

Die pleistozänen Meeresspiegelschwankungen im Gebiet der Alpes-Maritimes der französischen Mittelmeerküste (unter besonderer Berücksichtigung des 24 m-Niveaus)

von Joachim Seliger, Kiel

Während des Pleistozäns führten Klimaschwankungen auf der Erde zu einem Wechsel von kalten Vereisungszeiten und wärmeren Interglazialzeiten. Die damit verbundenen Regressions- bzw. Transgressionsphasen der Meere hinterließen an vielen Küsten ihre Spuren in unterschiedlichen Höhenlagen. Diese sind zum Teil noch heute auf dem Festland sichtbar, zum Teil befinden sie sich im submarinen Bereich. Die Forschung versucht nun, die fossilen Strände – sie sind häufig von terrestrischen Ablagerungen verschiedener Glazialzeiten überdeckt – miteinander in Einklang zu bringen und der Glazialchronologie zuzuordnen. Der Mittelmeerraum ist reich an Zeugnissen höherer Meeresspiegelstände, und nicht wenige davon liegen im Bereich der französischen Mittelmeerküste, besonders im Abschnitt zwischen Nizza und der italienischen Grenze. Bild 1 zeigt die Lage der wichtigsten Fundorte.

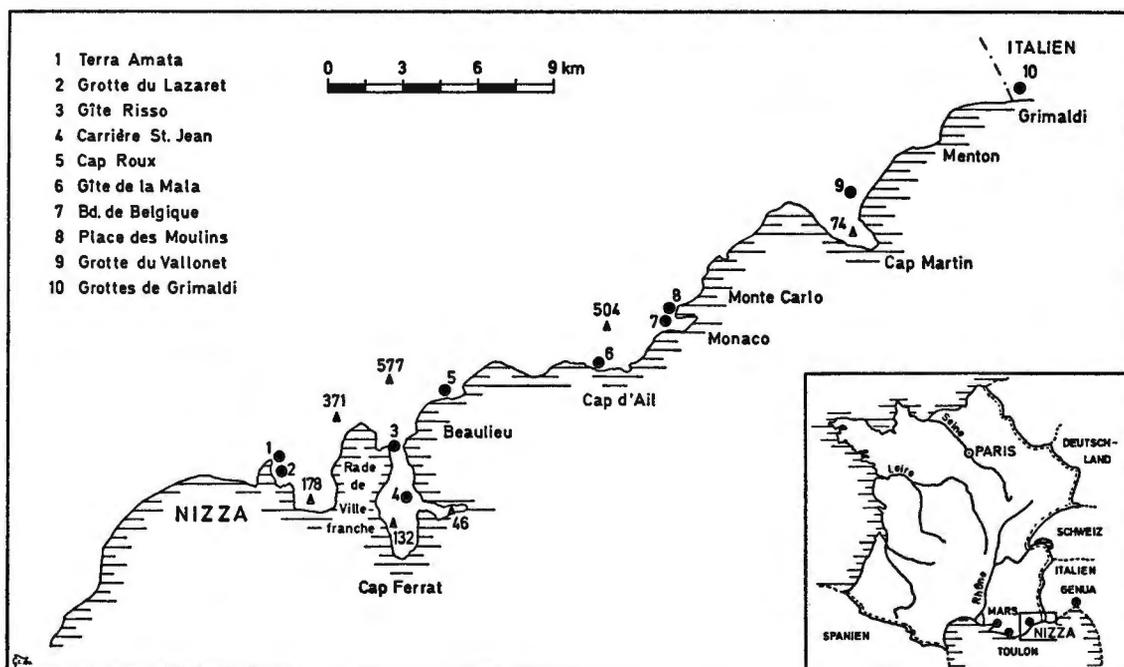


Bild 1. Lage der Fundorte in den Alpes-Maritimes.

Zwischen der maximalen Transgression des Pliozäns und dem gegenwärtigen Meeresniveau reihen sich sechs Strandlinien in folgender Höhenlage: 165 m, 108 m, 85 m, 33 m, 24–23 m, 8 m. Sie werden mit den klassischen Begriffen: Pliozän, Calabrische Stufe, Sizil, Milazzo, Tyrrhen und Monastir bezeichnet.

Bei näherer Durchsicht der älteren Literatur stellt man aber fest, daß im Gebrauch der Terminologien wenig Einheitlichkeit herrschte. Besondere Schwierigkeiten ergaben sich bei der Bezeichnung des Tyrrhens (von Issels 1914 für die Gesamtheit der Ablagerungen mit *Strombus* eingeführt), das in folgende Stufen unterteilt wurde: Palaeotyrrhen, Eutyrrhen (typische Stufe), Neotyrrhen. Der Begriff Palaeotyrrhen wurde später verworfen, da er zu sehr zur Konfusion beitrug.

Viele Forscher des 19. Jh. und zu Beginn des 20. Jh. suchten die marinen Ablagerungen allein nach ihrer Höhenlage zu datieren. Heute wissen wir um die Unzulänglichkeit dieser Methode, da z. B. der Bereich des Alpes-Maritimes östlich des Var ein Hebungsgebiet, die kristalline Provence dagegen ein Senkungsgebiet ist, was rein altimetrische Höhenangaben verfälscht und einen Vergleich erschwert. Da die Südgrenze des alpinen Massivs durch Erosion erleichtert, die Kontinentalplattform dagegen belastet wird, führen isostatische Ausgleichsbewegungen zur Konservierung mariner Sedimente im festländischen Bereich. Einige Reste quartärer Strandlinien befinden sich heute im Schelfbereich der Alpes-Maritimes und lassen somit gewisse Rückschlüsse auf die Regressionsamplituden des Meeres, bzw. mögliche quartäre Tektonik zu.

Bei der chronologischen Einordnung treten diverse Probleme auf:

1. Überformung nach Ablagerung durch marine und atmosphärische Einflüsse.
2. Genaue Zahl der Oszillationen und ihre Amplitude kaum bestimmbar.
3. Unzulänglichkeit mancher Ablagerungen.
4. Einfluß von morphologischen Gegebenheiten (Höhenlage einiger Höhlenschwellen, ungünstige Sedimentationsbedingungen durch abrupten Abfall der Küste, Karsteinflüsse etc.).
5. Fossilienarmut einiger Ablagerungen.
6. Schwierige Einordnung mancher Faunen in die Glazialchronologie.

Am wertvollsten für die chronologische Einordnung sind die Fundorte, deren marine Ablagerungen in engem Kontakt mit jüngeren und älteren datierbaren terrestrischen Sedimenten liegen.

Dieser Beitrag soll einen Überblick über die derzeitigen Forschungsergebnisse geben, die die quartären Strände in den Alpes-Maritimes betreffen, sowie deren Einordnung in die Glazialchronologie darstellen. Besonders interessant ist hierbei die Stellung des 24 m-Niveaus. Dazu ist es notwendig, einige Fundorte kurz zu beschreiben. Eine sehr umfassende Darstellung der Höhlen und Aufschlüsse findet sich in dem zweibändigen Werk von H. de Lumley (1969/70). Dieser Forscher hat durch seine großen Grabungsunternehmen, die z. T. heute noch nicht abgeschlossen sind, erheblich zur Diskussion beigetragen.

Pliozän

Das Pliozän drang bis zu mehr als + 200 m tief in die Küstenflüsse ein (300 m nach J. Bourcart u. F. Ottmann, 1954) und lagerte hier seine typischen blau-grauen Mergel mit der charakteristischen Fauna ab. Danach setzte eine Regression ein, die sich das gesamte Quartär hindurch fortsetzte und nur durch einige positive Oszillationen unterbrochen wurde. Eine positive Oszillation begann im älteren Pliozän und hinterließ einige Zeugnisse in ca. 165 m Höhe. Nördlich von La-Colle-sur-Loup überlagern 2 m mächtige Strandsedimente die Mergel, deren sehr grobe Bestandteile teilweise durch marine Organismen angebohrt sind. Im oberen Jura-Kalk hat sich ein kleines Riff ausgebildet. Die Fauna (*Ostrea cochlear*, *Ostr. finibriata*, *Spondylus crassicauda*, *Arca pectinata* etc.), von der 50 % heute ausgestorben ist, zeugt von einem relativ warmen Meer.

