

STRATIGRAPHISCHE, MIKROFAZIELLE
UND TEKTONISCHE UNTERSUCHUNGEN
IM BEREICH DER PUNTA NEGRA
UND UMGEBUNG
(NURRA, NW - SARDINIEN/ITALIEN)

65 Seiten
35 Abbildungen
8 Tafeln
1 Geologische Karte

Diplom - Arbeit
von
BJÖRN HOLSTEIN

Vorgelegt beim
Fachbereich 17 (Geowissenschaften)
der Johann - Wolfgang - Goethe - Universität
in Frankfurt am Main

Frankfurt am Main, Juli 1996

Vorwort:

Zwischen 1978 und 1980 wurden von Prof. R. SCHROEDER (Frankfurt am Main) mehrere Diplomarbeiten im Bereich der Nurra (NW - Sardinien) vergeben, um die Stratigraphie und Mikrofazies der mesozoischen Kalke zu untersuchen, wobei besonders auf eine stratigraphische Zuordnung auf der Basis von Foraminiferen Wert gelegt wurde. Die noch bestehende Kartierungslücke im südlichen Bereich der Nurra wurde 1993 durch die Vergabe zwei weiterer Diplomarbeiten geschlossen: DEIL (in Vorber.) und die hier vorliegende Arbeit, so daß jetzt eine zusammenhängende geologische Karte (1 : 10 000) im Bereich Capo Caccia - M. Timidone - M. Zirra - M. Dolgia und Punta Negra existiert.

Meine Diplomarbeit wurde im Mai 1993 begonnen und im Juli 1996 abgeschlossen. In den Zeiträumen Mai bis Juli 1993, April bis Juni 1994 und Juni bis Juli 1995 erfolgten längere Geländeaufenthalte, die im September 1995 mit einem kurzen Aufenthalt ergänzt wurden.

Die Abschlußbegehung fand Ende Juni 1995 statt und wurde von Herrn Prof. R. SCHROEDER und Frau Prof. A. CHERCHI (Cagliari) vorgenommen.

Bedanken möchte ich mich an dieser Stelle bei Herrn Prof. R. SCHROEDER für viele informative Gespräche und Anregungen und die Unterstützung bei der Bestimmung der Mikrofossilien. Zu Dank verpflichtet bin ich auch meinem Kommilitonen THOMAS DEIL für die zahlreichen Diskussionen und Anregungen während des Geländeaufenthaltes und meiner Freundin CLAUDIA PORCHEDDU aus Alghero, die ich am Anfang meines ersten Aufenthaltes in Sardinien kennenlernte, und ihrer Familie für die freundliche Aufnahme während eines Teiles der Kartierarbeiten.

Weiteren Personen oder Institutionen, die mich auf vielfältige Art unterstützt haben, möchte ich ebenfalls danken:

- Frau Prof. A. CHERCHI für die Teilnahme an der Abschlußbegehung des Kartiergebietes.
- Herrn Prof. G. SIRNA (Rom) für die Bestimmung von Rudisten.
- Herrn G. GOTTWALD (Frankfurt am Main) für die umfangreiche Unterstützung bei den Laborarbeiten.
- Herrn B. KAHL (Frankfurt am Main) für die Beratung bei den Fotoarbeiten.
- Dem Forschungsinstitut der Universität von Sassari in Tramariglio (Porto Conte, Sardinien) für die Unterstützung bei der Auswertung der Luftbilder des Kartiergebietes.

INHALTSVERZEICHNIS:

	Seite
1. Allgemeiner Teil	1
1.1. Lage des Kartiergebietes	1
1.2. Morphologie, Vegetation und Hydrogeologie des Kartiergebietes	2
1.2.1. Morphologie	2
1.2.2. Vegetation	2
1.2.3. Hydrogeologie	3
1.3. Geologische Übersicht der Region Nurra	3
1.4. Stand der geologischen Bearbeitung der Nurra	4
1.5. Aufgabenstellung und Arbeitsmethoden	6
2. Stratigraphischer Teil	8
2.1. Übersicht der Stratigraphie des Kartiergebietes	8
2.2. TRIAS	8
<u>2.2.1. Keupervorkommen</u>	8
2.2.1.1. Keupermergel	9
2.2.1.2. Keuperdolomite	10
2.2.1.3. Ablagerungsbedingungen	12
2.2.1.4. Stratigraphische Stellung	12
2.3. JURA	14
<u>2.3.1. Kartiereinheit j5 (Kalke + Mergel)</u>	14
2.3.1.1. Lagerungsverhältnisse und Vorkommen	14
2.3.1.2. Allgemeine Beschreibung	15
2.3.1.3. Mikrofazielle Beschreibung	15

2.3.1.4.	Ablagerungsbedingungen	17
2.3.1.5.	Fossilinhalt	19
2.3.1.6.	Stratigraphische Stellung	20
<u>2.3.2.</u>	<u>Kartiereinheit j8 (Dolomit I)</u>	21
2.3.2.1.	Diskussion über die Entstehungsbedingungen der Dolomite	21
2.3.2.2.	Vorkommen und Beschreibung der Kartiereinheit j8	22
<u>2.3.3.</u>	<u>Kartiereinheit j9 (Kalke mit <i>Trocholina</i> sp.)</u>	22
2.3.3.1.	Lagerungsverhältnisse und .Vorkommen	22
2.3.3.2.	Allgemeine Beschreibung	22
2.3.3.3.	Mikrofazielle Beschreibung	23
2.3.3.4.	Fossilinhalt	24
2.3.3.5.	Ablagerungsbedingungen	25
2.3.3.6.	Stratigraphische Stellung	26
<u>2.3.4.</u>	<u>Kartiereinheit j10 (Dolomit II)</u>	26
2.3.4.1.	Vorkommen und Beschreibung	26
<u>2.3.5.</u>	<u>Kartiereinheit j11 (Kalke mit <i>Cladocoropsis mirabilis</i>)</u>	26
2.3.5.1.	Vorkommen und Lagerungsverhältnisse	26
2.3.5.2.	Allgemeine Beschreibung	26
2.3.5.3.	Mikrofazielle Beschreibung	27
2.3.5.4.	Fossilinhalt	27
2.3.5.5.	Ablagerungsbedingungen	29
2.3.5.6.	Stratigraphische Stellung	30
<u>2.3.5.</u>	<u>Kartiereinheit j12 (Dolomit III)</u>	31
2.3.6.1.	Vorkommen und Beschreibung	31
2.3.6.2.	Ablagerungsverhältnisse und Stratigraphie	31
2.4.	KREIDE	32
<u>2.4.1.</u>	<u>Kartiereinheit Miolidenkalke (kro2)</u>	33
2.4.1.1.	Vorkommen und Lagerungsverhältnisse	33
2.4.1.2.	Allgemeine Beschreibung	33
2.4.1.3.	Mikrofazielle Beschreibung	34
2.4.1.4.	Fossilinhalt	35

2.4.1.5.	Ablagerungsverhältnisse	37
2.4.1.6.	Stratigraphische Stellung	38
<u>2.4.2.</u>	<u>Kartiereinheit Rudistenkalke (kro3)</u>	39
2.4.2.1.	Vorkommen und Lagerungsverhältnisse	39
2.4.2.2.	Allgemeine Beschreibung	39
2.4.2.3.	Mikrofazielle Beschreibung	39
2.4.2.4.	Fossilinhalt	40
2.4.2.5.	Ablagerungsbedingungen	44
2.4.2.6.	Stratigraphische Stellung	44
<u>2.4.3.</u>	<u>Kartiereinheit Mergelkalke (kro4)</u>	44
2.4.3.1.	Vorkommen und Lagerungsverhältnisse	44
2.4.3.2.	Allgemeine Beschreibung	45
2.4.3.3.	Mikrofazielle Beschreibung	46
2.4.3.4.	Fossilinhalt	48
2.4.3.5.	Ablagerungsbedingungen	48
2.4.3.6.	Stratigraphische Stellung	48
2.5.	ABLAGERUNGEN UNSICHERER ALTERSSTELLUNG	50
2.6.	QUARTÄR	51
<u>2.6.1.</u>	<u>Prätyrrhenische äolische Ablagerungen</u>	51
<u>2.6.2.</u>	<u>Tyrrhen II</u>	52
<u>2.6.3.</u>	<u>Posttyrrhenische äolische Dünen</u>	54
3.	Tektonischer Teil	56
3.1.	Tektonischer Überblick über die Nurra	56
3.2.	Tektonisches Inventar	57
3.3.	Tektonischer Bau des Kartiergebietes	58
<u>3.4.</u>	<u>Tektonische Phasen</u>	58
3.4.1.	Austrische Phase	58
3.4.2.	Laramische Phase	58
3.4.3.	Pyrenäische Phase	59

3.4.4.	Jungalpidische Phasen	59
4.	Literaturliste	62
Anhang:	- Übersichtsprofil - Erläuterungen zu den Säulenprofilen - Lagekarte der Profilstrecken und Aufschlußphotos - Phototafeln mit Erläuterungen	
Beilage:	Geologische Karte des Arbeitsgebietes	

1. Allgemeiner Teil

1.1. Lage des Kartiergebietes

Das Kartiergebiet liegt im NW der Insel Sardinien (Italien) am Südrand der "Nurra" in der Nähe der Städte Sassari und Alghero. Es befindet sich auf der nord-westlichen Seite der "Rada d'Alghero" 6 Km NW vom Zentrum von Alghero entfernt.

Begrenzt wird das Kartiergebiet (s. Abb. 1) im Westen durch die Kartiergebiete von

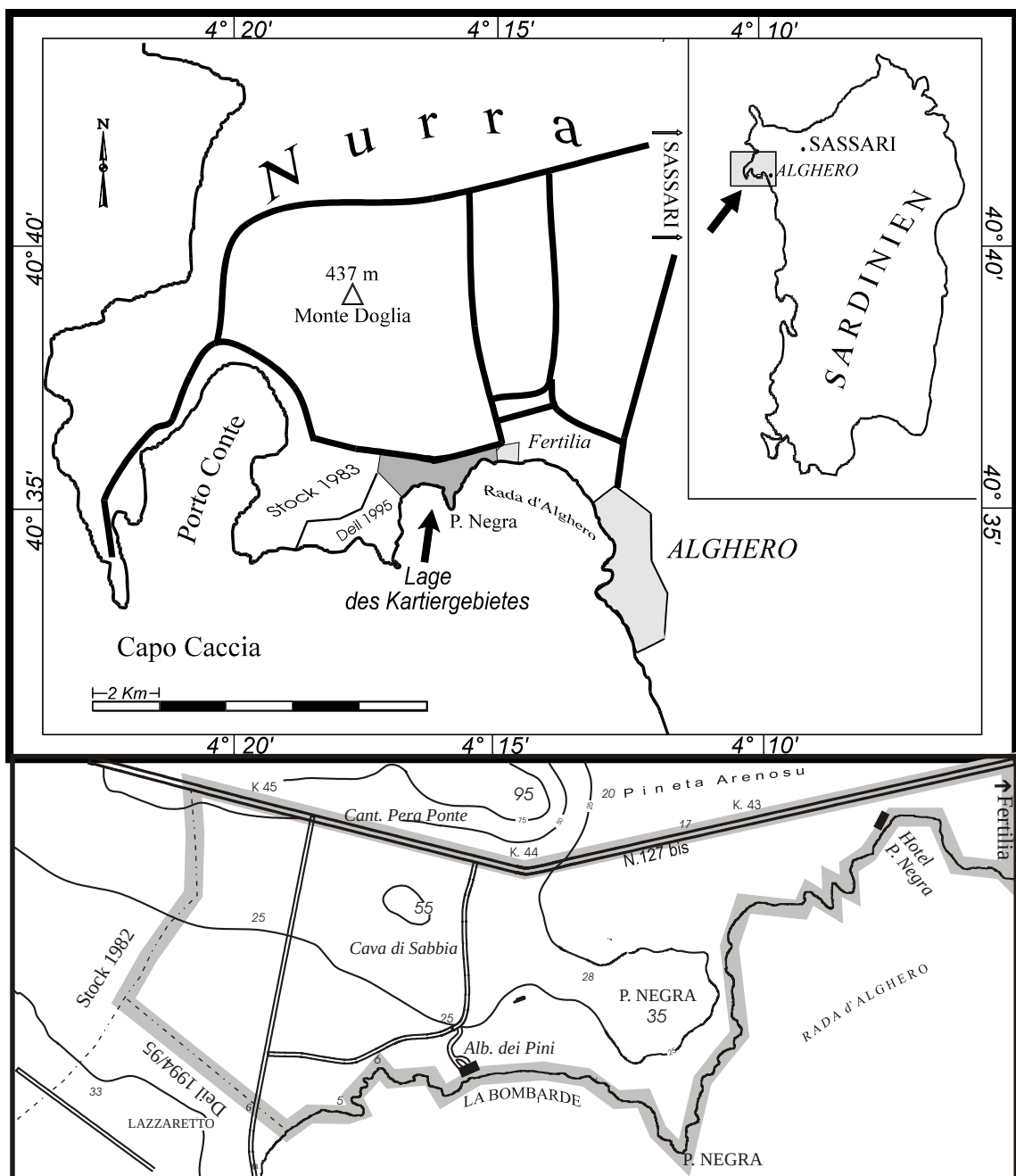


Abb.1: Lage und Begrenzung des Kartiergebietes mit Positionen der Kartiergebiete von DEIL und STOCK.

