

43. Schmid, E.: „Beiträge zur Siedlungs- und Wirtschaftsgeographie des Kantons Thurgau“, Schr. d. Ver. f. Gesch. d. Bodensees 47, 1918.
44. Schoch, A.: „Beiträge zur Siedlungs- und Wirtschaftsgeographie des Zürichseegebietes“, XVII. Jahresbericht der Geograph.-Ethnograph. Ges. in Zürich 1917.
45. Schröder, K. H.: „Die Flurformen in Württemberg und Hohenzollern“, Tübingen 1943.
46. Schwab, H.: „Das Bauernhaus in der Schweiz“, Basel 1931.
47. Schwarz, G.: „Geographische Zusammenhänge der Verkoppelung in Niedersachsen“, Deutscher Geographentag Essen, Tagungsberichte und wissenschaftl. Abhandl., Wiesbaden 1955.
48. Schweizer Baublatt Nr. 41, Sondernummer Kulturtechnik. Ruschlikon-Zürich 1954.
49. Sanktgallisches Mittellrheintal, Grundlagen zur Regionalplanung des —. Arbeiten aus dem Inst. f. Landesplanung, Zürich 1948.
50. Sick, W.-D.: „Die Vereinödung im nördlichen Bodenseegebiet“, Württ. Jahrb. f. Statistik und Landeskunde 1951/52.
51. Sommerauer, W.: „Betriebswirtschaftliche Auswirkungen und Erfolge der Bodenmelioration in einer Gemeinde des Aargauer Tafeljuras“, Diss. Zürich 1951.
52. Steinemann, H.: „Geschichte der Dorfverfassungen im Kanton Zürich“, Diss. Zürich 1932.
53. Straub, R.: „Die wirtschaftlichen und soziologischen Auswirkungen der Güterzusammenlegung in der Schweiz“, Luzern 1953.
54. Tanner, E.: „Aktuelle Meliorationsfragen“, Schweiz. Landw. Monatshefte 31. Jg. 1953, Nr. 8, S. 301.
55. Winkler, E.: „Veränderungen der Kulturlandschaft im zürcherischen Glattal“, Diss. Zürich 1936.
56. Zürich, 50 Jahre kulturtechn. Dienst im Kanton — 1898—1948. Hgg. vom Kantonalen Meliorations- und Vermessungsamt.
57. Huber, Alfr.: Der Privatwald in der Schweiz, Zürich 1948.

KARST UND TERRA ROSSA AUF MALLORCA

H. Mensching

Mit 1 Abbildung und 5 Bildern

Karst and terra rossa on the Isle of Majorca

Summary: In September 1954, the author investigated the Mediterranean karst, the terra rossa and the quaternary gravel sheets in the coastal mountains of Majorca, the largest of the Balearic Islands. He concluded that the Mediterranean terra rossa must be viewed in genetical and chronological connexion with the quaternary gravel sheets. The karst features also belong mainly to the series of landforms which owe their origin to quaternary conditions.

In the coastal mountains of Majorca the slopes above 500 m. are frequently covered by thick gravel sheets in conjunction with terra rossa; these have also filled the extensive karst depressions and poljes. These red-earth gravel sheets must have originated in the last quaternary (Würm) period. It is assumed that the quaternary glacial periods, which on the isle were just effective as pluvial periods, offered particularly favourable conditions for the formation of the Mediterranean terra rossa. By largely fluvial transport this quaternary terra rossa was brought into the central plain of Majorca, which today is covered by a soil of striking red colour.

Besides the extensive karst depressions and quaternary karst caves on the coast of the Sierra de Levante (Artá and Porto Cristo) there are also found post-quaternary sharp-edged karren of pyramidal shape which occur in impressive karren fields in the coastal mountains especially at an altitude of 800-1,000 m.

During the Pleistocene glacial periods, the Isle of Majorca occupied a transitional position between the cold zones of Middle Europe and North Africa where pluvial conditions prevailed.

Moderne morphologische Untersuchungen, insbesondere zur Klima-Morphologie, fehlen von der größten spanischen Baleareninsel Mallorca vollständig. Dabei bietet diese Insel eine Fülle von Problemen dieser Art, die sich dem Besucher schon bei einer Fahrt durch die Insel aufdrängen.

Ihre Lage, nur wenig südlich des 40. Breitenkreises, macht Mallorca zudem zu einem sehr wichtigen Untersuchungsgebiet im Übergangsraum des westlichen Mittelmeeres zwischen den nordafrikanischen Atlas-Ländern und dem nördlichen mitteleuropäischen Raum. Diese Lage ermöglicht es z. B., neben dem Studium der rezenten Formenwelt, den Anstieg der klima-morphologischen Grenzlinien (insbesondere der Höhenlage der unteren Solifluktionsgrenze) während der letzten Kaltzeit des Pleistozäns vom mitteleuropäischen Periglazialgebiet zum nordafrikanischen Pluvialbereich zu kontrollieren. Dazu ist die Insel Mallorca deswegen geeignet, weil sie an ihrer Nordwestseite ein Gebirge besitzt, dessen Gipfelzone mit mehreren Erhebungen über 1000 m hoch liegt und damit in einen Höhenbereich hineinragt, der im Pleistozän auch der vertikalen Verschiebung der klima-morphologischen Höhengürtel unterlegen war. Da sich nun während der Kaltzeiten gerade im Mittelmeerraum der Übergang von den „Glazialzeiten“ Mitteleuropas zu den „Pluvialzeiten“ Nordafrikas vollzogen haben muß, kann es von Bedeutung sein, dort Hinweise für dieses Problem zu erhalten.

Während einer Reise nach Mallorca im September 1954 hatte es sich der Verf. u. a. zur Aufgabe gestellt, zu den angedeuteten Fragen Beobachtungen zu sammeln, die seine Untersuchungen in den Gebirgen Nordafrikas ergänzen könnten. Hinweise darauf bot auch schon die länderkundliche Darstellung Spaniens von H. Lautensach (5).