Calabrische Stufe

Noch vor 1952 wurde die Calabrische Stufe allgemein in das Pliozän gestellt. Doch aufgrund ihrer Fauna wurde sie später dem älteren Quartär zugeordnet. Sind die Ablagerungen dieser Stufe in Italien

stellenweise sehr mächtig (z. B. 1500 m in der Poebene), so sind sie es im Untersuchungsbereich weitaus weniger. Die Zeugnisse finden sich in 108 m Höhe in Monaco (Quartier Moneghetti, 25 m über dem Bd. Belgique, Fauna nach Angaben G. Iaworsky: *Pecten maximus*, *Pecten opercularis*, *Chlamys varia*, *Cardita* sp., *Lima lima*, *Diodora* sp.), Beausoleil, Roquebrune – Cap Martin (Grotte du Vallonet).

Grotte du Vallonet (108 m)

Es handelt sich um eine kleine Höhle entlang einer Kluft, deren Boden zum Großteil mit marinen und terrestrischen Ablagerungen überdeckt ist (Gesamtmächtigkeit ca. 1 m). Die Höhle, deren Wände marin überformt sind, wurde schon früher durch R. Pascal (1959), G. Iaworsky (1959), S. Gagnière (1962), P. Mars (1962, 1963), H. de Lumley, S. Gagnière und P. Pascal (1963), H. de Lumley (1969, S. 99 ff.) signalisiert. Die Muschelsande lieferten folgende Fauna: *Gryphaea virleti*, *Patella caerulea*, *Patella lusitanica*, *Patella ferruginea*, *Pecten maximus*, *Pecten opercularis*. Im auflagernden Villafranca wurden u. a. folgende Faunenreste von S. Gagnière bestimmt: *Archidiskodon meridionalis*, *Dicerorhinus etruscus*, *Equus stenorhinus*, *Crocota perrieri*, *Acinonyx pardinensis*, *Felis leo*, *Cervus philisi* etc., sowie Werkzeuge, die die bisher ältesten prähistorischen Funde Europas darstellen („Pebble culture“).

Glazialchronologische Einordnung: Da sich innerhalb der Calabrischen Stufe ein Wandel von kalter zu mehr temperierter Fauna feststellen läßt, wird sie in ein unteres, kälteres Stadium und ein mittleres, wärmeres Stadium unterteilt. Die obere Calabrische Stufe entspricht der Regressionsphase vor Beginn des Sizil. E. Bonifay ordnet die Calabrische Stufe der Günz-Eiszeit bzw. dem Günz-Mindel-Interglazial zu. Biber- und Donau-Eiszeit wären somit in die älteste Calabrische Stufe an die Grenze zum Pliozän zu stellen. H. de Lumley und andere Autoren stellen die Calabrische Stufe in die Donau-Eiszeit bzw. in das Donau-Günz-Interglazial.

Zeitliches Verhältnis zwischen dem Villafranca und der Calabrischen Stufe: Die Calabrische Stufe und das Villafranca sind ungefähr als Äquivalente anzusehen, das eine als Bezeichnung für marine, das andere für kontinentale Ablagerungen. Doch ist das Villafranca schon kurz vor Beginn der Calabrischen Stufe zu finden und deshalb zum Teil der Donau-, zum Teil der Günz-Eiszeit zuzuordnen.

Sizil

Die starke morphologische Tätigkeit des Meeres führte zur Einebnung des Felsens von Monaco, des Gipfels des Cap Ferrat, evtl. auch des Cap Martin, und das Sizil unterscheidet sich somit von den anderen Transgressionen. Daneben finden sich noch viele andere Zeugen in durchschnittlich + 85 m Höhe. Die marinen Einflüsse des gesamten Zyklus lassen sich bis hinab zu + 33 m verfolgen. Da das 108 m-Niveau und das Tyrrhen mit seinen charakteristischen Merkmalen sich vom + 85 m-Niveau abheben, scheint dessen Zuordnung zum Sizil gesichert. Die Bildung der Grotten du Lazaret und bei Grimaldi dürften in diesen Zyklus fallen. Das obere Sizil wurde allgemein als „Milazzo“ bezeichnet. J. J. Blanc (1966) hält diese Bezeichnung für unglücklich, da die Funde von Milazzo keine direkte stratigraphische Verbindung mit den anderen Gebieten quartärer Ablagerungen haben und sich in einer topographisch wie tektonisch strittigen Position befinden.

Dieses transgressive Meer hat am Westhang des Mont Boron (Nizza, Moyenne Corniche) ein 4–5 m hohes Kliff in die jurassischen Kalke gegraben, an dessen Basis (+ 75 m) sich eine Austernbank erhalten hat. Dieser lagern 2–3 m mächtige organogene Kalksande auf, die angebohrte, grobe Gerölle enthalten. Darüber findet sich ein grau-beiger mergeliger Sand. Ein 1–3 m mächtiger Strandwall liegt in + 82 m Höhe. Folgende Fauna wurde bestimmt: *Chlamys varia*, *Chl. multistriata*, *Anomia ephippium*, *Spondylus gaderopus*, *Loripes lacteus*, *Ostrea stentina*, *Ostrea edulis*, *Ostrea lamellosa*.

In Monaco (Bd. Belgique) ist die ± 84 m-Linie deutlich als Transgressionsgrenze dieses Meeres zu erkennen. Der Fundort liefert eine komplexe Stratigraphie des kontinentalen Quartärs – vom Mindel I bis hin zum jüngeren Würm –, die eine gesicherte Einordnung des transgressiven Meeres erlaubt. Eine genaue Beschreibung der marinen Ablagerungen, Dünen, Frostschuttlagen und Paläoböden finden sich bei G. Iaworsky (1963, S. 40–52) und H. de Lumley (1969, S. 106 ff.). Die Sedimentuntersuchungen der marinen Ablagerungen ergaben folgende Ergebnisse (J. Cl. Miskovsky, 1963): Schwacher Tongehalt (15–20 ‰). Die granulometrische Kurve der Sande zeigt ein relativ feines aber schlecht sortiertes Material (Medianwert 0,13 mm), hohen CaCO_3 -Gehalt (60 ‰), wenige Quarzkörner, von denen 85 ‰ eckig sind, starken Anteil an Schwermineralien (5–7,8 ‰), in den Niveaus von 30 m und 23 m dagegen nur 0,05 und 1,3 ‰.

Die Funde in Nizza und Monaco scheinen zeitlich identisch zu sein und lassen aufgrund ihrer gemeinsamen Höhenlage keine wesentlichen tektonischen Störungen erkennen.

Glazialchronologische Einordnung: Nach Auffassung G. Iaworskys und H. de Lumleys sind die marinen Ablagerungen in das Günz-Mindel-Interglazial zu stellen, die terrestrischen Ablagerungen ordnen sie entsprechend ein. E. Bonifay (1965) kritisiert diese Auffassung, da die marinen Sedimente selbst keine Datierung zulassen. Seiner Meinung nach kann die rote Düne, die den marinen Sedimenten direkt auflagert, nicht in die Mindel-Eiszeit gestellt werden, da sie aufgrund ihrer langen Dauer mächtige Ablagerungen mit kryoklastischen Erscheinungen hätte zurücklassen müssen. Die sedimentologischen Verhältnisse der Düne wiesen aber auf ein temperiertes Klima. Ebenfalls könne der rote Boden, der den Dünen auflagert, nur das Ende eines Interglazials kennzeichnen, da sein Entwicklungsstadium zu schwach ausgeprägt sei. Das Interglazial Mindel-Riß schuf dagegen Böden großer Mächtigkeit. Somit stellt dieser Autor das untere Sizil in das Mindel-Glazial, das mittlere Sizil in das Mindel-Riß-Interglazial.