STOCK und DEIL, im Norden durch die Straße N 127 bis, im Osten grenzt es an die Ortschaft Fertilia; die südliche Umrandung wird durch die Küstenlinie vorgegeben. Die Fläche beträgt ca. 3 km².

Als Kartenunterlage diente das Blatt Fertilia (Foglio 192, Quadrante I NO) der topographischen Karte 1:25 000, auf den Maßstab 1:10 000 vergrößert.

1.2 Morphologie, Nutzung, Hydrogeologie des Kartiergebietes

1.2.1. Morphologie

Das Gebiet wird überwiegend durch Verebnungsflächen geprägt mit flach zum Meer abfallender Küste. Der einzige Höhenzug erstreckt sich von der Punta Negra (Höhenpunkt 35 m) in NW-Richtung bis zur Cantoniera "Pera Ponte" (Höhenpunkt 55 m). Der Höhenzug wurde durch Reliefumkehr eines Grabens herausmodelliert. Im Bereich der Punta Negra ist eine Abbruchkante zum Meer mit einer Höhe von 10 - 15 m vorhanden. In diesem Bereich ist die Zugänglichkeit der Küstenaufschlüsse eingeschränkt

Im Brandungsbereich sind die Klüfte in den Kalkbänken zu tiefen Schratten erweitert worden, so daß die Bankstrukturen zum Teil nur schwer erkennbar sind. Hier ist eine lückenlose Profilaufnahme sowie ein Einmessen der Schichtwerte nur schwer durchführbar.

1.2.2. Nutzung

Die landwirtschaftliche Nutzung (Wein- und Olivenanbau) beschränkt sich auf die Verbreitungsgebiete der quartären Sande und die Verebnungsflächen im Bereich der Keuperablagerungen mit sandig - mergeligem Boden. Die Weinanbaugebiete liegen N der Punta Negra zwischen dem NW - SE verlaufenden Höhenzug und der Straße N 127 bis und im Hinterland der Bucht von Lazzaretto.

Rund um die Punta Negra und in einer Fortsetzung bis Fertilia wurden geschlossene Pinienwälder aufgeforstet, in denen sich zum Teil dichtes Unterholz entwickelt hat. Die restlichen Flächen -meist mit kalkigem Untergrund- sind Ödland, das mit einem dichten undurchdringlichen Dornestrüpp, der "Macchia Mediterranea" bewachsen ist. Dadurch können sich Schwierigkeiten beim Verfolgen des Schichtstreichens von den Küstenaufschlüssen ins Landesinnere ergeben.

Kleinere Flächen W des Strandes "La Bombarde" und W Fertilia werden privat genutzt (Hotelbetriebe) und sind nicht frei zugänglich.

1.2.3. Hydrogeologie

Oberflächengewässer gibt es keine, durch die stark verkarsteten Kalke versickert Regenwasser sehr schnell. Es gibt nur eine Quelle in der Nähe der "Bombarde", deren Schüttung allerdings nicht kontinuierlich ist. Am N-Rand des zentralen Höhenzuges (im Bereich einer Grabenrandverwerfung) existiert eine untermeerische Quelle.

Die Niederschläge fallen meistens in der Zeit von Oktober bis April; die Monate Mai bis August sind normalerweise regenfrei, die meisten Felder werden daher künstlich bewässert.

Gelegentliche Regenfälle in dieser Periode sind oft so stark, daß sie der Boden im Bereich der quartären Sande nicht aufnehmen kann und sie unter der Bildung von Erosionsrinnen oberirdisch abfließen. Der Boden ist als "Terra Rossa" ausgebildet, wie man ihn im ganzen Mittelmeerraum findet.

1.3. Geologische Übersicht der Region Nurra

Die Nurra läßt sich in 3 Gebiete mit verschieden alten und ausgebildeten Formationen einteilen, die auch unterschiedliche tektonische Beanspruchung aufweisen. Es treten alle Formationen vom Paläozoikum bis zum Quartär zu Tage.

OOSTERBAAN (1936) untergliedert die Kristallinzone der Nurra in drei Serien: Metamorphe Gneise und Glimmerschiefer des Paläozoikums mit Granitintrusionen bilden die nördlichste Serie (Bereich Stintino/Asinara). Je weiter man die Formationen in Richtung Süden verfolgt, desto mehr nimmt der Metamorphosegrad ab und es treten Phyllite und schließlich Quarzite zu Tage. Die gesamte Formation hat eine Mächtigkeit von ca. 1000 Metern und kann wahrscheinlich dem Silur zugeordnet werden. Die jüngsten Schichten könnten dem Devon angehören. Im Karbon wurde die Serie gefaltet, es intrudierten die oben erwähnten Granite.

Das Perm überdeckt diskordant mit Konglomeraten und vulkanischen Einschaltungen die metamorphe Abfolge und geht kontinuierlich in die Ablagerungen der zweiten Großformation, das Mesozoikum, über. Durch die fehlende exakte Abgrenzung der permischen gegen die Buntsandsteinschichten werden die roten konglomeratischen Sandsteine mit aufgearbeitetem Material der Metamorphite oft als Permotrias bezeichnet (z.B. COCOZZA et al., 1974)

Über den Ablagerungen der Permotrias lagert eine Triasabfolge in Germanischer Fazies und epikontinentaler Ausbildung. Sie kann in 3 Zonen gegliedert werden: Eine nördliche und südliche Zone (M. Forte, Cala Bona bei Alghero) mit einer für die Nurra

typischen Abfolge: -Sandsteine mit Einschaltungen von Porphyren, rote Tone, laminierte Dolomite und schließlich Mergel und mergelige Kalke mit Resten von *Encrinus liliiformis* und *Ceratites muensteri*. Die Zentralzone (M. Zirra, Guardia Grande/Monte Pedrosu) ist abweichend davon ausgebildet: -Sandsteine mit porphyrischen Einschaltungen, laminierte Dolomite, im Hangenden oolithische Jurakalke. In geringer Entfernung (Cugiareddu) wurde eine Abfolge mit Triaskalken, -Tonen und Keupermergeln erbohrt: Von BAUD et al. in VAI (1977) wird die unterschiedliche Ausbildung mit tektonischen Schwellen in Zusammenhang gebracht. Neueste Untersuchungen von Muschelkalkvorkommen an der Punta Lavatoio in Alghero basieren auf der Annahme, daß zumindest einige Schollen durch intensive Salztektunik überkippt wurden.

DENINGER (1907) postuliert eine Verbindung von außeralpinen und alpinen Ablagerungsräumen der Trias; er begründet dies durch Funde einer Mischfauna mit den alpidischen Arten *Protachyceras langobardicum*, *Halobia sp.* und *Daonella sp.*

Die Ablagerungen des unteren und mittleren Keupers sind kontinentale Bildungen. Im oberen Keuper endet die kontinentale Sedimentation, mit dem Lias dominiert ein flachmariner Einfluß. Während des Juras wird hauptsächlich eine Abfolge von Dolomiten und Kalken abgelagert, untergeordnet treten auch Mergellagen auf. Die Unterkreide ist bis auf brackische Einschaltungen (Purbeck - Fazies) an der Grenze Barrême/Apt normalmarin ausgebildet.

Am Ende der Unterkreide wird die Nurra stellenweise herausgehoben und erodiert; es bilden sich örtlich Bauxitlager. Ein im Coniac/Santon transgredierendes Oberkreidemeer füllt das flache Paläorelief aus. Ablagerungen der Oberkreide lagern oft mit einer deutlichen Winkeldiskordanz auf Gesteinen des Malms. Am Ende der Oberkreide kündigen lakustrische Schichten die großflächige Verlandung an.

Die dritte Formation bilden schließlich oligozäne marine Sedimente und vulkanische Serien, die hauptsächlich im Süden von Alghero anstehen. Die Vulkanite bestehen aus trachytischen Tuffen und Ignimbritdecken mit einigen hundert Metern Mächtigkeit.

Quartäre Bildungen bedecken große Flächen der Einebnungsgebiete. Es sind fluviatile und äolische Ablagerungen sowie Strandterrassen bekannt.

Die mesozoischen Formationen werden hauptsächlich durch eine Bruchschollentektonik in Gräben und Horste zerlegt, die eine Versatzhöhe von 500 - 700 Metern aufweisen können. Die heutige Morphologie wird durch diese Bruchschollen geprägt.

1.4. Stand der geologischen Bearbeitung der Nurra

Die älteste geologische Beschreibung Sardiniens stammt von LA MARMORA ("Viaggio in Sardegna", 1857) und stellt die Grundlage vieler späterer Arbeiten dar.

Eine der nächsten Arbeiten stammt von DENINGER (1907) und gibt speziell für die Nurra eine zusammenfassende Übersicht mesozoischer Vorkommen. PARONA (1910) untersuchte als einer der ersten Autoren den mikropaläontologischen Inhalt mesozoischer Kalke in der Nurra (unter anderem die Oberkreide in der Umgebung der Ortschaft Fertilia) und legte eine bereits recht exakte stratigraphische Zuordnung vor.

Der erste Autor, der einen genaueren Überblick über die Geologie der Nurra lieferte, war OOSTERBAAN (1936). Er untersuchte hier alle anstehenden Formationen und erstellte auch eine Untergliederung der Jura- und Kreidesedimente; die von ihm durchgeführten Datierungen basieren überwiegend auf Makrofossilien.

Eine sehr exakte stratigraphische Zonierung führten CHABRIER & FOURCADE (1975) durch. Sie nahmen mehrere Profile in der Nurra auf, darunter eines an der Punta Rumani. Ihre Arbeit ist eine wichtige Grundlage für die stratigraphische Zonierung der Ablagerungen im Arbeitsgebiet. Sie erkannten, daß Santonkalke direkt auf Dolomiten des Kimmeridge liegen. Für Vorkommen mit *Orbitamina elliptica* legten sie als Alter Bathon, für Schichten mit *Cladocoropsis mirabilis* und *Kurnubia palastiniensis* Callovian fest.

Mit BASSOULLET zusammen untersuchten sie einige Profile am M. Timidone und konnten die Foraminifere *Timidonella sarda* stratigraphisch exakt einstufen (BASSOULLET et al, 1976)

CHERCHI & SCHROEDER (1974) entdeckten erstmals eine neue Foraminifere aus dem Senon: *Lamarmorella sarda*. 1990 führten sie vergleichende Untersuchungen an Dicyclinen von der Punta Negra und von Südfrankreich (Etang de Berre) durch. Mit anderen Autoren zusammen gelang ihnen die Einstufung der Oberkreide-Rudistenkalke (PHILIPP et al, 1978).

Die bisher exakteste Kartierung des Mesozoikums der Nurra (Maßst. 1:10 000) basiert auf Diplomarbeiten (1980 - 1985) unter der Leitung von SCHROEDER. Es wurde ein genaues Modell der lithologischen Abfolge erarbeitet und die stratigraphische Zuordnung wesentlich verbessert. Die vorliegende Arbeit ist als Fortsetzung zu verstehen.

MONLEAU (1986) versuchte den unteren und mittleren Jura der Provence und von Sardinien zu korrelieren und führte paläogeographische Rekonstruktionen durch. Seine Arbeit beweist Zusammenhänge zwischen provenzialischen und sardischen Juravorkommen.

Auch das Pleistozän ist Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen. Viele Arbeiten behandeln die Tyrrhenterrassen. OZER et al. (1980) versuchten die Strandterrassen von Sardinien und Tunesien zu korrelieren. VARDABASSO (1968) erstellte eine Übersicht über alle Quartärvorkommen einschließlich der Vulkanite. 1980 wurde das Tyrrhen im Rahmen eines Kongresses (Table ronde - Tyrrhenien de Sardaigne; INQUA) untersucht, bei dem auch die Vorkommen von Alghero mit einbezogen wurden.

Strukturgeologisch ist eine Arbeit von ALVAREZ (1972) wichtig, in der die Rotation der sardo-korsischen Mikroplatte diskutiert wird, die auch Auswirkungen auf die Struktur der Nurra hatte.

1.5. Aufgabenstellung und Arbeitsmethoden

Von der Region um die Punta Negra sollte eine geologische Karte im Maßstab 1 : 10 000 angefertigt, die Abfolge detailliert lithologisch - biostratigraphisch untergliedert und der tektonische Aufbau untersucht werden. Bei der biostratigraphischen Untergliederung sollte der Schwerpunkt auf der Bestimmung der Mikrofauna (insbesondere Foraminiferen) liegen. Zur Erkennung der Ablagerungsbedingungen wurde eine mikrofazielle Auswertung verlangt.

Die Gesteine des Juras und der Kreide wurden im Gelände in makroskopisch lithologisch unterscheidbare Kartiereinheiten getrennt. Erste Differenzierungen wurden nach der Tabelle von DUNHAM (in FLÜGEL 1982) vorgenommen. Dabei ergab sich eine Einteilung des Juras in Kalk- und Dolomiteinheiten, der Kreide in verschiedene Kalk- und Mergeleinheiten.

Soweit möglich, wurden die Kartiereinheiten noch während der Kartierungsarbeiten weiter unterteilt in Untereinheiten; diese Unterteilung wurde später mikroskopisch mit Dünnschliffen vervollständigt. Zur Erkennung der mikrofaziellen Merkmale wurde im wesentlichen das Standardwerk von FLÜGEL (1982) verwendet, in dem sich auch Tabellen von WILSON (1975) zur Benennung der Fazieszonen und Ablagerungsbereiche befinden..