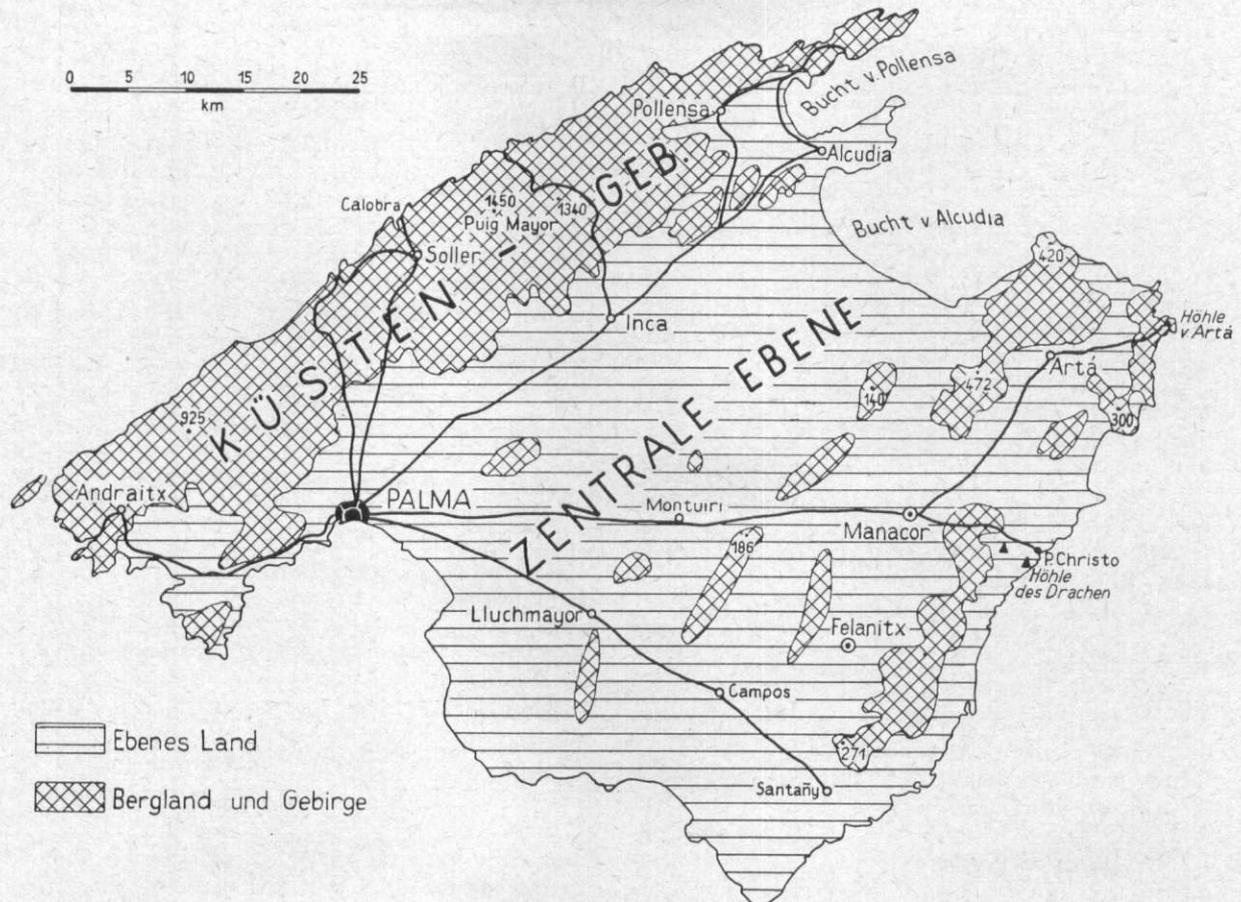


Abb. 1: Übersichtskarte von Mallorca

Dort wird von Breccianschichten, die durch Rotterlagen voneinander getrennt sind, von Schutthalden und auch von Poljen berichtet, die aber nicht näher untersucht und auch nur beiläufig erwähnt sind. Zwar reichte die zur Verfügung stehende Zeit nicht aus, ganz Mallorca auf diese Probleme hin zu untersuchen (die Insel umfaßt 3600 qkm Fläche), doch wurden an verschiedenen Stellen Beobachtungen gesammelt, die eine Veröffentlichung dieser Mitteilung rechtfertigen. Dabei sollen die Betrachtungen an dieser Stelle eine Beschränkung auf drei auffällige Erscheinungen im Landschaftsbild Mallorcas erfahren: auf die weitverbreitete mediterrane Terra rossa, auf den Karst in den Gebirgsregionen und auf deren Schuttdecken. Diese Erscheinungen stehen keinesfalls ohne Zusammenhang nebeneinander, sondern können chronologisch wie genetisch im Gesamtrahmen der klima-morphologischen Entwicklung Mallorcas und darüber hinaus auch im System der eiszeitlichen Verschiebung der Klimazonen im westlichen Mittelmeergebiet betrachtet werden.

Terra rossa wie auch der Karst müssen dem geographisch interessierten Besucher der Insel so-

fort auffallen. Das betrifft rein flächenmäßig besonders die Roterde, die den größten Teil der zentralen Ebene Mallorcas überdeckt und in der Fruchtbaumlanschaft des Secano-Gebietes besonders auffällig wird, wenn in den Herbstmonaten unter den unübersehbaren Mandelpflanzungen der Boden für die Wintersaat des Getreides gepflügt ist und dann kräftig rot erscheint. Auf die Karsterscheinungen wird der Besucher aufmerksam, wenn er die östlichen, wenig hohen Bergketten der Sierra de Levante aufsucht und wenn er von den touristenfreundlichen Mallorkinern auf die zahlreichen Höhlen der Insel aufmerksam gemacht wird. Doch wenige werden nur das Gebiet des Karstes kennenlernen, der im Küstengebirge des Nordens im Bereich der Ostflanke des Puig Mayor (1445 m) eine bizarre Formenwelt hat entstehen lassen, die in ihren scharfkantigen Karrenfeldern und den spitzen Karrengraten an Kleinformen aus dem tropischen Karst, wie er etwa in der Abb. 4 bei H. Lehmann (1954, S. 137), gezeigt ist, erinnert. Dieses Gebiet wurde erst vor zehn Jahren durch den Bau einer Straße von Inca zur Cala de Calobra quer durch das

Küstengebirge leicht zugänglich. Diese Tatsache dürfte der Grund dafür sein, daß bisher m. W. nirgends über diesen Karst berichtet worden ist.

1. Die verschiedenen Vorkommen von Karst,
Terra rossa und Schuttdecken.

a) Beschreibung der Karsterscheinungen.