Der Strand in + 33 m Höhe

Zeugen dieses Niveaus finden sich an vielen Stellen der Alpes-Maritimes (Grotte du Lazaret, Gîte des Moulins, Villefranche, Vaugrenier etc.). Es stellt sich hier die Frage, ob es sich um Ablagerungen eines transgressiven oder regressiven Meeres handelt. Die Ablagerungen der Gîte des Moulins – Brandungsplattform eines 33 m-Meeres – zeigen deutlich den transgressiven Charakter des Meeres, da von ihm ältere terrestrische Sedimente überformt und umgelagert wurden. Die vorausgegangene Transgressionsphase soll nach G. Iaworsky bis + 17 m gereicht haben. Die Fauna mit überwiegend *Patella ferruginea* ist temperiert. Nach E. Bonifay wäre das 33 m-Niveau dem sehr späten Mindel-Riß-Interglazial oder einem frühen Riß-Interstadium zuzuordnen. Nach H. de Lumley entspräche es einem der Mindel-Interstadien.

Terra Amata, nach H. de Lumley (1969, S. 140 ff.)

Frühere Untersuchungen der bis zu 10 m mächtigen quartären Sedimente wurden von J. Bourcart, M. Siffre (1958), G. Iaworsky (1959, 1961), J. Cl. Mikowsky (1963) und H. de Lumley (1963, 1969) durchgeführt.

Der heute nur noch in einem kleinen Ausschnitt erhaltene Aufschluß läßt drei Phasen erkennen, die alle mit transgressiven Stränden beginnen und von zum Großteil äolischen Sedimenten bedeckt sind (Regression). Die Strandablagerungen liegen in fast gleicher Höhe und wurden nach dem 33 m-Stadium und vor dem 24 m-Stadium zurückgelassen.

Der älteste Strand mit angebohrten Geröllen lagert auf einer Brandungsplattform, die in 26 m Höhe mit einer Brandungshohlkehle endet. Darüber lagert der Boden einer kalt-trockenen Periode, der oberflächlich verwittert ist (feucht-warm). Der zweite Strand liegt diskordant über dem ersten und hat in diesen eine kleine Stufe eingeschnitten (um 26 m). Darüber lagern hell-braune Schluffe einer kalt-trocke-

nen Periode. Der dritte Strand lagert auf einer Plattform, die in den zweiten geschnitten wurde (24,25 m bis 26,55 m). Dieses Niveau lieferte zwei Austern: *Gryphaea virleti* und *Gr. cucullata*.

Bei erneuter Regression lagerte hinter dem Strand eine oberflächlich verwitterte Düne ab, über der sich ein brauner Boden mit zahlreichen terrestrischen Gastropoden entwickelte (temperiertes Klima). Er wird seinerseits wieder von hell-grauen Schluffen einer kalt-trockenen Periode überdeckt.

Die drei Phasen sind Zeugnisse einer zunächst regressiven Tendenz (Lage der Sturmnieaus), die dann nochmals durch einen stärkeren Vorstoß unterbrochen wird.

Auf die oben beschriebenen Mindelablagerungen folgen Sedimente des Mindel-Riß-Interglazials, des Riß-Glazials, des Riß-Würm-Interglazials (durch Erosion fast ganz abgetragen), des Würm-Glazials und des Postglazials. Das Entwicklungsstadium des 2,50 m mächtigen Mindel-Riß Bodens (reich an Tonfraktionen und Eisen, Entkalkung des oberen Horizontes und Kalkkrustenbildung) läßt auf ein warm-feuchtes Klima schließen und ist typisch für den SE-Frankreichs.

Menschliche Werkzeuge und Fauna: 21 Niveaus mit Werkzeugen des älteren Acheuléen wurden nachgewiesen, 6 davon fanden sich unter dem letzten Strandwall, 4 im letzten Strandwall und 11 in der Düne. Es handelt sich hierbei wahrscheinlich um jahreszeitlich bedingte Aufenthalte von Jägern. Über Einzelheiten liefert die Abhandlung H. de Lumleys (1969) wertvolle Auskünfte.

Tyrrhen

Besonders um die Stellung des Tyrrhens innerhalb der Quartärchronologie und dessen Einordnung in die alpine Folge wurden und werden heftige Diskussionen geführt. Es handelt sich um die Niveaus 24 m und 12 m, die sich im Untersuchungsbereich entlang der gesamten Küste als tektonisch ungestörtes „Band“ finden lassen und in verschiedenen Höhlen gut konserviert wurden. Den Höhlenfunden muß eine besondere Stellung beigemessen werden, da ihre reichhaltige Fauna und die prähistorischen Funde eine genauere zeitliche Einordnung zulassen.

Im Folgenden werden zunächst einige der wichtigsten Aufschlüsse erläutert, um dann in die Diskussion der glazialchronologischen Einordnung treten zu können. Nicht alle Funde im 24 m-Bereich müssen unbedingt in das Tyrrhen gestellt werden, sie können aber zur Klärung der Frage beitragen, ob zwei verschiedene Meere im 24 m-Bereich der Alpes-Maritimes ihre Spuren hinterlassen haben.

I. Gîte des Moulins

Der Gîte des Moulins ist ein großes unterirdisches Karstsystem, das von drei Meeren überformt wurde. Das 33 m-Meer hat eine Brandungsplattform über dem System ausgebildet, doch findet man nie marine Sedimente dieses Niveaus in den Grotten. Ein 24 m-Meer hat in den Höhlen bereits vorher existierende Kontinentalablagerungen erodiert und umgelagert und Spuren mariner Erosion hinterlassen (Bohrlöcher von *Lithodomus* enden bei + 24 m). In den Höhlen, deren Schwellen über + 25 m liegen, sind keine marinen Ablagerungen mehr vorhanden. Die Fauna des 24 m-Niveaus enthält besonders tropische Elemente (*Arca plicata*) und ist damit wärmer als das 33 m-Meer mit *Patella ferruginea*, *P. lusitanica*, *Loripes lacteus* etc.

Die Morphologie der Grotten erklärt sich nur aus der Tatsache, daß eine lange Regression zwischen dem 33 m- und 24 m-Meer geherrscht haben muß, die das Eindringen kontinentaler Sedimente erlaubte.

II. Cap Ferrat (Gîte Risso)

Die Ablagerungen des Cap Ferrat wurden schon am Anfang des 20. Jh. untersucht und gaben den Anstoß für Überlegungen über glazialeustatische Meeresspiegelschwankungen: A. Risso (1813, 1826), De-

péret, Caziot u. Mary (1903–06), J. Bourcart u. M. Siffre (1958/59), E. Bonifay (1959/60/62), G. Iaworsky (1959), H. de Lumley (1969).

Der Gesamtaufschluß reicht von 12,32 m bis 28,79 m. An einigen Stellen haben sich Reste eines fossilen, teilweise submarinen Kliffs erhalten, Reste einer Brandungsplattform finden sich vereinzelt nur in + 20 m. Im unteren Bereich der Brandungsplattform lagert zwischen großen angebohrten Blöcken und Geröllen feines Material, das Mollusken, die in größerer Wassertiefe leben, enthält. Darüber liegen ein ähnlicher Feinsand, Schlickreste und Feinmaterial mit Spuren von Algen. Diese Sedimente weisen eine gewisse Ähnlichkeit mit denen des Cap Martin auf. Die Sedimentationsfolge entspricht einer Ablagerung bei ruhiger See und in einer gewissen Wassertiefe. Heute dagegen ist das Meer in diesem Bereich sehr aktiv.

