeren zur älteren scheint offensichtlich größer zu sein als der der beiden jüngeren untereinander.

Legt man die Beobachtungen von *H. Paschinger* (1954 b) über die Moränen in den Karen und seine gut fundierten Aussagen über die Schneegrenze am Nordhang der Sierra Nevada zu bestimmten Zeiten zu Grunde, so kommt man zu folgendem Bild:

1. Heutige Schneegrenze: über 3500 m
2. höchste Lage im Spätglazial  
(nur im Westen des Hochgebirges): etwa 3200 m
3. tiefste Lage im Spätglazial: 2850 m
4. in der Würmeiszeit: 2400 bis 2500 m
5. in der Älteren Vereisung unbekanntes Alters  
für W- und SW-Exposition: 2200 m  
für N- und E-Exposition geschätzt: 2000 m

Mit dieser Aufstellung dürfte aber auch die Aussagegrenze beim derzeitigen Stand der regionalen Forschung im südspanischen Schneegebirge erreicht sein. Ob die würmeiszeitliche Schneegrenzlinie, die *H. Paschinger* (1954 b, S. 63—64) auf Grund seiner Beobachtungen und denen von *Klebelberg* (1928) sowie von *Lautensach* (1941) vom Westen der Iberischen Halbinsel bis zur Sierra Nevada zieht, an den von ihm benutzten Verbindungspunkten richtig eingehängt ist, müßte nachgeprüft werden. Auch die zeitliche Einordnung der älteren Vereisung muß offen bleiben.

Überblicken wir die Angaben über die eiszeitlichen Schneegrenzen in der Sierra Nevada und vergleichen sie mit denen aus anderen Teilen Südeuropas und Nordafrikas, so kann von einer Linearität im Ansteigen der Klimagrenzen von Norden nach Süden auch im Mittelmeerraum keine Rede sein. Damit gehören die Beobachtungen aus dem Nordteil der Sierra Nevada in die Reihe jener Untersuchungen, bei denen den mehr lokalen Einflüssen bei der Ausbildung der klimatischen und damit geomorphologischen Höhenstufen Gewicht beigemessen wird. Die noch lückenhaften Befunde in Südspanien gestatten es allerdings nicht, eine der sehr detaillierten Angaben über die Klimageschichte Kretas von *Poser* gleichwertige Analyse für das westliche Mittelmeer zur Seite zu stellen. Es soll versucht werden, diese Lücke durch weitere Beobachtungen zu schließen.

## Schrifttum

Büdel, J.: Klima-morphologische Beobachtungen in Süditalien. (Vorbericht, Beiträge zur Geomorphologie der Klimazonen und Vorzeitklimata VI), — Erdkunde, 1951, S. 73—76.

Carandell, J.: El habitat en la Sierra Nevada. — Bol. de la Soc. Geogr. Nacional, Madrid, 74, Nr. 11, 1934.

García Sainz, J.: El glaciario cuaternario de Sierra Nevada. — Estudios Geográficos, t. IV, 11, Madrid 1943, S. 233—254.

Hempel, L.: Studien über Verwitterung und Formenbildung im Muschelkalkgestein. Ein Beitrag zur klimatischen Morphologie. — Göttinger Geographische Abhandlungen, Heft 18, 1955.

—: Gesteinsstruktur und klimatisch bedingte Formungstendenzen — ihre Bedeutung für das Aussehen von Muschelkalklandschaften, — Deutscher Geographentag Hamburg 1955. Tagungsbericht und wiss. Abh., 1957, S. 331—337.

—: Rezente und fossile Zertalungsformen im mediterranen Spanien. — Die Erde, 1958 (im Druck).

Hövermann, J.: Über glaziale und „periglaziale“ Erscheinungen in Erithrea und Nordabessinien. — Veröff. d. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Band 28, 1954, S. 87—111.

Klaer, W.: Verwitterungsformen im Granit auf Korsika. — Petermanns Geographische Mitteilungen. Erg. — Heft 261, Gotha 1956.

Klebensberg, R. v.: Beiträge zur Geologie der Sierras zwischen Granada und Malaga. — Ztschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 80, 1928, S. 535—616.

Lautensach, H.: Portugal in der Eiszeit. — Ztschr. für Gletscherkunde, 28, 1941, S. 20—59.

Obermaier, H.: Die eiszeitliche Vergletscherung Spaniens. — Petermanns Geographische Mitteilungen, 1921, S. 158—162.

Obermaier, H., und J. Carandell: Los glaciares cuaternarios de la Sierra Nevada. — Trabajos mus. Nac. Ci. Nat., Ser. geol., 17, Madrid 1916.

Paschinger, H.: Der südlichste Gletscher Europas. — Ztschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, III, 1, 1954, S. 39—46 (= 1954 a).