Der Karst auf Mallorca ist an die mesozoischen Kalkgesteine, vornehmlich des Jura, gebunden. Einerseits wird von diesen Gesteinen die Cordillere an der schroff abfallenden Nordwestseite der Insel aufgebaut, andererseits durchragen mesozoische Hügel die zentrale Ebene und formieren sich an der Ostküste zur Sierra de Levante. Die nordwestliche Küstenkordillere, das Hauptgebirge Mallorcas, baut sich aus Überschiebungen und Schuppen von Jurakalk auf, in die bei der Faltung Melaphyre eingedrungen sind, die im Puig Mayor zur höchsten Erhebung der Insel aufragen (5). Durch diese nordwestlich gerichteten Überschiebungen ist das Gebirge küstenparallel gegliedert; durch mehrere tiefeingeschnittene Täler wird dieser Aufbau noch unterstrichen. Nur wenige und sehr kurze obsequente Flußtäler sind direkt zur Küste gerichtet. Ihre Torrentenbetten sind zumeist schluchtartig eingekerbt, mit steilen, oft mehrere hundert Meter hohen Wänden und sommertrockenen Flußläufen. Bis auf eine um 1000 m Höhe beginnende Felsregion, in der der Baumwuchs mehr orographisch als klimatisch bedingt fehlt, ist das Küstengebirge ein an Aleppo-Kiefern reiches Waldgebirge, wie es sonst selten so schön in diesen Breiten zu finden ist. Überhaupt ist der Reichtum der Insel Mallorca an Kiefernwald eines ihrer markantesten Merkmale.

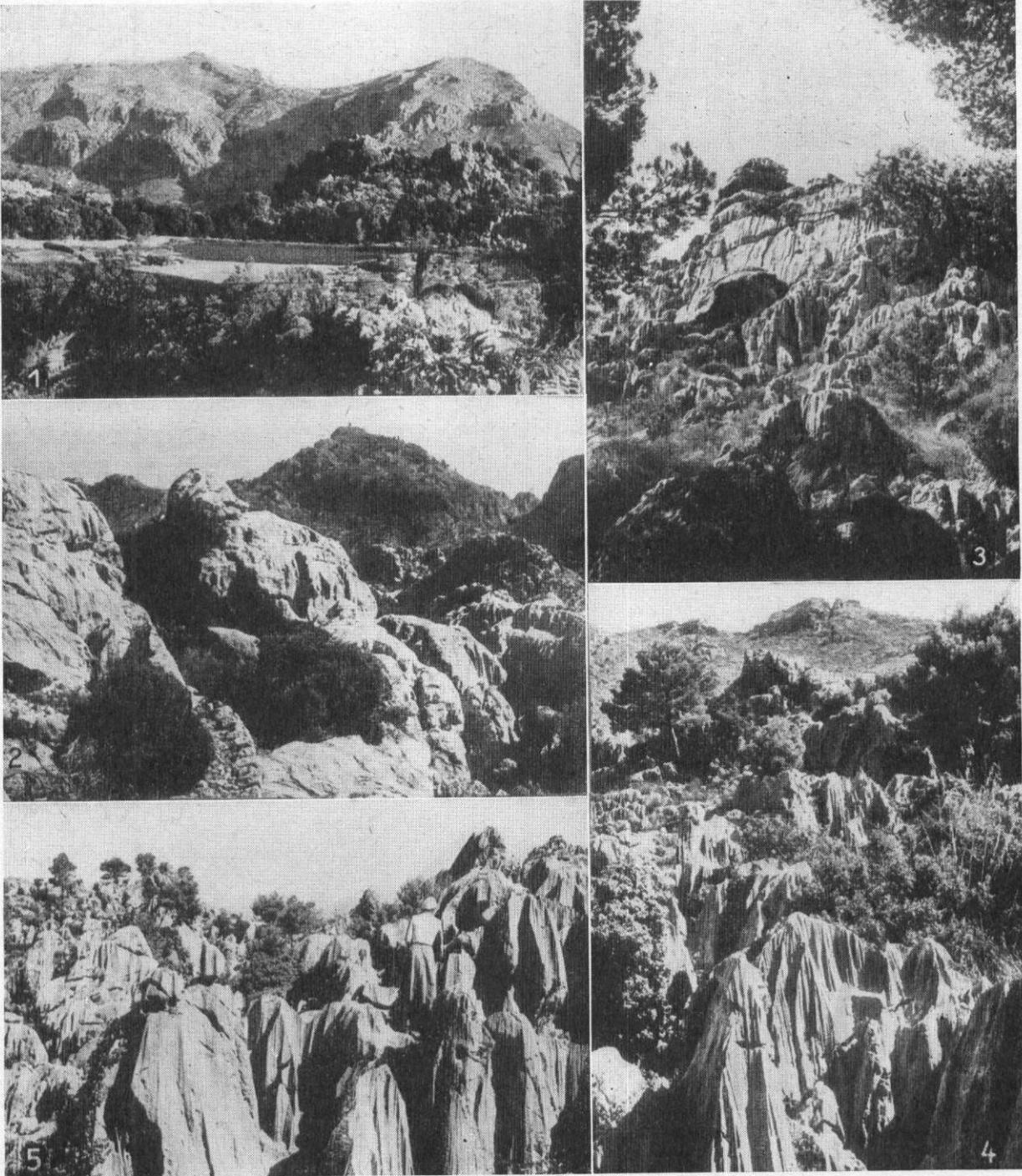
Die östlichen Hügelketten bilden keineswegs ein geschlossenes Gebirge. Sie sind auch nur von geringer Höhe, die ganz selten eine relative Höhe von 200 m über der flachen Tertiär/Quartär-Platte erreichen und in der Regel völlig isoliert daliegen. Nur am südöstlichen Ende der Bucht von Alcudia schließen sich solche Hügel- und Bergkuppen zu der waldreichen Sierra de Artá zusammen und gipfeln im Morey mit 662 m Höhe. Ganz allgemein können wir außerhalb des nördlichen Hauptgebirges auf Mallorca nirgends von einem wirklichen „Gebirge“ sprechen, so daß es ratsam erscheint, in der schon von *Lautensach* durchgeführten Gliederung Mallorcas vom Küstengebirge, von der zentralen Ebene und vom südöstlichen Berg- und Hügelbereich zu sprechen. Diese Dreigliederung ist landschaftlich völlig eindeutig und tritt bei allen Fahrten durch die Insel immer klar in Erscheinung.

Wie schon angedeutet, finden die Karsterscheinungen im Berg- und Hügelbereich in den ver-