Im Bereich der Profilstrecken wurde immer bei einem Wechsel der makroskopisch (bis Lupenvergrößerung) erkennbaren Kalkzusammensetzung eine Probe für die Profilauswertung genommen. Probennahmen wurden auch dann trotz gleichbleibender makroskopischer Erscheinung der Gesteine durchgeführt, wenn die Mächtigkeit einer monotonen Abfolge oder einer massiven Bank ca. 5 m überschritt, um eventuell auftretende mikrofazielle Änderungen erkennen zu können. Aus dem gesamten Arbeitsgebiet kamen noch einige Einzelproben hinzu, um alle Gesteinsvorkommen mit Gesteinen der Profilstrecken zu vergleichen. Es wurden generell Dünnschliffe, von manchen Proben auch polierte Anschliffe gefertigt, um größere Strukturen besser erkennen zu können.

Die stratigraphische Zuordnung basiert zum größten Teil auf Foraminiferen, daneben auch auf Algen und Schwämmen und ferner Makrofossilien, die aber selten gut zu bestimmen waren.

Bei der Benennung der Kartiereinheiten orientierte ich mich an vorausgegangenen Diplomarbeiten. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Diplomarbeiten wurde von CHERCHI (1985) im Rahmen eines Kongresses ("19th Mikropaleontological Colloquium, Sardinia") veröffentlicht.

Stratigraphisches Gesamtprofil

TRIAS	J U R A				K R E I D E				TERTIÄR	QUARTÄR
	Lias	Aalen	Bajoc	D o g g e r	M a l m	Unterkreide	Oberkreide			
Keuper	?Langob. - Julian								Oligozän	Pleistozän
										Riss Würm
									Tertiäre Süßwasserkalke	

2. Stratigraphischer Teil

2.1. Übersicht über die Stratigraphie des Kartiergebietes

Die Unterteilung der mesozoischen Abfolge im Kartiergebiet basiert auf den Untersuchungsergebnissen der Frankfurter Diplomarbeiten - Gruppe unter der Leitung von Prof. Schroeder.

Im Kartiergebiet ist ein Schichtpaket von ca. 350 m aufgeschlossen. Die ältesten Ablagerungen sind Keupermergel, welche stark deformiert und gefaltet sind, darüber folgen Keuperdolomite.

Zwischen den Keupergesteinen und den nachfolgenden Schichten des Juras besteht eine Beobachtungslücke von ca. 200 m. Die im Kartiergebiet älteste aufgeschlossene Jura - Kartiereinheit j5 (Kalke und Mergel) gehört zum Bathon. Die nächst höheren Einheiten, j6 (Dolomite) und j7 (Kalke mit *Alzonella cuvillieri*) treten nicht zu Tage. Die Einheiten j8 (Dolomit II) und j9 (Kalk mit *Trocholina sp.*) des oberen Bathon - ?unterstes Callovian sind in schmalen, durch Störungen begrenzten Vorkommen mit eventuell nicht vollständiger Schichtfolge aufgeschlossen. Nach den Einheiten j10 (Dolomit II) und j11 (Kalke mit *Cladocoropsis mirabilis*), die in das obere Callovian - ?untere Oxford einzustufen sind, folgen die Dolomite der Einheit j12, deren Kontakt zur Oberkreide durch Störungen bedingt ist.

Im Kartiergebiet ist eine Winkeldiskordanz, wie sie von anderen Stellen der Nurra bekannt ist, nicht aufgeschlossen. Die Miliolidenkalke, Rudistenkalke und Mergelkalke der Oberkreide stammen aus dem oberen Coniac - mittleren Santon.

Durch eine langanhaltende Emersionsphase sind Tertiärsedimente fast völlig abgetragen worden, es sind nur noch Erosionsreste nicht genau bestimmbarer Altersstellung vorhanden. Die jüngsten Ablagerungen im Kartiergebiet stammen aus dem Pleistozän. Es sind überwiegend äolische Ablagerungen und Thyrrhen - Strandterrassen.

2.2. TRIAS

2.2.1. Keupervorkommen

Im Kartiergebiet sind Gesteine des mittleren und oberen Keupers aufgeschlossen. Man findet sie an der Bucht von Lazzaretto in östlicher Richtung entlang der Küste bis zum Hotel "Dei Pini" anstehend. Von der Küste streichen sie als breiter Streifen in NW-Richtung aus. Hier mangelt es allerdings an Aufschlüssen, das ganze Gebiet ist eine Verebnungsfläche mit Weinanbau. Die Kartierung erfolgte in diesem Bereich nur mit der Hilfe von Lesesteinen.

Im N (Bereich "cava di sabbia") werden die Keuperschichten von mächtigeren quartären Ablagerungen bedeckt.

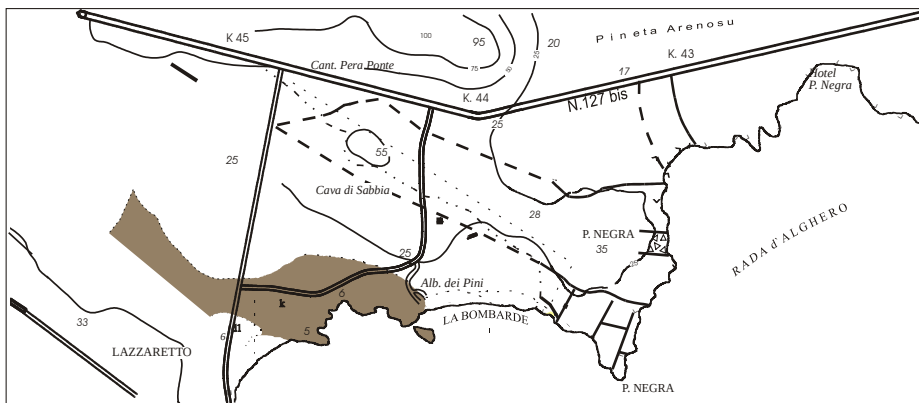


Abb. 3: Verbreitung der Keuperdolomite und Mergel

Der Keuper wird im Kartiergebiet in zwei Kartiereinheiten aufgeteilt:

- Keupermergel (k1)
- Keuperdolomite (k2)

2.2.1.1. Keupermergel

Da die Mergel nur leicht verfestigt sind und leicht von der Meeresbrandung ausgeräumt werden, liegen die Aufschlüsse oft in kleinen Buchten, deren Flanken von verwitterungs-beständigeren Keuperdolomiten gebildet werden.

Die Mergel sind bunt mit rötlichen Linsen und immer stark gefaltet, so daß eine Profilaufnahme oder eine genaue Bestimmung der Abfolge nicht möglich ist. Sie setzen sich aus Tonen, Sanden, Kalkanteilen und anderen Gemengteilen zusammen; es wurden zahlreiche kleine, ideomorphe Quarze in Doppelenderausbildung gefunden, die anscheinend charakteristische Bildungen der Keupermergel von verschiedenen Lokalitäten in Sardinien sind (Kap. 2.2.1.4.). Die ideomorphen Quarze sind authigenen Ursprungs. Sie werden nach THEODOROVICH (1961) spätdiagenetisch und während der Diagenese gebildet und sind das Ergebnis der Rekristallisation von Opal und Mineralien der Calcedongruppe. So kann ideomorpher Quarz unter Umständen direkt von zirkulierendem Wasser gebildet werden.

Erst 1961 ist das Keupervorkommen bei Lazzaretto von PECORINI beschrieben worden. Er erwähnte Mergel, Gips und Dolomite. Nach COCOZZA et al. (1974) sollten agglutinierte Foraminiferen zu finden sein. Bei meinen Untersuchungen waren keine Fossilien zu beobachten.

Eine Erklärung der starken Faltung wäre das Verhalten der inkompetenten Mergellagen bei der Bruchtektonik; nach PECORINI (1961), VARDABASSO (1959), OPPES

(1972) und COCOZZA (1974) könnte die Faltung auch im Bereich von Gipsdiapiren entstanden sein. Ein Beleg dafür könnte das tektonische Bild der Keuperablagerungen sein, das sich von dem des restlichen Kartiergebietes unterscheidet. Ähnliche Strukturen zeigen die Zechsteinsalzstöcke in Norddeutschland. Im Dachbereich eines Salzstockes gelegene härtere Schichten werden verkippt und zerbrochen, während das Salz mit den begleitenden Tonschichten von unten "heraufquillt" und durch plastisches Verhalten sehr fein gefaltet wird, so daß ein wirres Gefüge entstehen kann.



Abb. 4: Keupermergel W Hotel "Dei Pini"; Länge des Balkenmaßstabs ca. 10 cm.

2.2.1.3. Keuperdolomite

Die Keuperdolomite sind gelblichbraun gefärbt und weisen eine charakteristische Zellenstruktur auf. Im Osten der Bucht von Lazzaretto sind die Dolomitschichten stark verstellt, sie fallen steil in westliche Richtung ein. Die kompetenten Dolomite wurden zerbrochen und verkippt, während die inkompetenten Mergel gefaltet wurden.

In der Literatur werden Zellendolomite auch als "monomikte Rauhwacke" aufgeführt. Früher wurde von vielen Autoren (CADISCH 1953, JÄCKLI 1941, BRUNNSCHWEILER 1948) die Meinung vertreten, es wären sedimentäre Brekzien; andere (z.B. BRÜCKNER 1941) stellten die Theorie auf, die brekziöse Struktur beruhe auf der felssprengenden Wirkung beim Übergang

von Anhydrit in Gips mit Volumenzunahme. Heute werden Rauhacken nach LEINE (1968) ausschließlich mit tektonischen Vorgängen in Zusammenhang gebracht.

Die Entstehung der Zellendolomite kann man folgendermaßen erklären: Durch tektonische Beanspruchung eines Dolomites entsteht eine Brekzie. Die Zwischenräume und Spalten in der Brekzie sind jetzt mit Dolomitpulver gefüllt. Eindringende calcitreiche Lösungen verfestigen das Dolomitpulver. Normalerweise ist Calcit schneller löslich als Dolomit, d.h. die Stege müßten eher verwittern als der Zelleninhalt. Für den schnelleren Zerfall des Zelleninhaltes gibt es folgende Erklärung: Die Dolomitmörner in den Zellen haben aufgrund der Pulverstruktur größere Reaktionsoberflächen als die feinkörnigen Calcitstege, dazu fanden bei den tektonischen Vorgängen schon Veränderungen der Kornoberfläche statt, die das Korngefüge lockern und die Intergranularporosität erhöhen und somit den Dolomit weniger verwitterungsresistent machen.

In den vorliegenden Dolomiten bildeten sich netzleistenartige Hohlräume, die stellenweise sehr ausgeprägt sind. Sie konnten sich bilden, da der Dolomit unter hypersalinen Bedingungen mit mehr oder weniger Gipsanteil entstanden ist. Der Gips ist nicht sehr verwitterungsbeständig, so daß in den Zellen bald nur noch Dolomitpulver zu finden ist, das sehr leicht ausgewaschen wird. Zurück bleiben nur die Calcitstege, die hier in Dolomit umgewandelt sind..



Abb. 5: Zellendolomit mit sehr gut entwickelter Netzleistenstruktur; östliche Seite des Lazzarettostrandes; Länge des Balkenmaßstabes ca. 10 cm.

2.2.1.3. Ablagerungsbedingungen

Die Dolomite könnten im Faziesbereich 9 nach WILSON (in FLÜGEL 1982) entstanden sein, der durch die Bildung von unregelmäßig laminierten Dolomiten und Gips charakterisiert wird. Der Gipsgehalt ist nach LEINE (1968) wichtig für die Zellenbildung in Dolomiten. Entstehungsmöglichkeiten sind im hypersalinen Bereich unter eventuell frühdiagenetischen Bedingungen gegeben.

Ein flaches Becken wurde zeitweise überflutet; unter ariden Klimabedingungen kam es dann zur Entstehung von Evaporiten. Das Becken wurde anschließend mit terrigenem Material aufgefüllt und es lagerten sich die Mergel ab. Die hohe Quarzföhrung läßt darauf schließen, daß Schuttströme mit hohem Kieselsäuregehalt in das Becken gelangt sind. Da die sardisch - korsische Platte in der Trias noch relativ nahe an den französischen Kristallinmassiven positioniert war, könnten die Schuttströme von dort in das Becken gelangt sein.

2.2.1.4. Stratigraphische Stellung

OOSTERBAAN stellte 1936 ein Profil auf, das den Keuper nach lithologischen Kriterien in vier Horizonte unterteilte (K1 - K4). Die Horizonte K1 bis K3 sind nach ihm Bildungen des Germanischen Ablagerungsraumes und vergleichbar mit Grenzdolomit, Gipskeuper und Steinmergel. In der Diplomarbeit von SCHMIDT (1985, M. Timidone) und an der Punta di Vista werden ebenfalls Keupervorkommen beschrieben, die OOSTERBAAN als Horizonte K1 und K2 bezeichnete. Es handelt sich um braune, kavernöse Dolomite und flammenartig gestreifte, geschichtete Gipse.

Im Kartiergebiet von RADTKE (1986) stehen an der Straße La Corte-Stintino und SE der Palmarone/Istrinta Bergkette Keupersedimente an, die mit denen im eigenen Kartiergebiet vergleichbar sind. Vorhanden ist eine 37 m mächtige ungestörte Abfolge, die im unteren Bereich grüne, rote und ockergelbe Tone mit Quarzen, im oberen Bereich Mergel und Zellendolomite aufweist. Darin fand sie keine Fossilien. Die darüber folgenden mächtigeren und gleichförmigen Dolomitabfolgen interpretierte sie als den Übergang zum Lias; demnach stellt sie die Keuperablagerungen in den oberen Keuper.