—: Würmvereisung und Spätglacial in der Sierra Nevada (Spanien). — Ztschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, III, 1, 1954, S. 55—67 (= 1954 b).

—: Morphologische Studien in der Hauptgruppe der spanischen Sierra Nevada. — Mitt. d. Geographischen Ges. in Wien, 99, II/III, 1957, S. 199—203.

Poser, H.: Klimamorphologische Probleme auf Kreta. — Ztschr. f. Geomorphologie, 1957, S. 113—142.

Praesent, H.: Neue Forschung im Felde. Zaboriskis geographische Studienreise in Süds Spanien. Petermanns Geographische Mitteilungen, 1934, S. 19.

Quelle, O.: Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada. — Ztschr. d. Ges. für Erdkunde zu Berlin, 1908, S. 294—316 und 407—426.

Rein, J.: Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada. — Abh. d. k. k. Geographischen Ges. zu Wien, 1899, S. 183—326.

Schmidt, E.: Die Sierra Nevada. — Ztschr. d. Dt. und Österr. Alpenvereins, 62, 1931, S. 149—157.

Sermet, J.: Sierra Nevada. — Estudios Geográficos, t. III, 9, Madrid 1942, S. 727—747.

Siegert, L.: Das Becken von Guadix und Baza. — Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 1905, S. 528—554 und 586—614.

Solé Sabaris, L.: Morfologia comparada de los Pirineos y las Cordilleras Béticas. — Mem. de la Real Ac. de Ciencias y Artes Barcelona, XXXI, 1, 1952.

Troll, C.: Strukturboden, Solifluktion und Frostklimata der Erde. — Geologische Rundschau, 1944, S. 545—694.

## BERICHTE UND KLEINE MITTEILUNGEN

JOHANN AUGUST ZEUNE DER HAUPT-  
VERTRETER DER „REINEN“ GEOGRAPHIE

Helmut Preuß

An der Schwelle vom achtzehnten zum neunzehnten Jahrhundert vollzog sich in der Geographie der bedeutsame Wandel von der Erdbeschreibung eines A. F. Büsching zu der „Erdkunde“ von Carl Ritter. Vor Ritters epochemachendem Werk (1817/1818) erschien 1908 ein geographisches Handbuch von Johann August Zeune unter dem Titel „Gea. Versuch einer wissenschaftlichen Erdbeschreibung“, das zeitlich und sachlich zwischen dem Alten und dem Neuen steht.

Zeune wurde 1778 zu Wittenberg geboren und studierte dort Theologie. 1802 promovierte er bei dem Historiker J. M. Schröckh mit der Dissertatio historica „de historia Geographiae“, womit er sich zugleich das Recht eines „Magister legendis“ erwarb. Schon im nächsten Jahre siedelte er nach Berlin über und begründete hier im Jahre 1806 die erste Blindenanstalt Deutschlands, die er bis 1847, sechs Jahre vor seinem Tode (1853), leitete. Schon in den ersten Berliner Jahren war Zeune durch seine Karte: „Gea oder die Erde vom Monde aus gesehen“ (sie ist später seinem Hauptwerk „Gea“ beigefügt) in Fachkreisen bekannt

geworden und besaß ein verhältnismäßig großes Ansehen, so daß ihn der bekannte Naturforscher Blumenbach der Londoner Afrikanischen Gesellschaft für eine Expedition zur Entdeckung der Nigermündung vorschlug. Hieraus wurde aber nichts, da Mungo Park von seiner zweiten Reise nicht zurückkehrte. In seinem Reisetagebuch (Herciniareise) berichtet Zeune auch über seine Bekanntschaft mit Salzmann in Schnepfenthal, der ihm einen Kompaß schenkt, womit Zeune dann seine Untersuchungen über die Abweichung der Kompaßnadel bei verschiedenen Basalten macht (78). Als dann im August 1810 der Physiker und Mathematiker Jungius, der erste deutsche Luftschiffer, aufstieg, wählte er ebenfalls Zeune zu seinem einzigen Begleiter. Bei dieser Ballonfahrt bestätigten sich die Beobachtungen, die Gay-Lussac im Jahre 1804 und A. v. Humboldt über die Abnahme der Temperatur in der Höhe gemacht hatten (22, 74c S. 26<sup>1</sup>)).

Neben seinen geographischen Arbeiten — außer der „Gea“ haben auch die „Erdansichten“, die in Anlehnung an die Doktordissertation entstanden, und seine kartographischen Versuche Bedeutung gehabt — beschäftigte sich Zeune mit germanistischen Studien und vertrat dieses Fach von 1810 bis 1835, jahrelang so-

<sup>1</sup>) Hier wird irrtümlicherweise das Jahr 1820 genannt.