schiedenen Höhlen ihren besonderen Ausdruck. Die Höhlen von Hams in der Nähe von dem kleinen Hafenstädtchen Porto Cristo, die „Cuevas del Drach“ (Drachenhöhle) unmittelbar südlich des Städtchens und die Höhlen von Artá an der nördlichen Bucht von Canyamel sind die bedeutendsten. Abgesehen von ihrer touristischen Bedeutung, die den Besitzern die Möglichkeit für ihre phantasiereichen Illuminationen gegeben hat, sind sie auch für unsere Fragestellung recht interessant. So liegen die Höhlen von Artá und Porto Cristo unmittelbar an der Küste. Ihr Ausgang, der zum Meer gerichtet ist, hat einen Höhenunterschied vom Meeresspiegel von 25 m (Porto Cristo) bis 35—40 m (Artá). Im Innern fällt die Höhle von Artá fast bis auf den jetzigen Meeresspiegel ab. Über den inneren Aufbau der Höhlen soll hier nicht weiter berichtet werden (großartige Tropfsteingebilde befinden sich darin), doch kann auf Grund ihrer Höhenlage ein Hinweis auf ihr Entstehungsalter gefunden werden. Wenn überhaupt ein Zusammenhang mit der Höhenlage des Meeresspiegels als Erosionsbasis und der des Höhlenausgangs besteht — woran wohl nicht zu zweifeln ist —, dann kann die Bildung, das heißt der Bildungsbeginn, nur im vorletzten Interglazial gelegen haben. Höchstenfalls käme für die Cuevas del Drach noch das letzte Interglazial in Frage. *Zeuner* (1952) gibt in seiner tabellari-schen Zusammenstellung für das Tyrrhénien I (Transgression des vorletzten Interglazials, das auch als „große“ bezeichnet wird) im Mittelmeerraum Höhen von 30—45 m an und für das Tyrrhénien II (letztes Interglazial) solche um 15—20 m. *G. Choubert* (1953) nimmt für das vorletzte Interglazial in Nordafrika zwei Maxima an: ein höheres in + 30 m und ein tieferes in + 20 m über NN. Das könnte der Bildungszeit der beiden Höhlen entsprechen, so daß wir wohl nicht fehlgehen, wenn wir das Tyrrhénien I als Entstehungsbeginn annehmen. Die Cuevas Hams liegen in einer ehemaligen Bucht der gleichen Transgression. Ihre genaue Höhenlage über NN ist mir nicht bekannt, doch dürfte auch dort eine gleiche Entstehungszeit anzunehmen sein. Ihre Entstehung wird mit einem alten Flußlauf in Verbindung gebracht (14), der hier aber nur existiert haben kann, als der Meeresspiegel höher lag als heute. Genauere Beobachtungen wurden dort nicht angestellt.

Höhlenlehme oder sonstige Sedimente sind mir aus den erwähnten Cuevas nicht bekannt geworden. Falls sie vorhanden waren, dürften sie auch wohl der „Säuberung“ der Grotten für die Touristik zum Opfer gefallen sein.

Wenn man sich der höheren Cordillere an der Nordwestseite Mallorcas vom Inneren der Insel



1. Mit würmeiszeitlichem Schutt und Terra rossa aufgefüllte Polje im Küstengebirge Mallorcas (Nähe der Straße von Inca nach Calobra). 2. Karstformen auf der Nordseite des Küstengebirges (in etwa 800 m über NN). 3. Stark verkarsteter Gipfel Nähe Paß nach Calobra. 4. Karrenfeld mit scharfkantigen Lösungsrillen im zentralen Küstengebirge Mallorcas (Nähe Monasterio Lluch). 5. Ausgedehntes Karrenfeld auf dem Nordabfall des Küstengebirges mit frischen Lösungsrillen (Pyramidenkarren). — Alle Aufnahmen: H. Mensching

aus nähert, bemerkt man zunächst wenig von der Verkarstung. Das ändert sich auch kaum, wenn man das Gebirge an seinem Fuß zur Fruchtbaumebene betritt. Auffälliger, nackter Karst fehlt vollkommen. In ausgedehnten Bereichen stehen Pinuswälder, teilweise mit Steineichenarealen durchsetzt. Erst im Gebiet der zentralen Ketten fällt auf, daß zahlreiche Poljen auftreten, in denen Ackerbau möglich ist, weil sie mit (roter) Erde und Schutt aufgefüllt sind. Es ist das auffälligste Merkmal des Küstengebirges, daß in Höhen über 500 m plötzlich wieder eine, wenn auch beschränkte Ackerbauzone mit Einzelhöfen vorhanden ist, nachdem darunter nur in einzelnen Tälern Feldbau-Terrassen mit Mandelbäumen oder Oliven angelegt werden konnten. Wie noch zu zeigen sein wird, schließt sich der Ackerbau innerhalb des Gebirges unmittelbar an den klima-morphologisch wichtigen Gürtel der eiszeitlichen Solifluktion an und findet darin überhaupt erst seine Voraussetzung.

Außer den breiten Poljen zeichnet sich — allerdings lokal beschränkt — die Verkarstung des Küstengebirges durch eine sehr bizarre Karrenlandschaft aus. Besonders eindrucksvoll sind solche Formen in der Nähe der Straße, die das Gebirge von Inca am Gebirgsfuß bis zur Küste bei Calobra quert (s. Abb. 4 und 5). Im weiteren Bereich der Paßhöhe um 1000 m, die kurz vor dem steilen Abfall zum Meer erreicht wird, sind an den Hängen und auch an den Rändern weiter Poljen spitzgratige und scharfkantige Karrenfelder zu beobachten, die von scharfkantigen Kleinformen überzogen sind und immer bis in das feinste gegliederte Lösungsrillen aufweisen. Die einzelnen Karren sind mehrere Meter hoch und laufen kegelförmig nach oben aus. Sie stehen dicht nebeneinander und lassen die einzelnen Kalkbänke erkennen, aus denen sie herausgearbeitet worden sind. In einem jüngsten Bericht stellt K. Kayser (1955) fest, daß auch im dinarischen Karst „spitze und steilere Pyramidenformen“ häufiger am Rand von Poljeböden vorkommen. Das ist also auf Mallorca ebenso. Nirgends auf der Iberischen Halbinsel oder auf den Balearen aber konnte ich bisher ein gleich eindrucksvolles Bild von Karstpyramiden beobachten.

Zwar ist das Kalkgebirge bis zur Küste hin überall verkarstet; doch wurden solche Karrenfelder nur im weiteren Bereich der Paßhöhe nach Calobra, etwa zwischen 800 und 1000 m Höhe, vorgefunden. Daß jedoch scharfgratige Karren nicht allein auf diese Höhenlage begrenzt sind, zeigen ähnliche Formen an den Kalkfelsen unmittelbar an der Felsenküste der Bucht von Calobra. Auf der Südseite, die dem Inneren der Insel zugekehrt ist, wurden gleiche Formen nir-

gends gefunden. Diese Gebirgsseite dürfte allgemein viel trockener sein als die Küstenseite, die fast alle niederschlagsbringenden Winde aus westlicher und nordwestlicher Richtung abfängt.