CHERCHI & SCHROEDER (in CHERCHI 1985) unterteilen die Keupersedimente der Nurra in zwei lithologische Einheiten: **1.** eine untere mit stark gefalteten Mergeln, die ideomorphe Quarzkristalle enthalten, und Zellendolomiten; **2.** eine obere mit grauen, manchmal brekziösen Dolomiten in die dünne, rötlich - grüne Mergel eingeschaltet sind. PITTAU DEMELIA & FLAVIANI (in CHERCHI 1985) führten palynologische Untersuchungen an Proben

der Bohrung von Cugiareddu durch. Die Schichten, von denen sie die Proben nahmen, entsprechen lithologisch der unteren Einheit gemäß der Unterteilung von CHERCHI & SCHROEDER. Die Ergebnisse brachten als Alter Langobardian (oberes Ladinium) bis Julian (oberes Karn) und dürften auch für die Keuperschichten des Kartiergebietes relevant sein, da sie identisch ausgebildet sind.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bis heute die exakte Abfolge und stratigraphische Zonierung der Keupersedimente aufgrund Fossilarmut und nicht zusammenhängender Einzelaufschlüsse nicht sicher erkannt worden ist. Neue Ergebnisse könnten anscheinend nur verstärkte palnyologische Untersuchungen bringen.

2.3. JURA

In einem großen Teil des Kartiergebietes sind Gesteine des Jura aufgeschlossen. Das Schichtpaket des Jura besteht aus einer Wechselfolge von Kalk- und Dolomitschichten. Die Grenzschieben Jura/Keuper und die vier untersten Juraeinheiten (j1 - j4) treten nicht zu Tage. Die ältesten Jurakalke, die im Kartiergebiet ausstreichen, sind in das Bathon zu stellen; es handelt sich um die Kartiereinheit j5 (Kalke und Mergel). Auch die Kartiereinheiten j6 (Dolomite) und j7 (Kalke mit *Alzonella cuvillieri*) sind im Kartiergebiet nicht aufgeschlossen. Über den Schichten der Kartiereinheiten j8 bis j11 (Alter: Bathon bis Callovian) bilden die Dolomite der Kartiereinheit j12 (Oxford/Kimmeridge) den Übergang zur diskordant aufliegenden Oberkreide. Die Diskordanz ist im Kartiergebiet selber nicht zu beobachten, da die Gesteine des Jura und der Oberkreide hier tektonisch bedingt aneinandergrenzen.

Insgesamt sind folgende Kartiereinheiten nachgewiesen worden:

- j5 (Kalke und Mergel)
- j8 (Dolomit I)
- j9 (Kalke mit *Trocholina sp.*)
- j10 (Dolomit II)
- j11 (Kalke mit *Cladocoropsis mirabilis*)
- j12 (Dolomit III)

2.3.1. Kartiereinheit j5 (Kalke und Mergel)

2.3.1.1. Vorkommen und Lagerungsverhältnisse

Die Gesteine dieser Kartiereinheit sind an der Küste 0,8 Km WSW des Hotels "Punta Negra" aufgeschlossen (s. Abb. 5). Von dort erstrecken sie sich als breiter Streifen nach NW bis zur Straße N 127, die die Kartiergebietsgrenze darstellt. Die anderen Abgrenzungen werden von Störungen mit Kontakt zu Milioliden- und Rudistenkalken der Oberkreide im SW und zu Dolomiten der Jurakartiereinheit j10 im E gebildet. Große Flächen werden von quartären Sanden überlagert. Nur an der Küste finden sich bessere Aufschlußverhältnisse, allerdings sind von der Abfolge durch Störungen (s.o.) die unteren und die oberen Schichten abgeschnitten worden, so daß die Mächtigkeiten nicht genau feststellbar sind. Im Küstenbereich haben die Schichten der Kartiereinheit j5 die Form eines flachen Sattels. Sie fallen mit 20 - 40° in SW - NE Richtung ein.

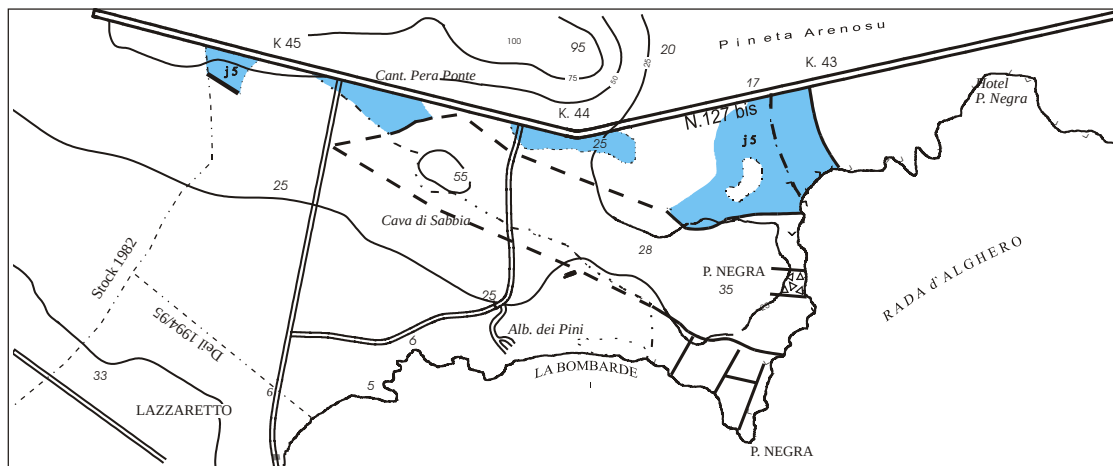


Abb. 6: Verbreitung der Kartiereinheit j5

2.3.1.2. Allgemeine Beschreibung

Meistens sind die Kalke gut gebankt/mittelbankig ausgebildet. Die Bänke haben eine maximale Mächtigkeit von ca. 1 m, in der Regel 40 - 60 cm. Die Farbe variiert von dunkel- zu hellgrau. Die meist gelblich gefärbten Mergellagen können Mächtigkeiten bis zu 2 m erreichen. Das Bindemittel ist überwiegend tonig, so daß die Mergel nur leicht verfestigt sind.

Es wurde das Profil 1 (Lokalität: s. Lagekarte der Profilstrecken; Anhang) von ca. 26 m aufgenommen (vgl. S. 16), das in drei Untereinheiten mit verschiedenen faziellen Merkmalen unterteilt werden kann:

j5a: hell bis dunkelgraue Mudstones, fossilarm

j5b: Kalk - Mergelwechsellagerung

j5c: Biomikrit und Oosparit

In den Untereinheiten j5a und j5c sind einzelne Oolithbänke mit Quarzführung eingeschlossen. Es kommen zwar fossilreichere Bänke vor, dennoch konnten nur zwei Foraminiferen mit Sicherheit bestimmt werden.

2.3.1.3. Mikrofazielle Beschreibung

j5a: (Mudstones) Fast fossilfreie, gut gebankte graue mikritische Kalke mit zahlreichen birdeyes. Es kommt eine Bank mit Oosparit vor, in der sich ein höherer Gehalt an Quarzkörnern (bis 30 %) findet. Es wurden Schillhorizonte mit Gastropodenschalen (Nerineiden) gefunden. Die Mächtigkeit beträgt ca. 3m.

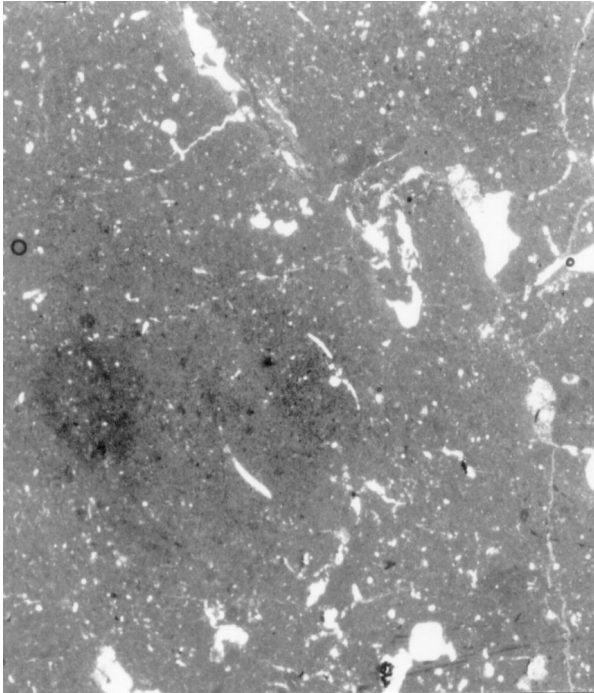


Abb. 8: Mudstone mit Stromatactis; Untereinheit j5a; Vorkommen: Profilstrecke 1; Probe 278; Vergr. x13

j5b: (Kalk-Mergel-Wechsellagerung)

Bis ca. 2 m mächtige Mergellagen, in die dünnbankige Kalke eingeschaltet sind. Diese Kalke entsprechen den Mudstones aus der Untereinheit j5a. So sind auch hier birdeyes und ferner Fensterporen zu finden. Stellenweise kommt Algenlaminierung in Verbindung mit Spiculae vor. In Schichten, die als Wackestones ausgebildet sind, kommen auch Pelloide vor. Im oberen Bereich dieser Untereinheit befindet sich eine dünne Bank, in der Korallen angereichert sind. Wie in der liegenden Untereinheit sind auch hier sehr wenig Foraminiferen gefunden worden. Die Mächtigkeit beträgt ca. 15 m.

j5c: (Biomikrit und Oosparite)

Diese Einheit wird charakterisiert durch das vermehrte Auftreten von Fossilien, rein mikritische Kalke treten in den Hintergrund. Im Gegensatz zu den anderen Untereinheiten finden sich hier mehrere SMF-Typen, die sich auf drei Faziesbereiche verteilen, worauf später genauer eingegangen wird. Die Bänke sind dünnbankig bis mittelgebankt ausgebildet; die Matrix besteht überwiegend aus Mikrit mit größeren Komponenten. Eingeschaltet sind mehrere Oolithbänke, die bis zu 30% Quarz führen können. In rein mikritischen Zwischenbänken kommen Algenlaminierung, birdeyes, Fensterporen und Gastropoden vor. Die bestimmaren Foraminiferen der Kartiereinheit j5 stammen ausschließlich aus dieser Untereinheit. Die Mächtigkeit beträgt 12 - 13 m.

2.3.1.4. Ablagerungsbedingungen

Ein Großteil der Sedimente dieser Kartiereinheit dürfte in Lagunen abgelagert worden sein mit wechselnd starkem Wasseraustausch zum offenen Meer. Die Bildung rein mikritischer, fossilärmer Kalke ist ein Indiz für eingeschränkten Wasseraustausch bzw. für eine geschlossene Lagune. Hier war offensichtlich die Salinität höher, so daß sich nur eine artenarme Fauna entwickeln konnte. In diesem Milieu schienen Gastropoden recht gut zu gedeihen; ebenso Ostrakoden und Blaugrünalgen. Diese Kriterien entsprechen dem SMF-Typ 19 (FZ 8). Fehlt die Sedimentbindung durch Algen, können Mikritanteile durch größere Wasserenergie ausgewaschen werden und es entstehen sparitische Kalke. Herrscht Stillwasser vor und/oder erhöhte Salinität, entstehen Mergellagen entsprechend der Untereinheit j5b. Das

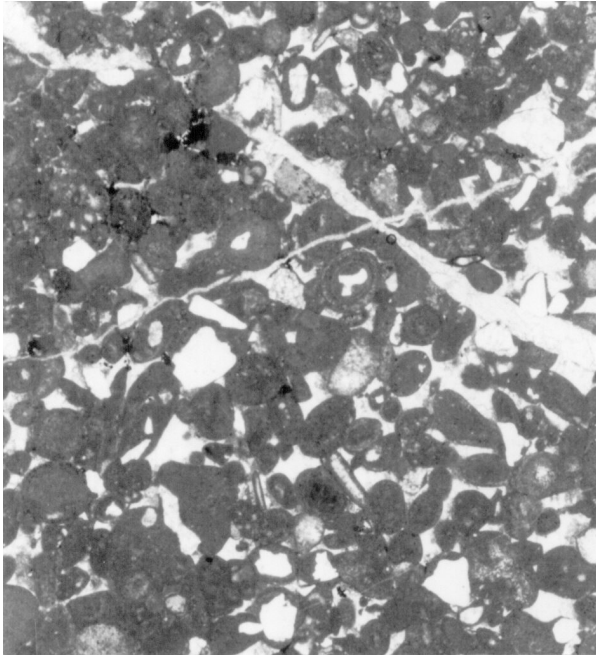


Abb. 9: Oosparit der Untereinheit j5c mit Quarzkörnern; Vorkommen: Profilstrecke 1; Probe 277; Vergr. x13

Milieu war ähnlich lebensfeindlich wie in den mikritischen Kalken. Auf instabilen Schlammböden konnten sich nur wenig Organismen ansiedeln.