Da sich Strandwallreste nur in 22–23 m Höhe befinden, liegt die maximale Transgression bei höchstens + 24 m und nicht bei + 30 m. Eine gleiche Düne überlagert die Sedimente im 12 m- und 24 m-Bereich.

J. Bourcart u. M. Siffre (1958) geben eine Liste von 31 Lamellibranchiaten und 45 Gastropoden, unter denen sich *Strombus bubonius* nur im 12 m-Niveau befinden.

III. Grotte du Lazaret (Bild 2):

Dieses wohl größte Grabungsunternehmen im südostfranzösischen Raum, das unter der Leitung von H. de Lumley durchgeführt wird, gibt einen sehr genauen Einblick in die Stratigraphie vom Mindel-Riß-Interglazial bis hin zum Würm. Die zahlreichen Faunenfunde und Artefakte lassen eine Einordnung der marinen und kontinentalen Sedimente in die Glazialchronologie zu. Eine detaillierte Beschreibung der Grotte findet sich in einem Sonderband von H. de Lumley (1969). Bild 2 zeigt einen Schnitt durch die Ablagerungen, die teilweise in der Höhle selbst und besonders in einem ca. 14 m tiefen Schacht aufgeschlossen sind. Die würmzeitlichen kontinentalen Ablagerungen verschlossen den Höhleneingang.

Die marinen Sedimente bestehen überwiegend aus Geröllen und Sanden (gelbe Feinsande, 10 % Kalk, einige Quarzkörner kantig, viele angerundet-glänzend, einige rund-matt), die in den Kalk erodierte Schüsseln ausfüllen. Sie liegen zwischen + 18,50 m und + 20,35 m und fallen leicht zum Meer hin ein. Die Gerölle sind überwiegend umgelagerte Verwitterungsprodukte der Kalkwände der Grotte. Fossilien sind zahlreich vorhanden:

- a) Mollusken: *Melaraphe neritoides*, *Bittium reticulatum*, *Rissoa similis*, *Rissoa variabilis*, *Spondylus gaederopsis*, *Nassa ferussacei*, *Acycla corniculum*, *Hyalina*.
- b) Foraminiferen: *Cibicides lobatulus*, *Elphidium crispum*, *Bolivina dilatata*, *Gypsina vesicularis*, *Globigerina inflata*, *Orbulina universa*, *Streblus beccarii*, *Textularia sagittula*.

Das Vorhandensein von Mollusken, die in der Gischtzone oder in geringer Meerestiefe leben, sowie Bohrlöcher von *Lithophaga lithophaga* weisen auf Ablagerungen bei geringer Meerestiefe und bewegtem Meer oder in Grotten hin. Die sedimentologischen Untersuchungen stützen diese Beobachtungen: wenig gerundetes Material, parabolischer Verlauf der granulometrischen Kurve, Abplattungsgrad 2,02, Dissymetrieindex 0,64, 10 % Anteil an kantigen Elementen, wenig abgerollte Fragmente großer Gastropoden. Die Besonderheit der Höhle liegt darin, daß der Wasserspiegel im Höhleninnern durch eine Schwelle von dem des Meeres getrennt war. Das Meeresniveau muß tief genug gelegen haben, um bei Sturm ein Rollen der Gerölle und ein Zerbrechen der Muscheln zu gewährleisten, aber auch genügend hoch, damit die Wellen die Schwelle überwinden konnten. Typisch „senegalesische“ Fauna wurde nicht gefunden.

Die kontinentalen Riß-Ablagerungen bestehen im wesentlichen aus größeren Blöcken und Frostschutt, die in einen roten Ton eingebettet sind. Schwankungen im Prozentanteil an Frostschutt und Feinmaterial, Kalklagen sowie Verwitterungshorizonte weisen auf klimatische Schwankungen innerhalb dieses Glazials. In den Riß-Ablagerungen wurden Artefakte des Acheuléen sowie Reste des Waldelefanten *Palaeoloxodon antiquus* nachgewiesen.

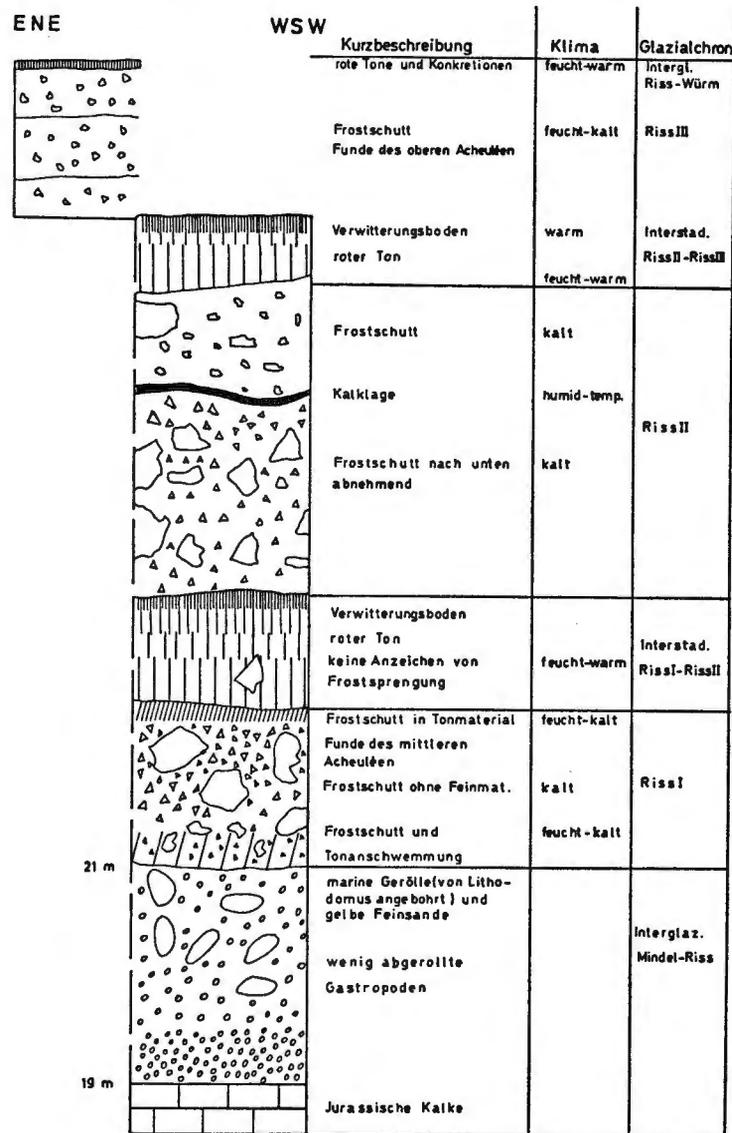


Bild 2. Grotte du Lazaret (nach Angaben in H. de Lumley, 1969).

Die Sedimente des Würm führten zur Schließung der Grotte. Sie sind zeitlich verschiedener Entstehung, da sie sich nach zwei verschiedenen Richtungen hin abdachen (zum Grotteninnern, zum Meer). Die allochthonen Sedimente stammen von den Hängen des Mt. Boron, aus der Abtragung eines älteren Paläobodens.

IV. Grottes de Grimaldi (Bild 3 u. 4):

Die jüngeren Untersuchungen von S. Simone (1968/69/70), Barral/Simone (1971) haben neue Überlegungen zur Diskussion um das 24 m-Niveau und das Tyrrhen gebracht. Zwar wurden Ablagerungen in der Nähe der Grotteingänge schon früher beschrieben, doch war die Existenz älterer Ablagerungen bis dahin unbekannt. Ihr mögliches Vorhandensein wurde allerdings von vielen Autoren aufgezeigt: L. de Villeneuve (1902), M. Boule (1910), J. J. Blanc (1955), G. Iaworsky (1962), E. u. M. F. Bonifay (1962), H. de Lumley (1963, 1969).