Betrachten wir den gesamten Karst des Küstengebirges, so überwiegen darin durchaus die weiten Hohlformen, vor allem aufgefüllte Poljen. Es besteht eine enge Verwandtschaft zu den Formen des mediterranen Karstes Jugoslawiens. In den bizarren Karrengärten herrschen schmale, völlig spitz zulaufende Pyramiden mit rezenten Korrosionserscheinungen vor. Sie sind mit dem Verlauf der Kluftsysteme angeordnet. Diese Grate und Kegel zeigen wohl verwandtschaftliche Züge zu Karrenformen in den Tropen, doch ist ein Vergleich mit dem Kegelkarst auf den Großen Antillen, wie ihn H. Lehmann beschrieben hat, oder dem Turmkarst Ostasiens (v. Wissmann) gar nicht in Erwägung zu ziehen. Interessant ist aber, welche Korrosionsfähigkeit im heutigen Klima Mallorcas in den Karrenfeldern erreicht wird. — Allgemeine Angaben über die Entstehung des Karstes auf Mallorca und seine Abhängigkeit vom Klima können erst gemacht werden, wenn die Terra rossa der Insel und die Schuttdecken des Gebirges behandelt sind, weil alle in engem zeitlich-genetischem Zusammenhang stehen.

b) Die Terra rossa auf der Insel.

Wie in weiten Teilen der Mittelmeerländer, so ist auch auf Mallorca die mediterrane Terra rossa weit verbreitet. Wir verstehen unter dem Terminus „Terra rossa“ eine Bodenbildung, die über Kalkgestein entstanden ist und heute jene auffällig rote Farbe zeigt, die den mitteleuropäischen Böden fremd ist. Diese rote Farbe kann innerhalb der Farbskala durchaus Schwankungen unterworfen sein, die manchmal mehr nach braun, teilweise auch nach orange hin tendieren. Bei der Roterde Mallorcas überwiegt das tiefe Rot, besonders dort, wo die weiten Secano-Ländereien für die winterliche Getreidesaat frisch gepflügt werden.

Der überwiegende Teil der weiten Zentralebene ist mit Terra rossa bedeckt. Es ist auffällig, daß diese Roterde-Decke nicht über dem Muttergestein (mesozoische Kalkgesteine) aufliegt, sondern an zahlreichen Stellen durch ihre Beimischung von ortsfremden Geröllen eindeutig als „transportierter Boden“ erkannt werden kann. Auch in Schuttdecken an den Hängen findet sie sich eingelagert, ohne dabei etwa nur Zwischenschichten o. ä. zu bilden. Es geht eindeutig aus mehreren Profilen hervor, daß die Terra rossa zusammen mit den Hangschuttdecken herabgewandert ist und sich heute teilweise noch an

den Hängen selbst, größtenteils aber in den Mulden und Ebenen der Insel befindet. Das kann bereits Hinweise auf die Entstehung der Terra rossa geben. Auch in dem Hügelland der Sierra de Levante sind die Hänge meistens frei von einer mächtigeren Bodendecke. Unter dem verbreiteten Bestand von Aleppokiefern wurde seltener Terra rossa beobachtet. An der Ostküste der Insel reichen schuttreiche Roterden am Abfall der Sierra de Artá bis zum Meeresspiegel in der Bucht von Canyamel herab. An der Strandlinie war solcher Roterdeschutt durch die Brandungswellen völlig verfestigt und als eine Bank erhalten, die streckenweise aus dem Sandstrand herauschaute. Ohne Zweifel kann es sich dort nur um fossile Roterde handeln.

In der Bucht von Canyamel mündet ein kleiner Bach, der unmittelbar am Meer noch eine tiefere Terrasse besitzt, die sich durch die entsprechende Schichtung zu erkennen gibt. Das Material entstammt zum größten Teil den angrenzenden Steilhängen und setzt sich aus Kalkschutt mit Roterde zusammen. Auch hier kann schon eine Aussage über die Entstehung der Terra rossa gemacht werden: Diese Aufschüttung unmittelbar am Meer kann wohl nur interglazialen Alters sein — die genaue Einordnung ist an dieser Stelle von untergeordneter Bedeutung —, weil sich die eustatischen Meeresspiegelschwankungen im Mittelmeer nach allen bisherigen Beobachtungen gleichsinnig und chronologisch mit den Schwankungen der nord- und mitteleuropäischen Meeresstände abgespielt haben. Die Untersuchungen über die eustatischen Terrassen im Mittelmeerbereich liefern ausreichende Beweise dafür. So war also die aufgearbeitete Terra rossa zumindest im letzten Interglazial (Tyrrhénien II) schon vorhanden. Das bedeutet jedoch in keiner Weise, daß die Bildung aller Terra rossa auf die Interglazialzeiten beschränkt gewesen ist oder daß sie ausschließlich eine fossile Bildung ist.

Wenn nun auch in weiten Gebieten der mallorquinischen Zentralebene die Terra rossa mit Sicherheit ein Verlagerungsprodukt ist, so kann doch nicht der Auffassung von *Harrassowitz* zugestimmt werden, daß sie nur als solche vorkommt (vgl. dazu auch die Ausführungen in *Mensching*, 1955). Es gibt ebenso Vorkommen von mediterraner Terra rossa, die über ihrem Muttergestein liegen und noch in keiner Weise umgelagert worden sind. Allerdings lassen sich von Mallorca keine Beobachtungen dafür anführen, daß sich die Roterde auf der Insel auch heute noch bildet oder gar überwiegend rezenter Entstehung sei. Wie der Verf. mehrfach ausgeführt hat (7, 9), muß neben der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge mit genügend hohen Sommertemperaturen eine

ausreichende Menge zur Verfügung stehen, die auf Mallorca außerhalb des Küstengebirges vielleicht nicht vorhanden ist. *H. Lautensach* gibt in einem Klimadiagramm für Palma de Mallorca eine Jahressumme von 453 mm an, die nach den eigenen Beobachtungen in Nordafrika nicht für die Entstehung der mediterranen Roterde in rezenter Zeit ausreichen kann. (Näheres im Abschnitt II!)

Im Küstengebirge an der Nordwestseite Mallorcas ist die Roterde ebenfalls eine auffällige Erscheinung. Man sieht sie weniger oder in weiten Bereichen des Gebirges überhaupt nicht in Form der autochthonen Bodenbildung auf dem Kalk-Muttergestein. Vielmehr sind es auch dort zwei Erscheinungsformen der Terra rossa, die beide schon genannt wurden:

Einmal sind es wieder mächtige Schuttdecken an den Hängen der Sierra, die sehr viel Roterde enthalten und heute durch den Straßenbau überall gute Aufschlüsse haben. Da diese Schuttdecken erst in einer bestimmten Höhenlage auftreten (s. u.), könnte man auf eine scheinbare Höhengrenze auch der Roterde schließen, was jedoch nicht statthaft ist, da keinerlei Gründe dafür vorliegen, daß etwa zwischen der Ebene und den höheren Gebirgslagen ein Gürtel frei von Roterde geblieben wäre, weil dort die klimatischen Voraussetzungen für eine Bildung nicht gegeben waren. Da vorweggenommen werden kann, daß unterhalb des Schuttdeckengürtels fluviatile Transportbedingungen vorherrschend waren und auch heute — allerdings in allen Höhenbereichen — die wirksamste Abtragung bedingen, kann das weitgehende Fehlen an den Hängen ohne weiteres dadurch erklärt werden.