Im Hangenden der Kalk-Mergel-Wechselagerung (j5b) änderten sich die Ablagerungsbedingungen. Es gibt Hinweise auf schnellere Zustandswechsel, wie rasche Übergänge von mudsupport zu grainsupport (nach FLÜGEL 1982), und dem Auftreten von mehreren SMF-Typen in drei Faziesbereichen. Diese Wechsel lassen sich sehr gut beim Übergang von mikritischen Kalken zu Oospariten beobachten, welche unter hoher Wasserenergie auf Untiefen oder Küstenregionen entstehen (SMF 16, FZ 6).

Die Quarzföhrung konzentriert sich im

Wesentlichen auf die Oosparite (bis 30 % Quarzgehalt), in den mikritischen Kalken liegt sie bei 1-10%. Es könnte sich um Plattformrand-Sande handeln, die aus verschiedenen Faziesbereichen mit terrigener Beeinflussung ausgeschwemmt wurden. Die Quarze sind schlecht gerundet und daher nicht lange transportiert worden.

Eine andere Oolithbank im obereren Bereich der Ablagerungen zeigt radialstrahlige Ooide, die ein Indikator für Stillwasserbereiche mit hypersalinen Verhältnissen sein können.

Für die Bildungsbedingungen der Untereinheit j5c können gegenüber denen der Untereinheiten j5a und j5b vermehrt normalmarine Verhältnisse angenommen werden, da hier die Organismendiversität höher ist.

Alle Ablagerungen der Kartiereinheit j5 sind im randmarinen bis flachmarinen Bereich entstanden. Viele Faktoren sprechen für das Intertidal (Foraminiferen, Ooide), es gibt auch Hinweise auf den supratidalen Bereich (mikritische, foraminiferenarme Kalke mit Gastro-poden). Die Untergrenze der Wassertiefe dürfte bei ca. 10 m gelegen haben. Auch sporadisch auftauchende Korallen gedeihen gerade noch in dieser Tiefe.



Abb. 10: Mergellagen der Untereinheit j5b im Bereich einer Störung;
Vorkommen: Profilstrecke 1 (s. Lagekarte der Profilstrecken und Auf-
schlußphotos; Anhang) Balkenlänge 1m

2.3.1.5. Fossilinhalt

Der untere und mittlere Bereich der Ablagerungen ist relativ fossilarm. In größerer Anzahl kommen nur cm - große Gastropoden, Ostrakoden und Schwammnadeln vor.

Im oberen Bereich tritt eine Foraminiferenfauna auf, die jedoch sehr artenarm ist. So konnten nur zwei Arten bestimmt werden. Von den Algen konnte eine Art identifiziert werden. Die Suche nach Fossilien in den Mergellagen blieb erfolglos. Es wurden ebenfalls keine Exemplare von *Pholadomya exaltata* gefunden, die in anderen Vorkommen der Kartiereinheit j5 in der Nurra Massenvorkommen bildet.

Foraminiferen: *Haurania amiji* HENSON
Everticyclammina sp.

Algen: *Cayeuxia* sp.

Blaugrünalgen

Korallen

Schwammnadeln

Echinodermen

Ostrakoden

Gastropoden

2.3.1.6. Stratigraphische Stellung:

Ein genaue Einstufung wird dadurch erschwert, daß nur ein Teil der Abfolge aufgeschlossen ist. STOCK (1982) beschreibt in seinem Kartiergebiet analog ausgebildete Kalke mit vergleichbarem Fossilinhalt, die dort vollständig mit einer Mächtigkeit von 80 m aufgeschlossen sind. Die Kartiereinheit j5 an der Punta Negra im eigenen Kartiergebiet läßt sich lithologisch ungefähr mit der Untereinheit j5b von STOCK vergleichen. Allerdings erwähnt er keine Quarzföhrung. Nach ihm ist der Übergang der Kalke der Kartiereinheit j4 zu denen der Kartiereinheit j5 nur schwer abzugrenzen. Die quarzföhrenden Horizonte der Kartiereinheit j4 können auskeilen oder einen nach oben hin kontinuierlich abnehmenden Quarzgehalt aufweisen; so daß eine exakte Abgrenzung wahrscheinlich nicht möglich ist.

RADTKE (1986) untergliederte ähnliche Kalke von der Punta de Palmarone (NW - Nurra) in zwei Einheiten: "Quarzföhrende Kalke j5" und "Foraminiferenreiche Kalke j6", in denen sie jeweils *Haurania amiji* fand. Am M. Doglia benannte TAGHI-SCHAHRESTANI (1984) eine Einheit "Kalke und Mergel E5" mit *Pholadomya exaltata* , *Haurania amiji*, *Thamnasteria sp.* und Nereneiden.

Im Kartiergebiet von SCHMIDT (1985) am M. Timidone streichen Mergel und Kalke aus, die er als Kartiereinheit "Dichte Kalke und Mergel" bezeichnet. Sie föhren im mittleren Abschnitt Oolithe und direkt darunter Wackestones mit geringem Quarzgehalt. SCHMIDT ordnet diese Kartiereinheit dem Bathon zu, da ALTAY (1985) am M. Zirra äquivalente Gesteine fand und aufgrund des Fundes von *Alzonella cuvillieri* ebenfalls als Bathon einstuft.

Ein weiteres Vorkommen vergleichbarer Kalke mit *Pholadomya exaltata* wurde 1995 bei zusätzlichen Kartierarbeiten von DEIL und HOLSTEIN am M. Siseri N des M. Doglia gefunden

OOSTERBAAN (1936) unterteilte die Sedimente des Dogger in die Einheiten d1 bis d4. Kalke mit Mergellagen, die *Pholadomya exaltata* enthalten, entsprechen der von ihm als d4 benannten Einheit (helle und gelbliche Kalke, manchmal mergelig, pseudoolithisch und oolithisch). Er stellte diese Einheit in das Callovian und die darüberfolgenden 150 - 200 m mächtigen Kalke und Dolomite in den Malm. Demnach müßten die Kartiereinheiten j5 bis j11 der in meiner Diplomarbeit verwendeten Einteilung dem Callovian zuzuordnen sein. Diese Zuordnung läßt sich nach meinen Untersuchungen nicht aufrecht erhalten.

CHABRIER & FOURCADE (1975) ordnen die Foraminifere *Haurania amiji* HENSON, die zumindest im Hangenden der Kartiereinheit j5 auftritt, ins Bathon ein, nach ALTINER & SEPTFONTAINE (1979) erstreckt sich das zeitliche Vorkommen vom mittleren Lias bis zum Bathon.

2.3.2. Kartiereinheit j8 (Dolomit I)

2.3.2.1. Diskussion über die Entstehungsbedingungen der Dolomite

Der Beschreibung der Kartiereinheit j8 wird eine Diskussion vorangestellt, die sich auch auf die nachfolgenden Dolomiteinheiten bezieht und klären soll, ob die Dolomite primär (frühdiaogenetisch) oder sekundär (spätdiaogenetisch), d.h. erst während der Lithifizierung und später entstanden sind.

Obwohl Fälle bekannt sind, in denen Dolomitkristalle direkt Sedimente bilden, beschränkt sich dies auf die wenigsten Vorkommen. Im allgemeinen werden schon abgelagerte Kalke durch metasomatische Umwandlung in Dolomit umgewandelt. Voraussetzung ist allerdings ein hoher Magnesiumgehalt, der mit erhöhter Salinität verknüpft ist. Das Mg/Ca - Verhältnis liegt normalerweise bei 3 - 5 : 1, notwendig für Dolomitisierung ist eine Rate von 20 : 1.

Die meisten Dolomite, die über weite Gebiete gleiche Ausbildung zeigen, werden dem frühdiaogenetischen Stadium zugeordnet. Gute Hinweise sind hier eine klar getrennte Abfolge von (alternierenden) Kalk - und Dolomitschichten. In diesem Fall wäre nur schwer zu erklären, wie Magnesiumlösungen eindringen und nur bestimmte Schichten umwandeln. Vielmehr müssen einige Faktoren schon bei der Ablagerung eine Differenzierung verursacht haben.

Ideale Bedingungen für primäre Dolomitisierung (nach GREENSMITH, 1978) sind:

- a) Warmes Flachwasser mit 0 - 45 m Tiefe
- b) Vorhandensein von CO₂ in ausreichender Menge, das eine teilweise Lösung des Kalkschlammes verursacht und die Möglichkeit des chemischen Austausches des Mg - Salzes.
- c) Eine Porosität, die eine ausreichende Meerwasserzirkulation im Sediment erlaubt.
- d) Eine niedrige Subsidenzrate für den vollständigen Austausch des CaCO₃ in Mg (CO₃)₂.

Dementsprechend werden viele Dolomite im Supratidal gebildet.

Spätdiaogenetische Dolomitisierung ist schwerer zu diagnostizieren, die Vorgänge spielen sich unter extremen thermodynamischen Konditionen mit Grundwassereinfluß ab. Diese Vorgänge können auch unter der Oberfläche gerade in primärer Umwandlung befindlicher Kalke ablaufen. Anzeichen für spätdiaogenetische Dolomitisierung sind nach BLATT et al. (1972) oft teilweise dolomitisierte Fossilien und Komponenten sowie Bänke, die nur flächenhaft

dolomitisiert sind. Metasomatische Vorgänge mit magnesiumreichen Grundwässern konzentrieren sich hauptsächlich auf Schwächezonen wie Klüfte, Störungen und Falten.

Zusammenfassend kann man sagen, daß man die Dolomite des Kartiergebietes eher primären Bildungen zuzählen kann. Dafür spricht die alternierende Kalk-Dolomit-Abfolge mit vollständig dolomitisierten Bänken. Nur einzelne Dolomitvorkommen wie an der Kontaktzone von Kalken der Kartiereinheit j5 mit den Randverwerfungen des Kreidegraben an der Punta Negra oder andere Störungsbereiche sind auf sekundäre Dolomitisierung zurückzuführen.

2.3.2.2. Vorkommen und Beschreibung der Kartiereinheit j8

Gesteine dieser Kartiereinheit kommen an der Punta Negra vor, wo sie zusammen mit Kalken der Kartiereinheit j9 in gestörter Lagerung auftreten. Die Schichtstrukturen sind völlig zerstört, und die Mächtigkeit läßt sich nur abschätzen. Die Dolomite sind zuckerkörnig mit dunkelgrauer Färbung. Stellenweise erscheinen diese Dolomite brekziös, es könnte sich in diesen Fällen um tektonische Brekzien handeln. Auch PECORINI (1961) beschrieb ähnliche Brekzien aus der Umgebung von Lazzaretto.

2.3.3. Kartiereinheit j9 (Kalke mit *Trocholina* sp.)

2.3.3.1. Vorkommen und Lagerungsverhältnisse

Gesteine dieser Kartiereinheit streichen im Kartiergebiet nur im Bereich der Punta Negra an dem kleinen Kap östlich der Strandes "La Bombarde" aus. Die Vorkommen haben die Form kleiner Streifen, die durch Störungen begrenzt sind. Das westlichste Vorkommen befindet sich unmittelbar am östlichen Ende des Strandes, die anderen Vorkommen befinden sich N der kleinen Landzunge der Punta Negra. Dort fallen die Schichten mit 15 - 20° nach N ein.

2.3.3.2. Allgemeine Beschreibung

Die Kalke dieser Kartiereinheit sind mittelgebankt, mit grauer - dunkelgrauer Farbe, z.T. können sie - durch tektonische Vorgänge, die die Bankstrukturen zerstörten - massig bis brekziös ausgebildet sein. Sehr wahrscheinlich ist das Gebiet der Punta Negra mit vielen kleinen Störungen durchzogen. Das Vorkommen j9② (s. Abb.11) ist aus fossilreichen Kalken zusammengesetzt, die die Foraminifere *Trocholina alpina/elongata* enthalten, welche schon bei Lupenvergrößerung identifizierbar ist. Die Kalke des Vorkommens j9① (s. Abb. 11)

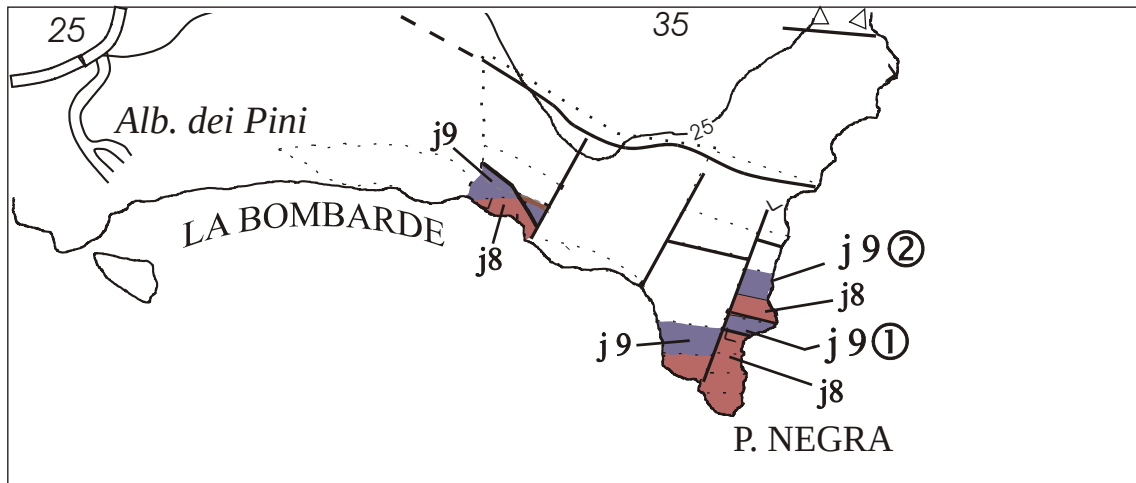


Abb. 11: Lagekarte der Kartiereinheiten j8 und j9

bergen eine Bank mit zahlreichen Rhynchonellen am Übergang zu Dolomiten der Kartiereinheit j8?. Zwar können in den Schichten der Kartiereinheit j9 auch Rhynchonellen vorkommen, wie das Profil am Porto Agra im Kartiergebiet von DEIL (in Vorber.) zeigt, aber die Stellung dieses Vorkommens ist unsicher, da ich kaum Foraminiferen fand. Es könnte sich ebenso um den Rhynchonellenhorizont aus der Kartiereinheit j7 handeln, wie er von STOCK (1982) am M. Pedrosu beschrieben wird. Mehrere Bänke setzen sich flächenhaft aus Dolomiten und dolomitischen Kalken zusammen. In der Umgebung von Störungen wurden brekziöse Kalkbänke offenbar sekundär dolomitisiert. (s. Abb. 12)