Als Grottes de Grimaldi bezeichnet man zusammenfassend die Höhlen (W-E Abfolge): Gr. Constantini, Gr. des Enfants, Gr. Florestan, Gr. Cavillon, Barma Grande, Gr. du Prince. Die folgenden Untersuchungen stammen aus der Grotte du Prince, die Angaben wurden der Arbeit von S. Simone entnommen.

Diese Höhle wurde an einem Kontakt von Jurakalken zu Cenoman-Mergeln in einer SE-NW verlaufenden Kluft ausgebildet. Die Westwand ist stärker überformt, die Brandungshohlkehlen in diesem Bereich sind stärker erkennbar (überwiegend E-Winde). Die Ablagerungen an der E-Wand sind dagegen mächtiger.

In der Nähe des Höhleneingangs (Bild 3) finden sich die Ablagerungen des Tyrren-Meeress in ca. 11–12 m Höhe. Ihnen lagert das Würm direkt auf. Die marinen Ablagerungen bestehen aus einem Geröllgürtel (0,3 m) und gröberen Muschelsanden (1,6 m) und einem weiteren Geröllgürtel (2 m), der besonders im hinteren Höhlenbereich einen Wulst von *Uermetus triqueter* überdeckt.

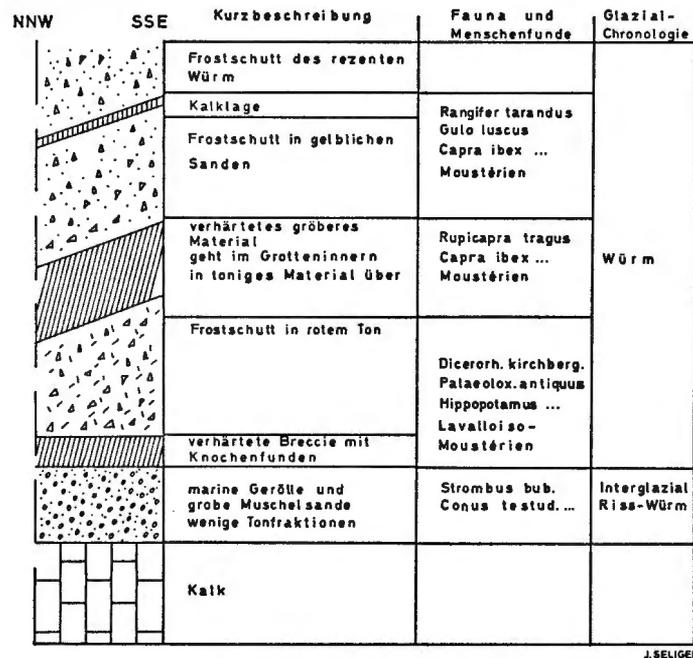


Bild 3. Grotte du Prince (E-Wand).
Schematischer Längsschnitt durch die Ablagerungen Riß-Würm
und Würm (nach Angaben in S. Simone, 1970).

Die Kalkgerölle an der Basis (Medianwert 27 mm) sind im Gegensatz zu denen in der mittleren Lage (Medianwert 28 mm) und denen der Regressionsphase (Medianwert 75 mm) stark abgerundet. In der mittleren Lage sind 62,1 % Kalkgerölle (meist angebohrt) und 27,9 % Glaukonite. Die Kurven der Sandfraktionen aller drei Lagen zeigen einen parabolischen Verlauf (nicht gerundetes Material an einem submarinen Kliffuß abgelagert).

Die groben Muschelsande, sogenannte „Panchina“, enthalten diverse Algen, wenige Foraminiferen (*Cibicididae*, *Elphididae*) und ca. 10 % Gastropoden, Lamellibranchen und Echinodermen. Diese Sedimente müssen im infralitoral Bereich abgelagert worden sein, unter einer so hohen Wassersäule, daß die hydrodynamischen Vorgänge der Meeresoberfläche nicht mehr wirksam waren. Die groben Muschelsande können somit bei einem Meeresstand von + 24 m sedimentiert worden sein. Die Rückzugsstadien

des Meeres sind durch Krusten von *Uermetus triquetus* und durch Kalkalgen bei + 12,5 m und + 11 m an den Grottenwänden zu verfolgen.

Somit dürfte dieses Niveau nicht als reine Strandablagerungen angesehen werden, wie es die Forscher M. Boule (1900), G. Iaworsky (1961), H. de Lumley 1963, 1969), J. C. Miskowsky (1963) tun. Da die Sedimente unter einer größeren Wassersäule abgelagert wurden – es ergibt sich eine gewisse Parallele zu den Ablagerungen auf dem Cap Ferrat –, sind sie mit einiger Sicherheit nicht einer eigenständigen Transgressionsphase zuzuordnen (typisches Strombenniveau des Riß-Würm-Interglazials nach den obigen Forschern).

In der sogenannten „Banquette Flamand“ (Breccien, die Knochenreste des älteren Moustérien enthalten), die den Tyrrhen-Ablagerungen auflagert, sahen J. J. Blanc, J. Picard und C. Barral Ablagerungen einer posttyrrhenischen Transgression bis zu + 13 m, da sie von Lithophagen angebohrt scheint. Diese Annahme ist unwahrscheinlich, da dieses Meer die lockeren Sedimente an der E-Wand im vorderen Höhlenbereich hätte wegspülen müssen, und es sich bei den „Bohrlöchern“ nur um Vakuole mit eingelagerten noch unbestimmten Körnern handelt.

Die Würm-Sedimente sind meist Breccien mit rötlich-tonigem Bindemittel. Die granulometrische Kurve zeigt einen parabolischen Verlauf (kaum gerundeter Hangschutt), das sandige Material enthält Reste von Küstendünen.

1. Würm I: warme Fauna: *Palaeoloxodon antiquus*, *Dicerorhinus kirchbergensis*, *Hippopotamus major* etc., sowie Artefakte des Moustérien.

2. Würm II: Abkühlung: *Capra ibex*, *Rupicapra trajus* ... Funde des Moustérien.

3. Würm III u. IV: kälteres Klima: *Rangifer tarandus*, *Gulo luscus*, *Arctomys marmotta*, *Capra ibex*, *Rupicapra trajus* ... Funde des oberen Paläolithikums.

Hinter den Ablagerungen des Tyrrhen und des Würm, d. h. höhleneinwärts, wurden Sedimente des Mindel-Riß-Interglazials und des Riß gefunden (Bild 4). In den marinen Sedimenten ist infolge der Härte der Ablagerungen die allgemeine Makrofauna schwer bestimmbar. Die Sedimente bestehen überwiegend aus Kalkelementen; sie sind reich an biogenen Bruchstücken (Gastropoden, Echinodermen, Bryozoen etc.), Foraminiferen sind recht häufig zu finden. Das Bindemittel ist meist auskristallisierter Calcit. Sedimentologische Untersuchungen haben ergeben, daß das Material überwiegend von der biologischen Abtragung der unteren Bereiche des küstennahen Felsens stammt. Identische Ablagerungen finden sich heute bei Wassertiefen um – 40 m (J. M. Pérès, J. Picard, J. J. Blanc). Das dazugehörige Meer muß demnach noch weit über + 24 m gelegen haben, das Material selbst wurde am Fuße eines Kliffs abgelagert. Vor der endgültigen Zementierung kam es zur Oxydation der Bruchstücke.

Die Autoren J. J. Blanc u. C. Froget weisen darauf hin, daß die marinen Ablagerungen M1/M2 denen des älteren Pleistozäns gleichen, die sich zur Zeit auf dem Präkontinent der Provence unter NN befinden. Sie schließen eine Zugehörigkeit zu den Sizil-Formationen nicht aus.