Noch auffälliger als in den Schuttdecken findet man die Terra rossa innerhalb des Küstengebirges in den weiten Talsenken und vor allem in den großen Poljen. Solche Poljen und Karstmulden sind weit verbreitet. Sie sind überall mit Schutt des Kalkgesteins und überwiegend Roterde aufgefüllt. Ihr Herkunftsort ist durch die Verbindung mit den Schuttdecken an den Hängen ganz eindeutig zu erkennen: sie entstammt dem Verwitterungsmaterial und der Bodenbildung auf den angrenzenden Hängen und wurde zusammen mit dem Schutt in die Poljen transportiert. Dort bildet sie heute die wertvollste Grundlage für einen Ackerbau im Gebirge, der in den höheren Lagen plötzlich wieder beobachtet wird, nachdem er von der Ebene ab bis in die Höhenlage der beginnenden Schuttdecken (etwa 500 m über NN) nirgends vorhanden ist. Auch dafür kann die zusammenfassende Betrachtung von Schuttdecken, Roterde und Karst (Abschnitt II) eine Erklärung finden.

In bezug auf die Gesamtverbreitung der Roterde im Küstengebirge Mallorcas läßt sich keinesfalls ein ausschließlicher Zusammenhang mit der heutigen Waldverbreitung feststellen. Vielmehr ist es so, daß dort, wo der Wald durch den Anbau verdrängt ist, das Vorhandensein von Terra rossa weit auffälliger ist als in den meisten unter Wald gelegenen Schuttdecken an den Hängen. Innerhalb der Schuttdecken ist die Roterde wiederum nicht in bestimmten Lagen anzutreffen, sondern zeigt fast immer die völlige Einbeziehung des roten Bodens in die abwärts bewegten Schuttmassen. Daß es dabei vereinzelt zur Anreicherung von manchmal mehr Feinmaterial kommt, braucht nur erwähnt zu werden. Für den Aufbau und die Auswertung ist diese Tatsache unbedeutend.

c) Die quartären Schuttdecken

Der heutige Gesteinsschutt, d. h. das rezente Verwitterungsmaterial und der aufgearbeitete pleistozäne Schutt, werden auf Mallorca ausschließlich unter mediterranen Transportbedingungen fortbewegt. Dazu ist festzustellen, daß in den trockenen Sommermonaten die wenigen Flüsse der Insel trocken liegen und auf ganz Mallorca kein Dauerfluß existiert. Infolge der weitgehenden Bewachung der nicht in Kultur genommenen Flächen, die vornehmlich auf der zentralen Ebene zu finden sind, beschränkt sich die freie Transportmöglichkeit des Gesteinsschuttes auf die wenigen tief eingeschnittenen Täler in der Küstenskordillere oder auf die breiteren Torrentenbetten der Ebene. Hinzu kommt die schwerkraftgebundene Bewegung von Gesteinen und Schutt an den steileren Hängen der oberen Teile des Küstengebirges in den waldarmen, teils völlig freien Teilen oberhalb 1000 m Höhe. Aber auch in dieser Höhenregion überwiegt mehr die Lösung und Kleinverwitterung des Juragesteins, so daß es zu größerem Steinschlag oder zur Bildung von Schutthalden nicht gekommen ist.

Ganz allgemein bietet Mallorca nicht in gleichem Maße das Bild einer mediterranen Raublandschaft mit weitgehender Vernichtung des Waldes, wie es auf der Iberischen Halbinsel sonst weitgehend vorherrscht. Daher fehlen auf der Insel auch die riesigen verzweigten „barrancos“ und Erosionsrinnen-Systeme oder sie sind auf nur kleine Gebiete beschränkt.

Es ist selbstverständlich, daß in allen Höhenlagen dort Hangschutt auftritt, wo genügend steile Hänge vorhanden sind. Auch unter Wald beobachtet man ihn. In seiner Altersstellung ist er nicht immer eindeutig, doch deutet auch die Vermengung mit Roterde darauf hin, daß große Teile in nicht rezenter Zeit entstanden und schon im Pleistozän transportiert worden sind.

Bei der mehrfachen Durchquerung des Küstengebirges von der zentralen Ebene zur Nordwestküste der Insel konnten Beobachtungen angestellt werden, die zur Auswertung für das System klimamorphologischer Vorgänge während des Quartärs im westlichen Mittelmeerraum von großer Wichtigkeit sind. Es ist sehr auffallend, daß in den Höhenlagen von 500 m ab überall oft sehr mächtige Schuttdecken zu beobachten sind, die in dem gesamten, oberhalb dieser Höhengrenze liegenden Gebirgsgürtel verbreitet sind und überwiegend unter Wald liegen. Das Gesteinsmaterial darin ist eckig und nicht fluvial transportiert. Das Feinmaterial dieser Schuttdecken ist fast immer rot und entspricht der Terra rossa der zentralen Ebene oder der östlichen Küstensierren. Der Habitus dieser Schuttdecken gleicht völlig denen, die der Verf. in den nordafrikanischen Gebirgen (Rif, Tell-Atlas, Mittlerer und Hoher Atlas) untersuchen konnte. Wir gehen sicher nicht fehl, wenn wir diese Höhengrenze der unteren Vorkommen als klimamorphologische Grenze auffassen und darin die untere Verbreitungsgrenze der quartären Solifluktiionsdecken auf Mallorca erblicken.

Es besteht wohl kaum ein Zweifel, daß diese Schuttdecken nicht holozänen Alters sein können, da sie vielfach durch die Anordnung der Gesteinsmassen im Feinmaterial deutlich den solifluidalen Transport erkennen lassen; zum anderen liegen sie in oft mehreren Metern Mächtigkeit unter dem Wald und stehen in keinem Zusammenhang zu den heutigen Transportbedingungen in den Gebirgstälern. Als letztes wäre unter den heutigen klimatischen Bedingungen ihre untere Höhengrenze durch nichts zu erklären. Daß vereinzelt Schuttdecken in den Tälern noch etwas weiter herab vordringen, spricht nicht gegen die Festlegung der Höhengrenze. An zahlreichen Stellen sieht man, daß diese quartäre Schuttdecke heute zerschnitten wird und anderen Abtragungsbedingungen unterliegt, als sie im Pleistozän geherrscht haben.