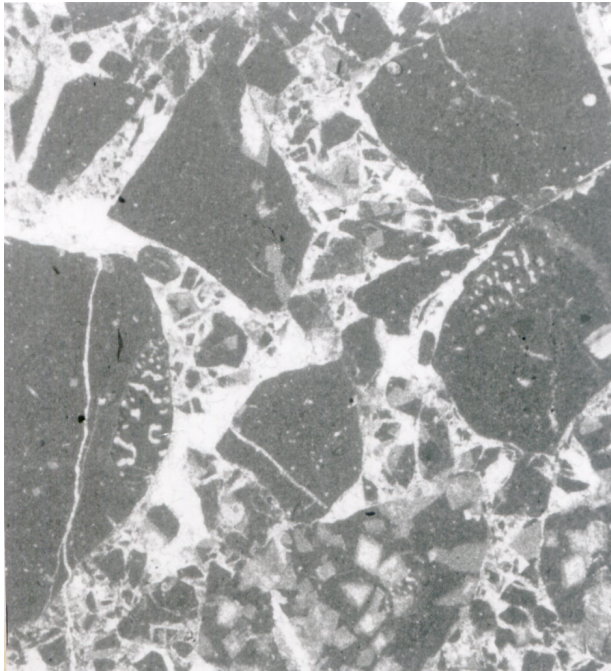


Abb. 12: Tektonische Brekzie der Kartiereinheit j9 mit einigen Exemplaren von *Kurnubia palastiniensis* und Dolomithomboedern. Fundort: Vorkommen j9① (s. Abb. 11); Probe 33; Vergr. x14

2.3.3.3. Mikrofazielle Beschreibung

Die Abfolge ist tektonisch stark beansprucht, daher ist es nicht gelungen, ein vollständiges Profil aufzunehmen. Es können nur mikrofazielle Vergleiche mit den Kalken der Kartiereinheit j9 im benachbarten Kartiergebiet von DEIL (1995) von der Lokalität "Porto Agra" durchgeführt werden. Es stellte sich heraus, daß im eigenen Kartiergebiet N der Südspitze der Punta Negra zumindest zwei, durch Störungen begrenzte, kleine Vorkommen mit den unteren Schichten (Vorkommen j9①, s. Abb.

11) und den oberen Schichten (Vorkommen j9②, s. Abb. 11) die gleiche Ausbildung wie am

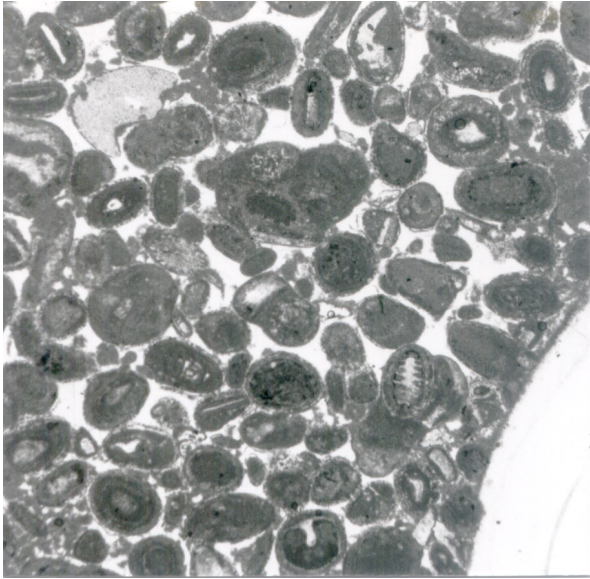


Abb. 13: Onkolith der Kartiereinheit j9; als Kerne kommen oft Foraminiferen vor.
Probe 50, Vergr. x 12; Fundort:
Vorkommen j9②(s. Abb. 11)

"Porto Agra" haben. Es handelt sich bei den Kalken der oberen Schichten um Biosparite/Oosparite (Grainstones), bei den unteren Schichten um Kalke mit mikritischer Matrix (Mud- und Wackestones).

Die Komponenten in den Grainstones bestehen aus Peloiden, Onkoiden, Ooiden, Intraklasten und Aggregatkörnern sowie Bioklasten (vorwiegend Foraminiferen). Hervorzuheben ist das häufige Vorkommen von *Trocholina elongata*. Das Vorkommen j9① ist durch mikritische Kalke gekennzeichnet, in denen Foraminiferen weitgehend fehlen, nur selten erscheint *Kurnubia palastiniensis* in der feinkörnigen Matrix mit zahlreichen Dolomitrhomboedern. In diesem Horizont befinden sich die oben angesprochenen Exemplare von *Rhynchonella* sp.

2.3.3.4. Fossilinhalt

Foraminiferen:	<i>Trocholina elongata</i> LEUPOLD <i>Orbitammina elliptica</i> D'ARCHIAC <i>Nautiloculina oolitica</i> MOHLER <i>Kurnubia palastiniensis</i> HENSON <i>Pfenderina trochoidea</i> SMOUT & SUGDEN Textulariiden
Algen:	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> RAINERI <i>Cayeuxia</i> sp.
Brachiopoden:	<i>Rhynchonella</i> sp.
Gastropoden	

Bryozoen

Echinodermen

2.3.3.5. Ablagerungsbedingungen

Durch die schlechten Aufschlußverhältnisse und der dadurch fehlenden Möglichkeit einer Profilaufnahme kann nur ein sehr grobes Bild der Ablagerungsbereiche rekonstruiert werden.

Die Biosparite und Oosparite sind in Bereichen mit Wellenenergie entstanden, die ausreichte, um den Mikrit zumindest teilweise auszuwaschen. Die Ooide und Onkoide weisen auf den Faziesbereich 6 (mäßig hochenergetisch mit Untiefen) hin. Peloide sind dagegen eher im Faziesbereich 7 mit sehr warmem Wasser und geringer Zirkulation entstanden. Auch die mikritischen Kalke weisen auf herabgesetzte Wasserenergie hin.

Die Entstehungsmöglichkeiten für die mikritischen Kalke in den unteren Schichten sind in offenen Lagunen gegeben. Mit der Ablagerung der oberen Schichten verschob sich der Sedimentationsraum zum äußeren Plattformbereich, wo am Rand von Kalksandbarren die Onkoide und Ooide gebildet wurden.

2.3.3.6. Stratigraphische Stellung

Aus den Schichten der Kartiereinheit j9 wurden die Foraminiferen *Orbitamina elliptica* und *Kurnubia palastiniensis* bestimmt, die von CHABRIER & FOURCADE (1975a) ins obere Bathon eingestuft wurden. Den Übergang zum Callovian legten sie mit *Pfenderina trochoidea* fest. Da auch bei meinen Untersuchungen diese Foraminiferen gefunden wurden, dürften die j9 Kalke ins obere Bathon am Übergang zum Callovian zu stellen sein. Die anderen Fossilien wie *Thaumatoporella parvovesiculifera* und *Nautiloculina oolithica* sind in den Juraschichten des Kartiergebietes "Durchläufer" und erlauben keine genauere Einstufung.

RADTKE (1986) beschreibt vom M. La Campana Schichten mit der Bezeichnung j8, die durch das häufige Auftreten von *Trocholina palastiniensis* charakterisiert sind, darüber dünnbankige braune Mikrite mit Dolomiteinschaltungen. TAGHI-SCHAHRESTANI (1984) fand oolithische Kalke am M. Doglia und M. Las Piccas, wovon die unteren Schichten *Trocholina* sp., *Pfenderina trochoidea* und *Orbitamina elliptica* führen und bezeichnete sie als E9 (entspricht j9 in den anderen Diplomarbeiten).

Entsprechende Schichten beschreibt auch STOCK (1982) aus der Umgebung von Maristella; Kalkarenite bilden dort den unteren Bereich und Mikrite/Kalkarenite den oberen. An der Grenze zu den liegenden Dolomiten, die er j7 nannte, fand er zahlreiche Exemplare von *Trocholina* sp., *Orbitamina elliptica*, darüber *Kurnubia palastiniensis*, die nach STOCK die Nähe der Grenze zum Callovian anzeigt. Da die Kalke der Kartiereinheit j9 an der Punta

Negra im eigenen Kartiergebiet ebenfalls durch das Auftreten von *Trocholina sp.* und ferner *Kurnubia palastiniensis* auffallen, dürften sie mit den obengenannten identisch sein.

2.3.3 Kartiereinheit j10 (Dolomit II)

2.3.3.1. Vorkommen und Beschreibung

Die Dolomite dieser Kartiereinheit kommen an der Punta Negra in dem tektonisch stark beanspruchten Bereich E der Bombarde und 1 Km weiter nördlich in Richtung Fertilia vor, wo sie zusammen mit den Gesteinen der Kartiereinheiten j11 und j12 eine Scholle bilden (s. Abb 14). Durch die schlechten Aufschlüsse konnte ich sie nicht eingehend untersuchen. Es sind grobkörnige dunkelgraue Dolomite, die hier eine schlechte Bankung und eine eventuell tektonisch bedingte brekziöse Struktur zeigen. Ihre Mächtigkeit läßt sich mit ca. 20m nur abschätzen. Der äußeren Erscheinung nach handelt es sich um primäre Dolomite, da keine unvollständig dolomitisierten Bänke, senkrecht zur Schichtung verlaufende Dolomit/Kalk - Grenzen etc. vorhanden sind.

2.3.4. Kartiereinheit j11 (Kalke mit *Cladocoropsis mirabilis*)

2.3.4.1. Vorkommen und Lagerungsverhältnisse

Gesteine dieser Kartiereinheit sind am Küstenstreifen 0,5 Km W des Hotels "Punta Negra" (s. Abb.14) aufgeschlossen. Sie fallen mit 10 - 20° in östliche Richtung ein. Im W grenzen sie an Gesteine der Kartiereinheit j5. Hier existiert eine Störung mit größerem Versatz; im E dagegen findet man den ungestörten Übergang zur Kartiereinheit j12. Einige kleine Störungen mit sehr geringen Versätzen durchziehen die Abfolge. Die gesamte Mächtigkeit beträgt ca. 30 Meter. Mehrere kleine Vorkommen, die durch Störungen von Gesteinen der Kartiereinheiten j10 und j12 getrennt sind, findet man E des Strandes "La Bombarde".

2.3.4.2. Allgemeine Beschreibung

Die Ausbildung scheint im Kartiergebiet relativ homogen zu sein. Es sind hellgraue Kalke die meist dickbankig - massiv (Bankmächtigkeiten bis über 2 m) ausgebildet sind. Nur im oberen Bereich werden die Bankmächtigkeiten etwas geringer; die Komponentengröße steigt und läßt die Komponenten makroskopisch erkennen. Im basalen Teil der Abfolge wurden die Bankstrukturen durch Verkarstungsvorgänge zerstört. Es haben sich Schratten gebildet, die die Klufttrisse zu tiefen Spalten erweitert haben.

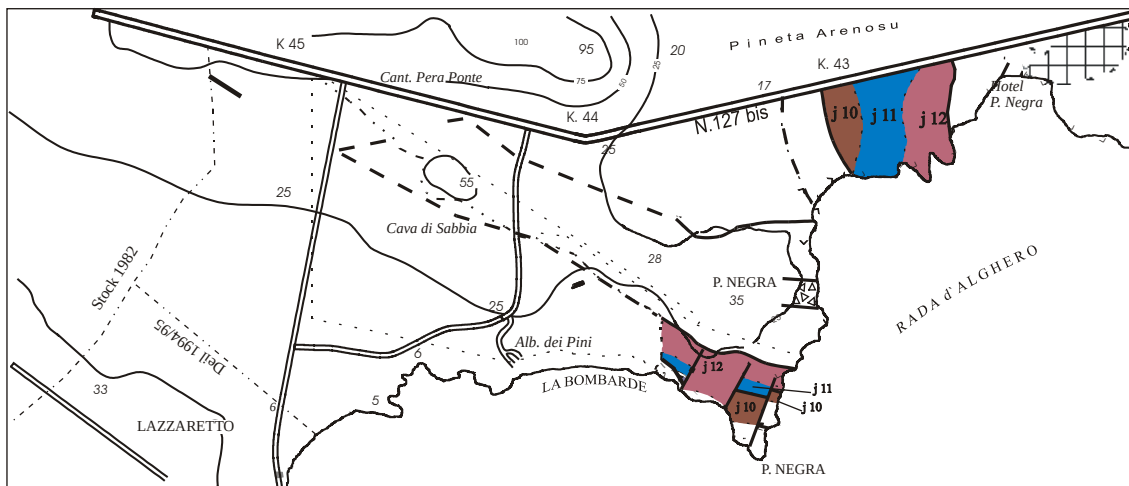


Abb. 14: Verbreitung der Kartiereinheiten j10, j11 und j12

Für die gesamte Kartiereinheit j11 ist das Vorkommen des Schwammes *Cladocoropsis mirabilis* charakteristisch.