Ein Vergleich der marinen Sedimente zeigt folgende Ergebnisse:

1. Gemeinsame Herkunft der Bestandteile.
2. Ähnliche Fazies von M2/M1 in ähnlichen Proportionen.
3. Anzeichen einer gewissen granulometrischen Entwicklung.

Die Unterschiede in der Fazies M2/M1 und M3 können auf veränderte Sedimentationsbedingungen im gleichen Meer beruhen, oder aber zwei verschiedenen Meeren zugeschrieben werden.

Die terrestrischen Sedimente finden sich in den Höhenlagen: 16,5–17,5 m (Br 1), 14–16,2 (Br 2), 16,5–17,4 und 23–24 m (Br 3). Die Ablagerungen von Br 3 sind am E-Hang der Grotte nur noch in wenigen Resten erhalten. Br 2 und Br 1 zeigen eine starke Ähnlichkeit in der Fazies, wobei der Medianwert der Gerölle in Br 1 etwas größer ist (60 cm gegenüber 45 cm). In beiden Ablagerungen sind ca. 90 % der Quarzfraktionen eckig. In Br 2 weist das Bindemittel keine Bohrlöcher von *Lithodomus* auf.

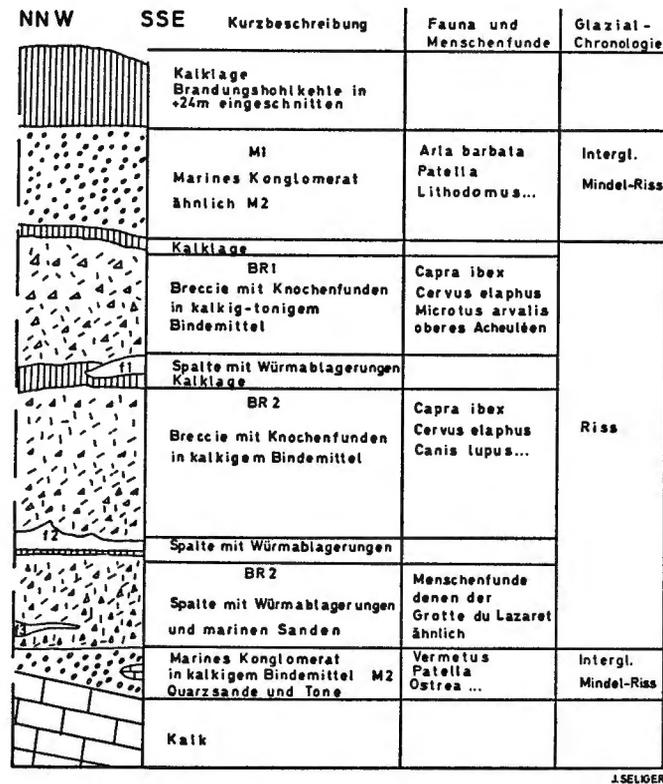


Bild 4. Grotte du Prince (E-Wand).
Schematischer Längsschnitt durch die Ablagerungen Mindel-Riß
und Riß (nach Angaben in S. Simone, 1970).

Faunenfunde: Da die Ablagerungen sehr hart sind, ist die Ausbeute gering. Überwiegend wurden *Cervus elaphus*, *Capra ibex*, *Canis lupus* gefunden. Hirsche überwiegen in Br 2 (relativ humides Klima), Steinbock in Br 1 (relativ trocken). Die Kleinfaina (*Oryctolagus cuniculus*, *Glis glis*, *Microtus arvalis*, *Apodemus sylvaticus*) weist nach J. Chaline eine große Ähnlichkeit mit der in der Grotte du Lazaret auf. An der Basis von Br 2 wurden menschliche Überreste und Werkzeuge aus dem Acheuléen gefunden (starke Analogie zu Lazaret).

Im Rahmen der gesamten Sedimentationsfolge dieser Höhle ist hervorzuheben, daß die älteren marinen und kontinentalen Ablagerungen bis zu + 24 m nachträglich marin überformt wurden. Von dieser Überformung zeugen Hohlkehlen und Spalten in den Grottenwänden bzw. in den Ablagerungen. Die Spalten, die mit Sedimenten des Tyrrhen-Meeress und des Würm ausgefüllt sind, liegen in den Höhen 14,2 m, 14,9 m, 16,5 m, 19,5 m. Die kontinentalen Ablagerungen weisen besonders starke Überformungen in + 24 m und + 16–17 m auf. Das 24 m-Niveau läßt sich durchgehend an den Grottenwänden und Br 1 verfolgen, sein Erhaltungszustand ist im Gegensatz zu den anderen Brandungshohlkehlen am frischesten.

Die entscheidenden Argumente für die Zuordnung dieses 24 m-Niveaus zum Tyrrhen-Meer sind:

1. Überformung der gesamten marinen wie terrestrischen Ablagerungen.
2. Ein Interstadium Riß hätte bei den guten Sedimentationsbedingungen und Konservierungsverhältnissen Ablagerungen in der Höhle hinterlassen müssen.
3. Sehr wahrscheinlicher Zusammenhang zwischen dem 24 m-Niveau und den marinen Ablagerungen im 12 m-Bereich.

Glazialchronologische Einordnung: In den obigen Abhandlungen wurden verschiedene Fakten genannt, die zu einem Datierungsversuch herangezogen werden können:

1. Starkes Vorkommen von warmer Fauna mit *Strombus* im 12 m-Niveau.
2. Typische Fauna und Funde des Moustérien im 12 m-Bereich.
3. Typische Fauna und Funde des Acheuléen in der Grotte du Lazaret, Grotte du Prince ...
4. Zusammenhang zwischen den Ablagerungen im 12 m-Bereich und dem Meeresspiegelstand bei + 24 m.
5. Nachträgliche Überformung der marinen wie terrestrischen Sedimente in der Grotte du Prince.
6. Immer direktes Auflagern von Würm-Sedimenten auf die Sedimente des Tyrrhen.
7. Korrelationsmöglichkeiten mit den fluviatilen Terrassen des Var (22 m, 24 m, 34 m, 84 m, 108 m, 113 m).
8. Zahlreiche Zeugen in der Umgebung Nizzas, die auf zwei mögliche marine Transgressionen im 24 m-Bereich deuten.

Bei der chronologischen Einordnung der Sedimente der Grotte du Lazaret ging H. de Lumley von den prähistorischen Funden des Acheuléen aus, deren Niveau er in das Riß stellt. Somit gehören die marinen Ablagerungen und die Brandungshohlkehlen (+ 24 m) in das Mindel-Riß-Interglazial oder in eines der Interstadien von Riß. Eine Zugehörigkeit dieser Ablagerungen zum Riß-Würm-Interglazial schließt er aus folgenden Gründen aus:

- a) Das Acheuléen ist noch nicht genug entwickelt.
- b) Vorkommen des *Palaeoloxodon antiquus* (in der Grotte du Prince zum ersten Beginn des Würm nachgewiesen).
- c) Die folgenden Ablagerungen sind zu mächtig, um in das Würm I gestellt werden zu können. Das Würm I würde zu viele klimatische Oszillationen ausweisen.

Nach Ansicht von H. de Lumley und G. Iaworsky habe das typische Strombenniveau im Bereich der Alpes-Maritimes nie die 12 m-Grenze überschritten und trennen diesen Bereich strikt vom 24 m-Niveau. Das Fehlen von *Strombus bubonius* im 24 m-Bereich kann aber an vielen Stellen durch die Morphologie erklärt werden (Steilheit der Küste, bevorzugte Ablagerung am Kliffuß).