Dieser mit Roterde vermengte Hangschutt setzt sich auch in die Karstdepressionen und weiten Poljen hinein fort und korrespondiert so unmittelbar mit den Auffüllungen, die für den dort betriebenen Ackerbau die Voraussetzungen bilden (s. o.). Aber auch in den übrigen, nicht durch Karstwirkung entstandenen Mulden und Senken zwischen den einzelnen Bergketten hat sich dieser Roterdeschutt angesammelt und hat dort, wie an den flachen Hängen, einigen Fincas (die dort „Son's“ heißen) die Anbaumöglichkeiten gegeben.

Mit zunehmender Höhe werden in dem Küstengebirge die wenigen höher aufragenden Gebirgsteile, besonders um den Puig Mayor als die höchste Erhebung, die Hänge steiler und schrof-

fer. Auch aus diesen Gründen dürfte der Stein-eichen-Aleppokiefern-Wald dort immer lichter werden und schließlich ganz fehlen. Gleichzeitig fehlen aber auch die Schuttdecken. Sie mögen unter den „periglazial“-solifluidalen Bedingungen des Eiszeitklimas wohl auch dort gebildet sein, unterliegen aber infolge der sich auswirkenden Schwerkraft und den nacheiszeitlichen fluviatilen Transportbedingungen schnellerer Zerstörung als in den flacheren Gebirgstteilen und in den Senken und Poljen. In diesen waldfreien oder walдарmen Höhenlagen haben sich die Karrenfelder zu besonderer Form mit äußerst scharfkantigen Pyramiden (Korrosionslinien darauf) entwickelt. Es ist anzunehmen, daß sie teilweise vom Schutt wieder entblößt worden sind.

II. Datierung und Bedeutung für die quartäre Morphogenese

Schon bei der Beschreibung der Karsterscheinungen, der Terra rossa und der Schuttdecken Mallorcas ist ersichtlich, daß ihre Genese und zeitliche Fixierung nur in unmittelbarem Zusammenhang betrachtet werden kann. Es wurde auch schon angedeutet, daß der Aufbau der Solifluk-tionsdecken im Küstengebirge aus eckigem Gesteinsschutt und Roterde darauf schließen läßt, daß die Rotverwitterung und damit die Bildung der Terra rossa auf Mallorca zur Zeit des solifluidalen Schutt-Transportes in vollem Gange war oder schon vorher Roterde entstanden ist. Die Schuttdecken können nun nach allen Beobachtungen in den Ländern des westlichen Mittelmeeres als sicher würmeiszeitlich*) datiert werden. Da rezente Solifluktion in den Gebirgen Mallorcas nicht vorkommt, muß es sich in jedem Fall bei der Bildung um einen kälteren (kühleren) Zeitraum gehandelt haben. Die älteren Kaltzeiten fallen dafür aber aus, da sonst — wie überall in diesen Bereichen — die Schuttdecken zu lange Zeit der Zerstörung ausgesetzt gewesen wären und in der bestehenden Form nicht erhalten sein könnten. Damit müssen die überwiegenden Anteile der Terra rossa auf der Insel mindestens würmeiszeitlich sein, denn ihre Vorkommen sind fast immer mit den Schuttdecken dieser Zeit verknüpft.

So dürften auch die weiteren Roterdedecken auf der zentralen Ebene aus dem angrenzenden Gebirge, wohl vorwiegend aus dem Küstengebirge, stammen und als Verlagerungsprodukt dem jungpleistozänen Zeitraum angehören. Ein Vergleich mit den Roterden Nordafrikas zeigt ganz ähnliche Vorgänge und die gleiche Datierung wie in

Mallorca (H. Mensching, 1955). Die sich unter heutigem Klima vollziehende Bildung von Terra rossa tritt dagegen weit zurück und ist fast unbedeutend. In erster Linie dürften dafür die zu geringen Niederschläge im größten Teil der Insel verantwortlich zu machen sein. Andererseits sind sie noch hoch genug, um für die Terra rossa „erhaltend“ zu wirken und nicht eine völlige Umwandlung des Bodens zu bewirken. Auf diese Unterschiede sollte bei künftigen Untersuchungen über die Terra rossa unbedingt geachtet werden.

Im ganzen sind für die Bildung der Terra rossa die Entstehungsbedingungen, wie sie etwa *Reifenberg* herausgearbeitet hat, durchaus zu vertreten. Doch sind in solchen Gebieten, in denen die Niederschlagssummen heute zu gering sind, die feuchteren Zeiten des pluvialen Klimas sicher günstiger gewesen. Es ist auch zu erwarten, daß die Niederschlagsverteilung dabei den jahreszeitlichen Unterschied einer Trockenzeit mit höheren Temperaturen und einer Regenzeit aufgewiesen hat, um die Humusbildung zu unterbinden; denn bei konzentrierter Humusanreicherung wird die Bildung von Terra rossa bekanntlich unmöglich. Daraus kann geschlossen werden, daß diese (echt mediterranen) Klimabedingungen auch während der Pluvialzeiten Nordafrikas gegeben waren, nur mit entsprechender Erhöhung der Niederschlagsmenge. Andererseits ließen diese Vorbedingungen — ihre Richtigkeit vorausgesetzt — den Schluß zu, daß im Übergangsbereich vom glazialen Klima Mitteleuropas zum pluvialen Nordafrikas die Insel Mallorca noch weit mehr zum nordafrikanischen Typus einer „Kaltzeit“ mit feuchterem Klima gehört hat als zum mitteleuropäischen Typus mit einem trockeneren Klima während des Höhepunktes der Kaltzeiten, wie es die Schuttdecken Mallorcas auch erkennen lassen.

Für die Einordnung der Insel Mallorca in dieses Übergangsbereich im Mittelmeerraum bietet die Höhenlage der Solifluktionsschuttdecken ebenfalls einen Prüfstein. In Nordafrika sinkt die untere Höhengrenze der Solifluktion in der letzten Pluvialzeit vom Hohen Atlas (1800 m) über den Mittleren Atlas (1600 m) auf 800 m im Rif (Mensching, 1955 a). Im unmittelbaren Übergangsbereich vom mediterranen zum mitteleuropäischen (-atlantischen) Klima liegen die tiefsten würmeiszeitlichen Solifluktionsdecken in den französischen Westalpen nach *Raynal* (mündl. Mitteilg. und gemeinsame Exkursion) im Bereich der Drôme in etwa 200—300 m über NN. So ist die auf Mallorca festgestellte untere Höhengrenze eiszeitlicher Solifluktionsdecken in 500 m tatsächlich eine sich gut in das Übergangsbereich vom nördlichen zum südlichen Mittelmeergebiet einpassende klima-morphologische Höhengrenze, die die Stellung Mallorcas in diesem System erkennen läßt.