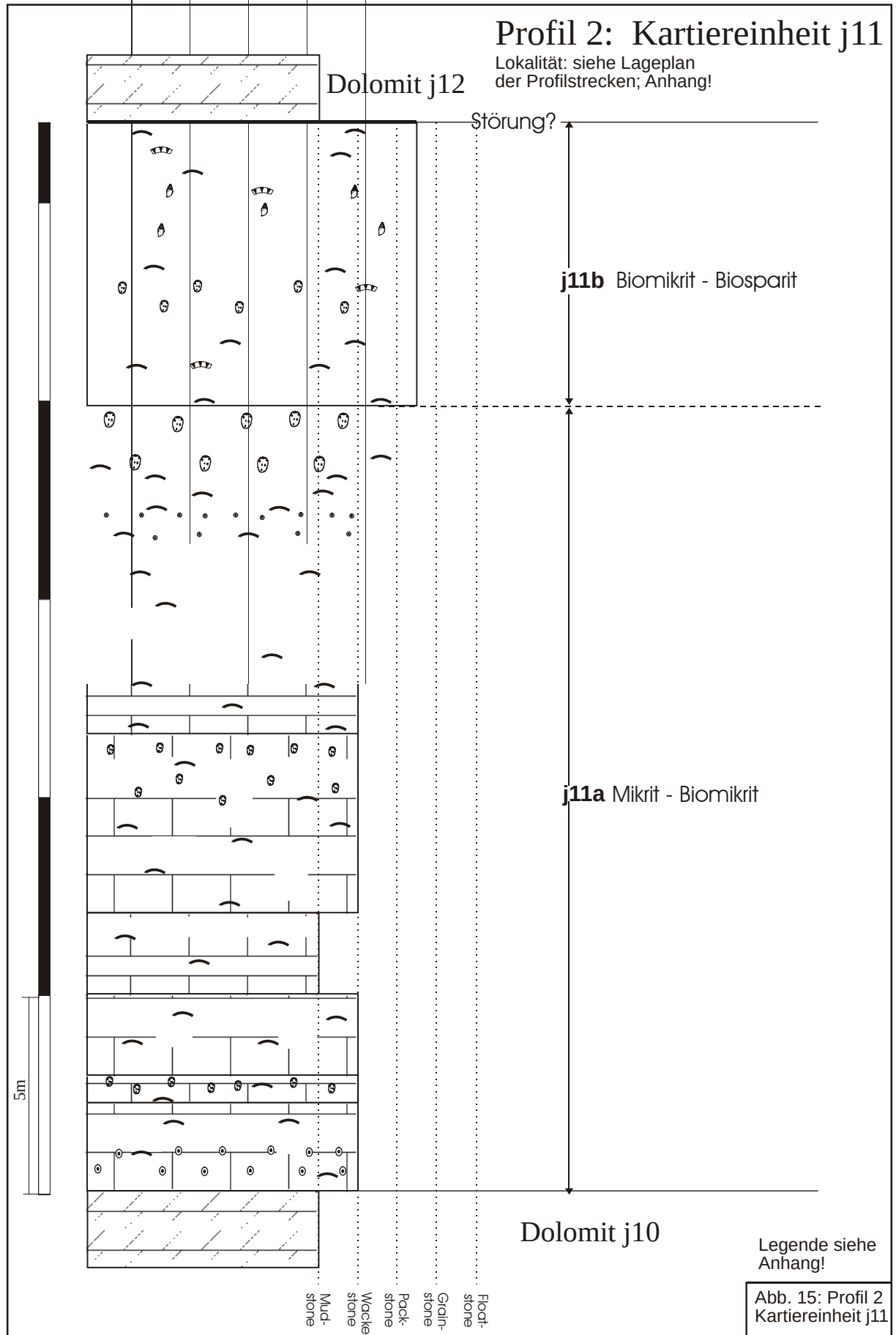
2.3.4.3. Mikrofazielle Beschreibung

Die Abfolge kann im Bereich der Profilstrecke 2 (s. Lagekarte der Profilstrecken und Aufschlußphotos, Anhang) in zwei mikrofazielle Bereiche unterteilt werden:

- j11a) Mikrit bis Biomikrit.** (Mud- und Wackestones) Hellgraue Kalke, dickgebant, die überwiegend eine Mikritmatrix haben. Lithoklasten und Pelloide bilden einen Teil der Komponenten, im unteren Teil finden sich einzelne Ooidhorizonte. Schwämme (*Cladocoropsis mirabilis*) kommen sehr häufig vor. Mächtigkeit ca. 20 Meter.
- j11b) Biomikrit - Biosparit** (Wacke- und Grainstones) Sie sind im Gegensatz zur Unter-einheit j11a mittelgebant, die Matrix ist meist sparitisch. Die Kalke sind fossilreich mit Schwämmen, Algen und Foraminiferen, vereinzelt wurden Charophyten gefunden. Es sind verschiedene Komponenten vorhanden (Pelloide, Lithoklasten, Onkoide und Ooide). In den obersten Schichten sind Hohlraumstrukturen zu finden, die mit vadosen Silt ausgefüllt sind. Mächtigkeit ca. 15 Meter.

2.3.4.4. Fossilinhalt

Foraminiferen: *Praekurnubia crusei* REDMOND
Kurnubia palastiniensis HENSON



Nautiloculina oolithica MOHLER

Textulariiden

Algen: *Thaumatoporella parvovesiculifera* RAINERI

Charophyten

Schwämme: *Cladocoropsis mirabilis* FELIX

Ostracoden

Brachiopoden

Gastropoden

Bemerkung: *Praekurnubia crusei* und *Kurnubia palastiniensis* kommen besonders zahlreich in den Schichten der Untereinheit j11b vor.

2.3.4.5. Ablagerungsbedingungen

Die Sedimente der Kartiereinheit j11 sind im randmarinen Bereich abgelagert worden. Eingrenzen läßt sich der Ablagerungsraum mit Hilfe der Foraminiferen, die nicht in Ablagerungsräumen über dem Intertidal vorkommen, und mit Hilfe der Schwämme, die nur im flachmarinen Bereich unterhalb der Wellenbasis optimale Lebensbedingungen finden. Die in den obersten Schichten kurz unterhalb der Dolomite der Kartiereinheit j12 vorkommenden Charophyten indizieren Brackwasserbereiche oder Süßwassereinfluß, der im Gegensatz zu den darunterliegenden Schichten einer Entfaltung der Foraminiferenfauna entgegenwirkte. Die Wasserenergie ist während der Ablagerungen der dickbankigen mikritischen Kalke noch relativ niedrig gewesen. In diesem Milieu, das z.B. abgeschlossenen Lagunen (FZ 7/8) entspricht, schienen sich die Schwämme gut zu entwickeln. Die Oolith-Zwischenschichten in den mikritischen Kalken lassen sich als eine zeitweise Verschiebung des Ablagerungsraumes an den Lagunenrand zum offenen Meer hin interpretieren. Unter größerer Wasserenergie erfolgte dann auf Untiefen die Ablagerung der Ooide.

Die meist sparitischen Kalke der Untereinheit j11b sind generell unter höherenergetischen Bedingungen abgelagert worden.

Die Salinität dürfte aufgrund der Schwämme im normalsalinen Bereich gelegen haben, nur im oberen Bereich könnte eine leichte Abnahme erfolgt sein.

Brekzienhorizonte mit "black pebbles", die im Kartiergebiet von DEIL (in Vorber.) am Porto Agra Richtung S. Antonio beschrieben wurden, kommen hier nicht vor. Der einzige Hinweis auf Landnähe sind hier Hohlräume, die mit vadosen Silt ausgefüllt sind.

Es scheinen lokal eng begrenzte Ablagerungsräume bestanden zu haben. So ergibt sich ein Bild von verschiedenen weit herausgehobenen Sedimentationsbereichen, das auf die austrische Phase der alpidischen Gebigsbildung zurückzuführen ist.

2.3.4.6. Stratigraphische Stellung

Kalke der Einheit j11 sind auch von PECORINI (1965) und CHABRIER & FOURCADE (1975) untersucht worden. Nach PECORINI sind die Kalkbrekzien mit "black pebbles" und Charophyten ins obere Kimmeridge zu stellen, die Kalke mit *Cladocoropsis mirabilis* und *Kurnubia palastiniensis* ins Kimmeridge. Nach CHABRIER & FOURCADE ist die Einteilung etwas differenzierter vorzunehmen. Sie unterteilen drei Horizonte:

- a) 15 m graue bis beige mikritische Kalke mit *Trocholina sp.*, *Kurnubia palastiniensis*, *Pfenderina trochoidea*, *Cladocoropsis mirabilis* und *Salpingorella annulata*.
- b) 15 m beige mikritische Kalke mit *Kurnubia palastiniensis*, Textulariiden und eventuell *Praekurnubia*; hier legen sie die Grenze Dogger/Malm fest.
- c) 120 m massive Dolomite, in die mikritische und brekziöse Kalke eingeschaltet sind. Selten kommen Foraminiferen vor. Das Hangende dieser Einheit ist dolomitisch und wird diskordant von der Oberkreide überlagert.

Gemäß dieser Unterteilung lassen sich die Kalke der Kartiereinheit j11 im Bereich der Punta Negra nur den Bereichen a und b zuordnen. Mit Sicherheit kann aber gesagt werden, daß sie noch zum obersten Callovian gehören, da auch ALTINER & SEPTFONTAINE (1979) für die Cenozone mit *Praekurnubia crusei* und *Kurnubia palastiniensis* die gleiche Alterstellung angeben.

Entsprechende Schichten von dichten, mikritischen Kalken mit *Kurnubia palastiniensis* und *Praekurnubia crusei* finden sich auch in den Kartiergebieten von RADTKE (1986), TAGHI-SCHAHRESTANI (1984) und STOCK (1982); in letzterem ist die Abfolge am vollständigsten aufgeschlossen (80 m Mächtigkeit) und führt wie an der Punta Rumani im Kartiergebiet von DEIL (in Vorber.) Horizonte mit "black pebbles". Übereinstimmend stellen sie diese Schichten in das Callovian. Die stratigraphische Position entspricht exakt derjenigen der Kartiereinheit j11 im eigenen Kartiergebiet. Hier sind nur Unterschiede in Form einer geringeren Mächtigkeit und dem Fehlen der Schichten mit "black pebbles" festzustellen.

2.3.3. Kartiereinheit j12 (Dolomit III)

2.3.5.1. Vorkommen und Allgemeine Beschreibung

Die Dolomite der Kartiereinheit j12 kommen im Kartiergebiet in zwei Bereichen vor: **1.)** angrenzend an den südlichen Rand des Kreidegrabens und mit gestörtem Kontakt zu anderen Juraeinheiten und **2.)** in Richtung Fertilia als Auflagerung auf Kalken der Kartiereinheit j11 (s. Abb. 14). An den Küstenaufschlüssen läßt sich beobachten, daß der Kontakt zwischen Juradolomiten und Oberkreide im Kartiergebiet tektonisch bedingt ist. W des Hotels Punta Negra fallen die Dolomitschichten flach in östliche Richtung ein; sie liegen hier auf dem westlichen Schenkel der Mulde, in deren Kern am Hotel Punta Negra die Kreide - Mergelkalke austreichen.

Im Bereich der gesamten Punta Negra sind die Dolomite auffallend rot gefärbt, anpolierte Proben zeigen einen fast brekziösen Charakter, der deutlich zeigt, daß eisenhaltige Lösungen in Kluftrisse etc. eingedrungen sind. Die rötliche Färbung dürfte auf die Sedimentations-unterbrechung in der Unterkreide und der damit verbundenen Verwitterungsvorgänge zurückzuführen sein.

2.3.5.2. Bildungsverhältnisse und stratigraphische Stellung

Die Dolomite wurden wahrscheinlich in einer geschlossenen Lagune mit eingeschränkter Wasserzirkulation abgelagert. Die vollständige Dolomitisierung weist auf eine Umwandlung im frühdiagenetischen Stadium hin. PECORINI (1965) beschrieb in Dolomiten von S. Antonio schlecht erhaltene Funde von Fossilien - zumeist Algen, die aber an der Punta Negra nicht nachgewiesen werden konnten. Da aber die liegenden Kalke der Kartiereinheit j11 bereits ins obere Callovian gehören, müßten die Ablagerungen der Kartiereinheit j12 in das Oxford zu stellen sein.



Abb. 16: Rötlich gefärbte Dolomite der Kartiereinheit j12 am südlichen Rand des Oberkreidegrabens. Vorkommen: s. Lageplan der Profilstrecken und Aufschlußphotos, Anhang.