Da die maximale Transgression des Tyrrhen mit einiger Sicherheit das 24 m-Niveau erreicht hat, sich aber von dem 24 m-Niveau der Grotte du Lazaret, des Gîte des Moulins etc. unterscheidet, ist anzunehmen, daß es zwei verschiedene Transgressionen im 24 m-Bereich der Alpes-Maritimes gegeben hat. Das eine Niveau datiert somit in das Mindel-Riß-Interglazial (oder ein Riß-Interstadial), das andere in das Riß-Würm-Interglazial. Die entsprechenden Terrassen des Var wären a: + 24 m, b: + 22 m. Die Riß-Ablagerungen der Grotte du Lazaret wären vor der zweiten Transgression durch die Ablagerungen des Riß III geschützt worden.

Problem des 16–17 m-Niveaus

G. Iaworsky (1965, 1966) beobachtete in Nizza und Monaco verschiedene Niveaus in + 16 bis 17 m, die unabhängig vom 24 m-Niveau zu sein scheinen. Wegen des Fehlens einer Fauna ist jedoch keine eindeutige Datierung möglich. Ist dieses Niveau in eines der Interstadien von Riß zu stellen, oder gibt es den Stand der tiefsten Regression des 33 m-Meeres an?

Neotyrrhen

Die allgemeine Würm-Regression wurde durch einen Meeresspiegelanstieg im Interstadial Würm I/II unterbrochen. Dieses Niveau findet sich durchschnittlich bei + 3 bis + 8 m. Die Ablagerungen sind durch Muschelsande ohne Stromben gekennzeichnet. Bohrlöcher an der Kalkküste weisen auf einen progressi-

ven Meeresspiegel hin; sie finden sich an einigen Stellen sogar in den untersten Lagen des Eutyrrhen und der Würm I-Ablagerungen. In diese Periode fällt noch die Bildung der letzten roten Böden, die dann später in braune Bodenbildungen ohne tiefgründige Verwitterung übergehen.

Der Würmzyklus

P. Mars nimmt für die maximale Würm-Regression ein Absinken des Meeresspiegels um ca. -110 m an. Er stützt sich dabei auf die heute überflutete boreale Fauna des „Golfe du Lion“ und des „Golfe de Gênes“. Ein großer Teil des heute submarinen Bereichs wurde trockengelegt, was zu einer verstärkten Tiefenerosion der Küstenflüsse und zur „Verjüngung“ der Talwege einiger submarinen Canyons führte (J. Bourcart). Es kam zu zahlreichen Dünenbildungen und sonstigen äolischen Ablagerungen, die z. T. unter NN nachgewiesen wurden.

Ablagerungen des Würm I bis Würm IV wurden an vielen Fundorten festgestellt. Die unterschiedliche Fazies in den einzelnen Lagen sowie Faunenfunde lassen Klimaschwankungen erkennen. Funde des Moustérien wurden im Würm I gemacht, die des Aurignacien im Würm III.

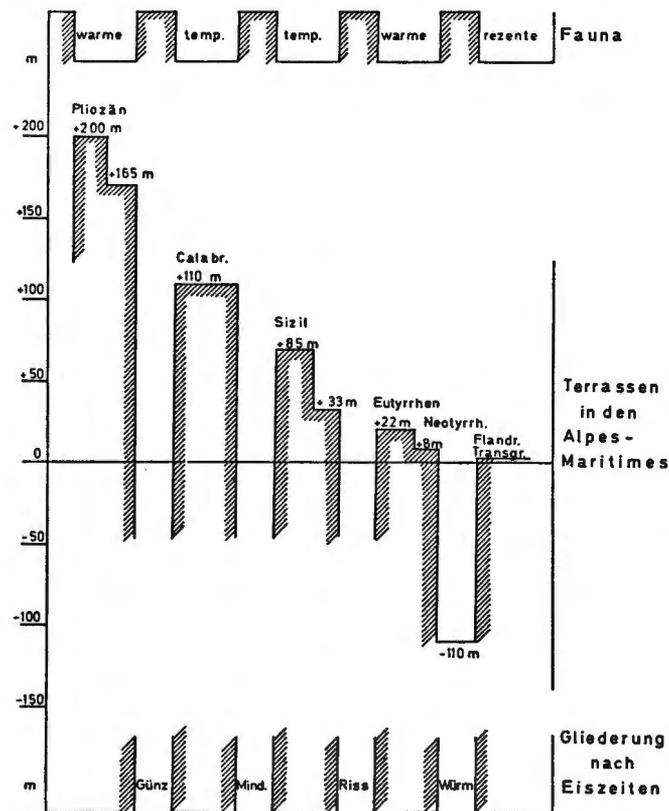


Bild 5. Transgressionsverlauf in den Alpes-Maritimes. Regressionsamplituden wurden nach unten offen gelassen, da in den meisten Fällen unbekannt.

Flandrische Transgression

Diese Transgression hatte nur eine sehr kleine positive Amplitude bis $+1$ m und hat in der Küstenmorphologie wie im Unterlauf der Flüsse keine merklichen Spuren hinterlassen. Der Anstieg nach der Regression bis in das heutige Niveau hat an anderen Stellen der französischen Mittelmeerküste zur Torf-

Stufen	Unterstufen	Meeresbewegungen	Höhe m	Glazial - Chronologie	marine Fauna	kontinentale Fauna	Prähistorische Funde
Versil Flandr. Transgr.	mittleres	aktuelles Niv.	0	Post-Glazial	aktuelle	aktuelle	oberes Paläolithikum
	unteres	Transgression max. Regress.	-110		Würm [R-W]	kalt	kalte Fauna (Ren, Mammut)
TYRRHEN	oberes (Neotyrrhen)	Regression Transgression Regression	+8	Inter W I / W II R-W [M-R]	warm	Pal. antiquus	oberes Acheuléen
	mittleres (Eutyrrhen)	max. Transgr.	+20/+22		warm		
	unteres	Transgression max. Regress.	-50/-100?				
Sizil	oberes	Regression Zwischenstad.? Regression	+20/+25?	Riss Inter R I / R II [Inter M I - II]	temperiert	Dic. kirchbergensis Hippopotamus	mittleres Acheuléen
	mittleres (Milazzo)	Transgression Regression	+33		temperiert		
	unteres (typ. Sizil)	max. Transgr.	+85		M-R [G-M]		
		Transgression Regression			Mindel		
Calabrische Stufe	obere	Regression	+108/+110	Günz - Mindel [D-G]	temperiert	Verschwinden einiger Elemente des Villafranca	Funde der Grotte du Vallonet
	untere	max. Transgr. Regression			Günz		
Pliozän	oberes	Regression	+200?	Donau?	temperiert	Arch. meridionalis Equus stenonis (?)	
	mittleres	max. Transgr.			warm plioz. Fauna	pliozäne Fauna	

Bild 6. Glazialchronologie der Alpes-Maritimes. Die Tabelle bezieht sich auf die Interpretation E. Bonifays, 1965. Die unterschiedliche Interpretation H. de Lumleys steht in Klammern dahinter.

bildung mit rezenter Flora und mächtigen alluvialen oder lagunären Auffüllungen geführt (Giens, Hyère).

Schlußbemerkung

Die vorliegende Abhandlung hat gezeigt, wie komplex das Problem der glazialchronologischen Einordnung der Ablagerungen verschiedener Meeresspiegelstände im Bereich der Alpes-Maritimes ist. Die gewonnenen Ergebnisse gelten nur für diesen Bereich und sind mit denen des übrigen französischen wie weiterer Gebiete des Mittelmeeres zu vergleichen, was wegen der Kürze dieser Arbeit nicht möglich ist. Ein weiterer Beitrag könnte noch das genauere Studium der Terrassen der Küstenflüsse liefern. Auf die Schwierigkeiten einer Abgrenzung zwischen marinen wie fluviatilen Geröllen innerhalb eines Milieus muß hingewiesen werden. Die besonderen hydrodynamischen Verhältnisse der Küstenflüsse im Untersuchungsbereich können das Sedimentationsbild ebenfalls verfälschen.