*) Für das westliche Mittelmeergebiet wird von den französischen Autoren immer mehr die Zeitbezeichnung „Grimaldien“ für Würm, d. h. für den Zeitraum der letzten pleistozänen Regression des Meeresspiegels gewählt.

Die Terra rossa des Mittelmeergebietes und speziell die der Insel Mallorca hat in diesem Übergangsbereich während der Glazial/Pluvial-Zeiten ihre klimatischen Voraussetzungen gefunden und entstammt wohl überwiegend den feuchteren Zeiten des mediterranen Quartärs. Die gleiche Auffassung vertritt *P. Birot*, wenn er schreibt: „Les sols rouges nous semblent correspondre à un climat méditerranéen, qui aurait été le plus fréquemment réalisé au cours du Quaternaire“ (2).

Auch für die Karsterscheinungen läßt sich auf Grund des Zusammenhanges mit den Roterde-Schuttdecken einiges über die Entstehungszeit aussagen. Die Großformen der Verkarstung des Küstengebirges und auch der Hügelzone und der Sierra de Levante sind Vorzeitformen. Sie bestanden mindestens schon in der Würmeiszeit, in der die weiten Poljen der Küstenkordillere aufgefüllt bzw. ihr Boden mit solifluidal bewegtem Hangschutt überdeckt wurden. Diese Feststellung bedeutet keineswegs, daß diese älteren Karstformen heute nicht weitergebildet werden können, wie es etwa *Kayser* für die Poljen im dinarischen Karst annimmt (4). Die Tatsache der Auffüllung mit periglazialen Schutt stellte wohl zuerst *J. Roglič* im Dinarischen Karst fest. Älterer als würmeiszeitlicher Schutt, der dort verschiedentlich angetroffen wurde, konnte auf Mallorca bisher nicht beobachtet werden. Doch ist zu erwarten, daß die Verkarstung im ganzen Quartär vor sich gehen konnte, wobei für die Kalt- bzw. Feuchtzeiten in der Höhenregion der heutigen Karrenfelder ein verstärkter Abtransport des Verwitterungsmaterials und nicht so sehr die Herausarbeitung von Karren anzunehmen ist. Ob auch die herabgesetzten Temperaturen schon eine Abnahme der Korrosionswirkung nach sich gezogen haben, läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen. Für die Entstehung von Karrenfeldern, wie sie etwa Abb. 2 bis 6 zeigen, ist diese Annahme wahrscheinlich. *C. Rathjens* (1954) führte an, daß Karren durch Herabsinken der Frostschuttzone während der Kaltzeiten wohl kaum eine Eiszeit überstehen konnten. Für die Karrenfelder Mallorcas braucht diese Annahme nicht unbedingt voll gültig zu sein, da in den Höhenbereichen der häufigsten Vorkommen (zwischen 800 und 1000 m) im Würm mehr die „pluviale Solifluktion“ (*Mensching*, 1955) wirksam war als die echte Frostschuttzone, wie sie etwa in den Alpen zerstörend auf ältere Karren eingewirkt haben mag. Dagegen sind auch in Mallorca die Formen der heutigen, überaus scharfkantigen und frischen Pyramiden-Karren mit Sicherheit der rezenten Korrosion zuzuschreiben. Da diese Gebiete im Würm innerhalb der Solifluk-

tionszone lagen, können auch dort ältere Karren vom feinerreicheren Hangschutt überdeckt worden sein, die in der Nacheiszeit wieder freigelegt wurden.

Die gesamte Verkarstung des Küstengebirges und der übrigen Inselbereiche dürfte während der Eiszeiten jedoch nicht zur Ruhe gekommen sein, zumal wir feststellen konnten, daß Mallorca in seiner morphologischen Formung mehr dem pluvialen Eiszeittyp Nordafrikas als dem glazialen Mitteleuropas entsprach. Das bedeutet aber nur geringe Temperaturdepression und feuchtere Klimaabschnitte während des Pleistozäns, in denen es in Nordafrika jedenfalls zu einer Belebung auch der Karsthydrographie gekommen ist (9, 10).

So kommen auf Mallorca, wie auch im übrigen mediterranen Karstgebiet, Karsterscheinungen aus dem ganzen Quartär und auch wohl aus noch älterer tertiärer Zeit vor; rezente Karstformen, unter heutigen klimatischen Bedingungen gebildet oder weitergebildet, stehen neben denen der Vorzeit, ohne daß manchmal genau entschieden werden kann, wohin sie chronologisch exakt zu stellen sind.

Literatur

1. *Birot, P.*: Problèmes de morphologie karstique. — Annales de Géogr. LXIII, 1954.
2. *Birot, P.*: Le problème des terres rouges. — In *Birot, P.*, und *Dresch, J.* „La Méditerranée et le Moyen Orient“. P. U. F. Paris 1953, S. 80—82.
3. *Choubert, G.*: Les rapports entre les formations marines et continentales quaternaires. Communication au INQUA, Rom-Pisa 1953 (Man.).
4. *Kayser, K.*: Karstrandebene und Poljeboden. — Erdkunde, IX, 1, 1955.
5. *Lautensach, H.*: Spanien und Portugal. In: Handbuch der Geogr. Wiss. Band Südost- und Südeuropa. Herausgeber: F. Klute. 1931, S. 526 f.
6. *Lehmann, H.*: Bericht über die Arbeitstagung der Internat. Karstkommission. Frankfurt 1953 — Erdkunde VIII, 1954.
7. *Mensching, H.*: Das Quartär in den Gebirgen Marokkos. Pet. Mitt., Erg.-Heft Nr. 256, Gotha 1955a.
8. *Mensching, H.*: Morphologische Studien im zentralen Mittleren Atlas. Deutsch. Geogr. Tag Essen 1953, Tag.-Ber. und wiss. Abh., Wiesbaden 1955b.
9. *Mensching, H.*: Probleme der mediterranen Roterde (Terra rossa) Photogr. u. Forschg., Stuttgart 1955c (i. Druck).
10. *Raynal, R.*: Le Moyen Atlas. In: Aspects de la Géomorphologie du Maroc. (Not. et Mém. Nr. 96, Serv. Géol., 1952).
11. *Rathjens, C.*: Karsterscheinungen in der klimatisch-morpholog. Vertikalgliederung des Gebirges. In: Lit.-Verz. Nr. 6.
12. *Reifenberg, A.*: Die Entstehung der mediterranen Roterde (Terra rossa). — Chemie der Erde, 2, 348, 1926.
13. *Zeumer, F.*: Pleistocene shore-lines. — Geol. Rundschau, 40, 1952.
14. *o. Verf.*: Islas Baleares (Mallorca, Menorca, Ibiza). Guía azul ilustrada, Madrid o. J.