Bild 5 stellt den Transgressions- wie Regressionsverlauf des Meeres vom Ende des Pliozäns bis zum heutigen Niveau dar. Da die Regressionsamplituden meist unbekannt sind, wurden die Kurven nach unten hin offengelassen. Neuere Tauchversuche von H. de Lumley in der Rade de Villefranche weisen auf mehrere Niveaus.

Bild 6 stellt die gewonnenen Ergebnisse nochmals dar. Es stützt sich auf die Auffassung E. Bonifays und gibt die gegensätzlichen Interpretationen H. de Lumleys in Klammern wieder. Die Divergenz bisheriger Meinungen ist erheblich, einige Ansichten müssen aber aufgrund neuer Erkenntnisse revidiert werden.

Literaturverzeichnis
(Auswahl)

- Barral, L. et Simone, S.: Nouvelles fouilles à la grotte du Prince (Grimaldi). Découverte de Paléolithique inférieur. Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 14, 5-23, 1968.
- Sur la présence à la grotte du Prince de brèches à ossements rissiennes et de formations attribuables à la mer Mindel-Riss. C. R. Ac. Sc., D, t. 268, 637-640, 1969.
- Bellaïche, G.: Géologie sous-marine de la marge continentale au large du massif des Maures et de la plaine abyssale ligure. Rev. Géogr. phys. Géol. dyn., XII, 403-440, 1970.
- Les dépôts quaternaires immergés du Golfe de Fréjus. In: The Mediterranean Sea (J. Stanly Ed.), 1972.
- Morphologie et sédimentologie de la terminaison des canyons sous-marins au large de la région toulonnaise. Rév. Inst. Fr. Pétr. XXVIII, 2, S. 251-258, Paris 1973.
- Blanc, J.-J.: Sédimentation à la Grotte du Prince. Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 2, 125-148, 1955.
- Recherches de sédimentologie littorale et sous-marine en Provence occidentale. Ann. Inst. océanogr. XXXV, 1, 1958.
- Les sédiments de la Grotte du Lazaret (Nice). Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 6, 85-124, 1959.
- Recherches sur les sédiments argileux des grottes dans le sud-est de la France. Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 11, 5-35, 1964.
- Le Quaternaire marin de la Provence et ses rapports avec la géologie sous-marine. Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 13, 5-28, 1966.
- Blanc-Vernet, L.: Les milieux sédimentaires littoraux de la Provence occidentale (côte rocheuse). Relations entre la microfaune et la granulométrie du sédiment. Bull. Inst. océanogr. Monaco 1112, 1958.
- Bonifay, E.: Recherches sur les terrains quaternaires dans le sud-est de la France. Publ. Inst. préh. Univ. Bordeaux, 1962.
- Pliocène et Pleistocène méditerranéen. Vue d'ensemble et essai de corrélation avec la chronologie glaciaire. Annales de Paléontologie, Vertébrés, T. L, 197-226, 1964.
- Remarques sur le Pleistocène des Alpes-Maritimes. Bull. Soc. Géol. France 6, 946-956, 1965.
- Bonifay, M.-F. et Bonifay, E.: Sur l'existence de dépôts quaternaires pré-würmiens dans la Grotte du Prince. L'Anthropologie 66, 90-99, 1962.
- Bonifay, E. et Mars, P.: Le Tyrrhénien dans le cadre de la chronologie quaternaire méditerranéenne. Bull. Soc. Géol. France 7, 62-78, 1959.
- Boule, M.: Les brèches osseuses à perforations de Lithodomes de la Grotte du Prince. Bull. Soc. Géol. France X, 406-411, 1910.
- Bourcart, J.: La marge continentale. Essai sur les régressions et transgressions marines. Bull. Soc. Géol. France VIII, 393-474, 1938
- Les gisements quaternaires marins du littoral des Alpes-Maritimes. Livret-Guide XVIe Congr. préh. Fr. Monaco, 73-87, 1959.
- Bourcart, J. et Siffre, M.: Le quaternaire marin du pays niçois. Bull. Soc. Géol. Fr., 715-730, 1958.
- Depéret, Ch.: Les anciennes lignes de rivage de la côte française de la Méditerranée. Bull. Soc. Géol. Fr. 6, 207-230, 1906.
- Gagnière, S.: La grande faune de la Grotte du Lazaret. Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 6, 141-150, 1959.
- Glangeaud, L., Bellaïche, G. et alii: Morphologie, tectonophysique et évolution géodynamique de la bordure sous-marine des Maures et de l'Estérel. Relations avec les régions voisines. Bull. Soc. Géol. Fr. 7, 998-1009, 1965.
- Iaworsky, G.: La Grotte du Vallonet. Livret-Guide du Congr. préh. Fr., 103-106, 1959.
- Coupe quaternaire Terra Amata gîte bd. Carnot (Nice). Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 6, 185-204, 1959.
- Quelques coupes dans les terrains quaternaires à Monaco et dans les Alpes-Maritimes. Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 10, 25-62, 1963.
- Le problème du Calabrien et du Sicilien dans les Alpes-Maritimes. C. R. Ac. Sc. Paris 258, 2118-2121, 1964.
- La présence de six cycles sédimentaires associés à six terrasses de l'estuaire du Var dans la stratigraphie des limons rouges à Nice. C. R. Ac. Sc. Paris 273, 1775-1778, 1971.

- Iaworsky, G. et Bagnères, J.: Gîte des Moulins. Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 11, 37-60, 1964.
- Lumley, H. de: Les niveaux quaternaires marins des Alpes-Maritimes. (Corrélation avec les industries préhistoriques.) Bull. Soc. Géol. Fr. 5, 562-579, 1963.
- Les fouilles de Terra Amata à Nice. Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 13, 29-52, 1966.
 - Les plages quaternaires entre Nice et Menton. Livret-Guide de l'Excursion A 9, 48-74, 1969.
 - Une cabane acheuléenne dans la Grotte du Lazaret (Nice). Mém. Soc. Préh. Fr. 7, Paris 1969.
 - La Paléolithique Inférieur et Moyen du Midi Méditerranéen dans son Cadre Géologique. Tome I: Ligurie-Provence. Ve Suppl. Gallia Préhist., Paris 1969.
 - Tome II: Bas-Languedoc-Roussillon-Catalogne. Paris 1971.
- Lumley, H. de, Gagnière, S. et Pascal, R.: Découverte d'outils préhistoriques d'âge villafranchien dans la Grotte du Vallonet. C. R. Ac. Sc. Paris, 4261-4262, 1963.
- Mars, P.: Les faunes et la stratigraphie du Quaternaire méditerranéen. Rec. Trav. St. mar. Endoume 28, fasc. 43, 61-97, 1963.
- Miskovsky, J.-C.: Etude sédimentologique de quelques dépôts quaternaires marins entre Nice et Grimaldi. Bull. Soc. Géol. Fr. 5, 580-586, 1963.
- Octobon, F. C. E.: La Grotte du Lazaret. Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 2-6, 8-9, 1955-1962.
- Pérès, J. M. et Picard, J.: Faunes froides et faunes chaudes de la Méditerranée quaternaire. Rapp. Comm. Intern. Explor. Scient. Méditerran. XVI, 509-514, 1958.
- Rehault, J. P. et coll.: Caractères structuraux et sédimentaires du plateau continental de Nice à Gênes. Bull. du BRGM, 4, S. 195-208, 1973.
- Risso, A.: Observations géologiques sur la presqu'île de Saint Hospice aux environs de Nice. Journal des Mones 200, XXXIV, 1813.
- Simone, S.: Les formations de la mer du Mindel-Riss et les brèches à ossements rissiennes de la Grotte du Prince. Bull. Mus. Anth. préh. Monaco 15, 5-90, 1968-69 (1970).