2.4 KREIDE

Von der Kreide kommen im Kartiergebiet nur Gesteine der Oberkreide vor. Sie streichen in zwei Bereichen aus:

- zentral im Kartiergebiet in Form eines Grabens mit Reliefumkehr, der zugleich den einzigen Höhenzug des Geländes mit den Höhenpunkten 33 m und 55 m darstellt.
- am Ostrand des Kartiergebietes als Mulde unmittelbar W der Ortschaft Fertilia in der Umgebung des Hotel Punta Negra

Die Gesteine der Oberkreide liegen diskordant auf Juradolomiten der Kartiereinheit j12. Der Kontakt Jura/Kreide ist im Kartiergebiet generell tektonisch bedingt. So konnten die Übergangs- oder Basisschichten nicht untersucht werden. Aus anderen Kartiergebieten werden Erscheinungen wie eine Winkeldiskordanz zwischen Jura und Kreide, Bauxithorizonte und Transgressionskonglomerate beschrieben. Im eigenen Kartiergebiet läßt sich nicht beurteilen, ob diese Erscheinungen einfach nicht aufgeschlossen oder nicht so ausgeprägt sind.

Lithologisch können von der Oberkreide drei Kartiereinheiten unterschieden werden

- a) Miliolidenkalke (kro 2)
- b) Rudistenkalke (kro3)
- c) Mergelkalke (kro 4)

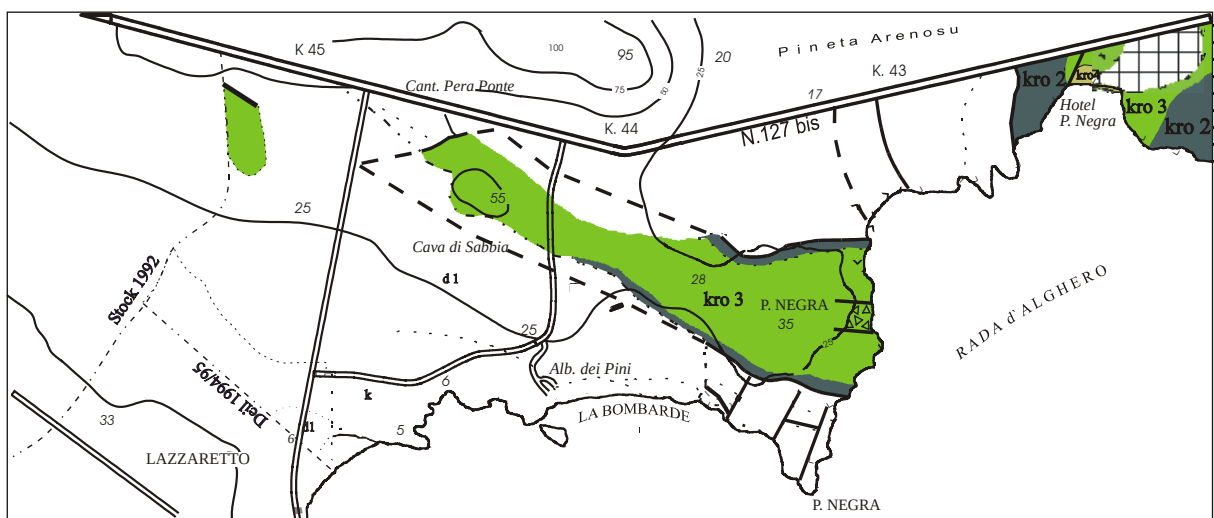


Abb. 17: Lagekarte der Kartiereinheiten Miliolidenkalke (kro2), Rudistenkalke (kro3) und Mergelkalke (kro4)

Die Gesteine dieser Einheiten können lateral wechselnde Zusammensetzungen zeigen. Bänke, deren lithologische Zusammensetzung den Rudistenkalken entspricht, sind in die Mergelkalke eingeschaltet. Einzelne Bänke der Miliolidenkalke weisen höhere Anteile von Rudistendetritus auf, dessen Bildung wahrscheinlich an das Vorkommen isolierter Rudistenriffe (patch-reefs) gebunden ist. Im Kartiergebiet von BECKER (1986) läßt sich die lateral schnell ändernde Ausbildung der Miliolidenkalke gut beobachten: das Profil der Lokalität Grascioleddu zeigt mikritische Kalke, während im Profilabschnitt von Brunestica die Miliolidenkalke vollständig aus Rudistendetritus bestehen.

2.4.1. Kartiereinheit Miliolidenkalke (kro2)

2.4.1.1. Lagerungsverhältnisse und Vorkommen

Schichten der Miliolidenkalke sind sehr gut SW des Hotels Punta Negra aufgeschlossen, wo die Kalkbänke durch die Meeresbrandung freigespült wurden, so daß eine Profilaufnahme (Profil 3, s. Abb.18, S. 36) hier gut durchgeführt werden konnte. An diesem Küstenaufschluß fallen die Schichten nach E ein, bei Fertilia nach SW. Die Miliolidenkalke bilden die äußersten Schichtglieder der Oberkreidemulde. Das Liegende bilden die Dolomite der Jurakartiereinheit j12, im Hangenden befinden sich die Rudistenkalke der Kartiereinheit kro3 und die Mergelkalke der Kartiereinheit kro4, die den Kern der Mulde bilden.

Die anderen Vorkommen haben die Form schmaler Streifen an den inneren Rändern des Kreidegrabens der Punta Negra, der sich zentral im Kartiergebiet in SW - NE Richtung erstreckt. Das Vorkommen am S - Rand des Grabens bildet das Liegende der Rudistenkalke (kro3); am N - Rand ist der Kontakt der Milioliden- zu den Rudistenkalken durch ein System kleiner paralleler Störungen bedingt - es könnte sich hierbei um aufgeschleppte Miliolidenkalk - Schichten handeln. Der S - Rand des Grabens grenzt an Dolomite der Einheit j12; der N - Rand an Kalke der Einheit j5. Im Bereich N Lazzaretto grenzt er wahrscheinlich auch an Keuper, was aber nicht sicher ist, da Quartärdünen ein größeres Areal bedecken.

2.4.1.2. Allgemeine Beschreibung

Die Miliolidenkalke sind gut gebankt. Beim Anschlagen zeigen sie in der hellgrauen Matrix viele mm - große weiße Milioliden, die mit bloßem Auge erkennbar sind. Manchmal kommen kleine Rudistenbioherme vor. Die untersten Schichten sind brekziös ausgebildet. Zum Top hin steigt der Anteil an Rudistendetritus. Die Kalke, die überwiegend aus solchem

bestehen, werden der nächsten Kartiereinheit (Rudistenkalke) zugeordnet. Die Mächtigkeit beträgt ca. 40 - 45 m.

2.4.1.3. Mikrofazielle Beschreibung

Makroskopisch zeigen die Miliolidenkalke ein einheitliches Bild. Mikrofaziell lassen sie sich weiter untergliedern, es können zumindest zwei Untereinheiten unterschieden werden:

kro2a: Eine mehr oder weniger monotone Abfolge von mikritische Kalken (Float - Wackestones)

kro2b: Eine Wechsellagerung von sparitischen und mikritischen Kalken (Pack- und Grainstones)

Detaillierte Beschreibung der Untereinheiten

kro2a: Die Kalke dieser Untereinheit sind sehr gleichförmig ausgebildet. Es handelt sich überwiegend um Biomikrite (Wackestones) mit schwankendem Mikritgehalt, die Matrix zeigt zum Teil "Krümelstruktur". Kleine unscharf erscheinende Mikritkrümel scheinen in einer Sparitmatrix zu schwimmen. Nach Flügel (1982) kann diese Struktur durch in einem frühen Stadium zerfallende Schlammartikel unter Beteiligung von Sedimentfressern entstehen.

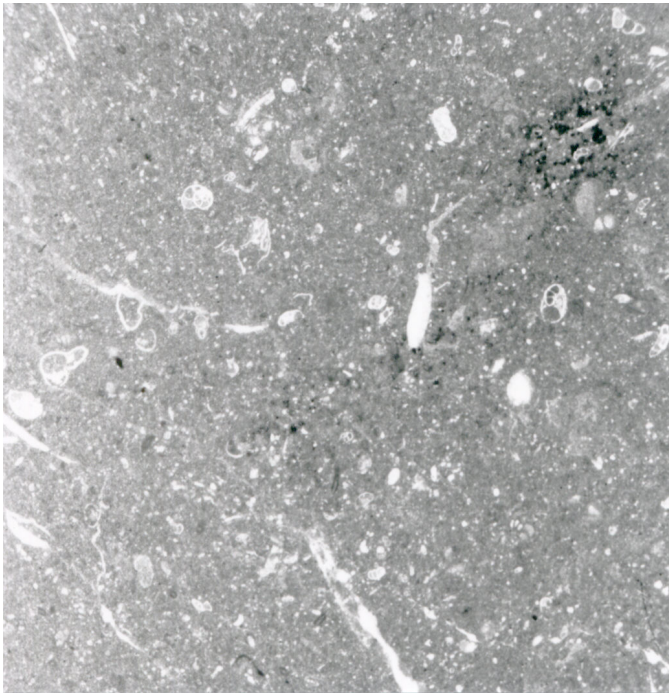


Abb: 18: Wackestone mit *Rotalia* sp., Untereinheit kro2a, Vorkommen: Profilstrecke 3 am Hotel Punta Negra (s. Lagekarten der Profilstrecken, Anhang); Probe 3; Vergr. x12

Die Brekzie im unteren Bereich der Ablagerungen zeigt manchmal ein rosa bis fleischfarbenes Bindemittel. BECKER (1986) führte in ihrem Kartier-gebiet sehr genaue Untersuchungen der Kreide - Basisschichten durch; über einem Bauxithorizont fand sie vergleichbare Brekzien, die dort bis zu 10 m über der Basis der Miliolidenkalke anstehen. Eine röntgenographische Untersuchung ihrer Proben des fleischfarbenen Bindemittels ergab eine Zusammensetzung von 55 % Calcit und 40 - 45 % Kaolinit. Der Großteil der biogenen Komponenten wird von Milioliden gebildet, daneben kommen viele andere Foraminiferen vor, von

denen besonders *Cuneolina conica* und *Dicyclina schlumbergeri* hervortreten. Selten findet man gut erhaltene Rudistenbioherme, die meist aus nur wenigen Individuen aufgebaut sind. Ein Dünnschliff aus den unteren Schichten zeigt daneben viele Algen (Dasycladaceen); es könnte sich bei diesen Schichten um das Äquivalent der Basisschichten handeln, die aber zum Großteil durch eine Störung abgeschnitten sind. Der Anteil von klastischen Komponenten ist verglichen mit den biogenen Komponenten gering. Am häufigsten sind Lithoklasten und Pelloide zu erkennen, daneben auch Aggregatkörner.

Ein Horizont ca. 10 m über der Basis der Miliolidenkalke zeigt einige "black pebbles", die weitere Hinweise auf Landnähe geben. Da sie gut gerundet sind, wurden sie aus einem anderen Bildungsbereich herantransportiert. Dieser kann nach FLÜGEL (1982) subaerisch exponiert und mit Mangrovenwäldern bewachsen gewesen sein. Die Mächtigkeit der Untereinheit kro2a beträgt ca. 15 m.

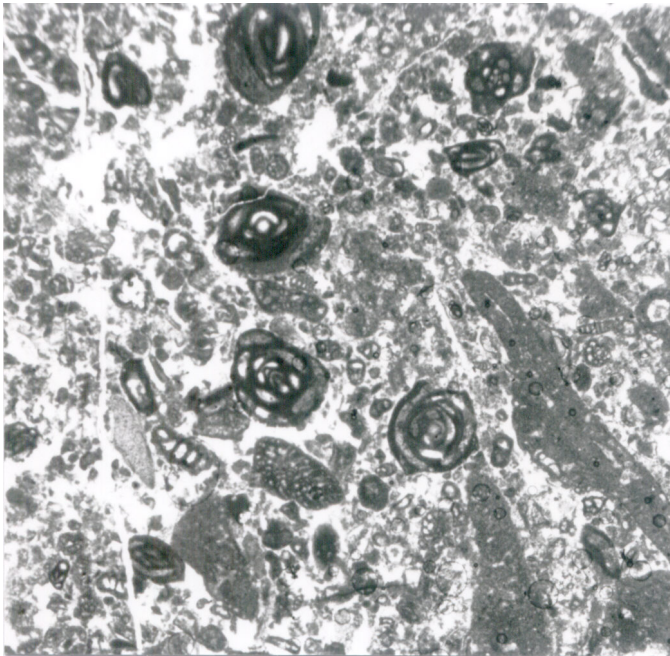


Abb. 19: Foraminiferen - Grainstone; Untereinheit kro2b; Vorkommen: Profilstrecke 3 (s. Lagekarten der Profilstrecken, Anhang) am Hotel Punta Negra; Probe 8; Vergr. x12

kro2b: Die Pack- und Grainstones zeigen von den Komponenten her ähnliche Zusammensetzung wie die Kalke der Untereinheit kro2a. In manchen Bänken steigt der Anteil an Bioklasten und die Komponenten-größe. Zum Teil bestehen die Komponenten der Grainstones nur aus Foraminiferen (s. Abb. 19). Horizontweise tritt Rudistendetritus auf, dessen Anteile zum Top hin zunehmen, bis die Kalke überwiegend aus diesem zusammengesetzt sind und zur nächsten Kartiereinheit (Rudistenkalke kro3) überleiten. Mit der Zunahme an Rudistendetritus nimmt der Individuenreichtum der Milioliden ab.

2.4.1.4. Fossilinhalt

Foraminiferen: *Valvulammina picardi* HENSON

Pseudocyclammina sphaeroidea GENDROT

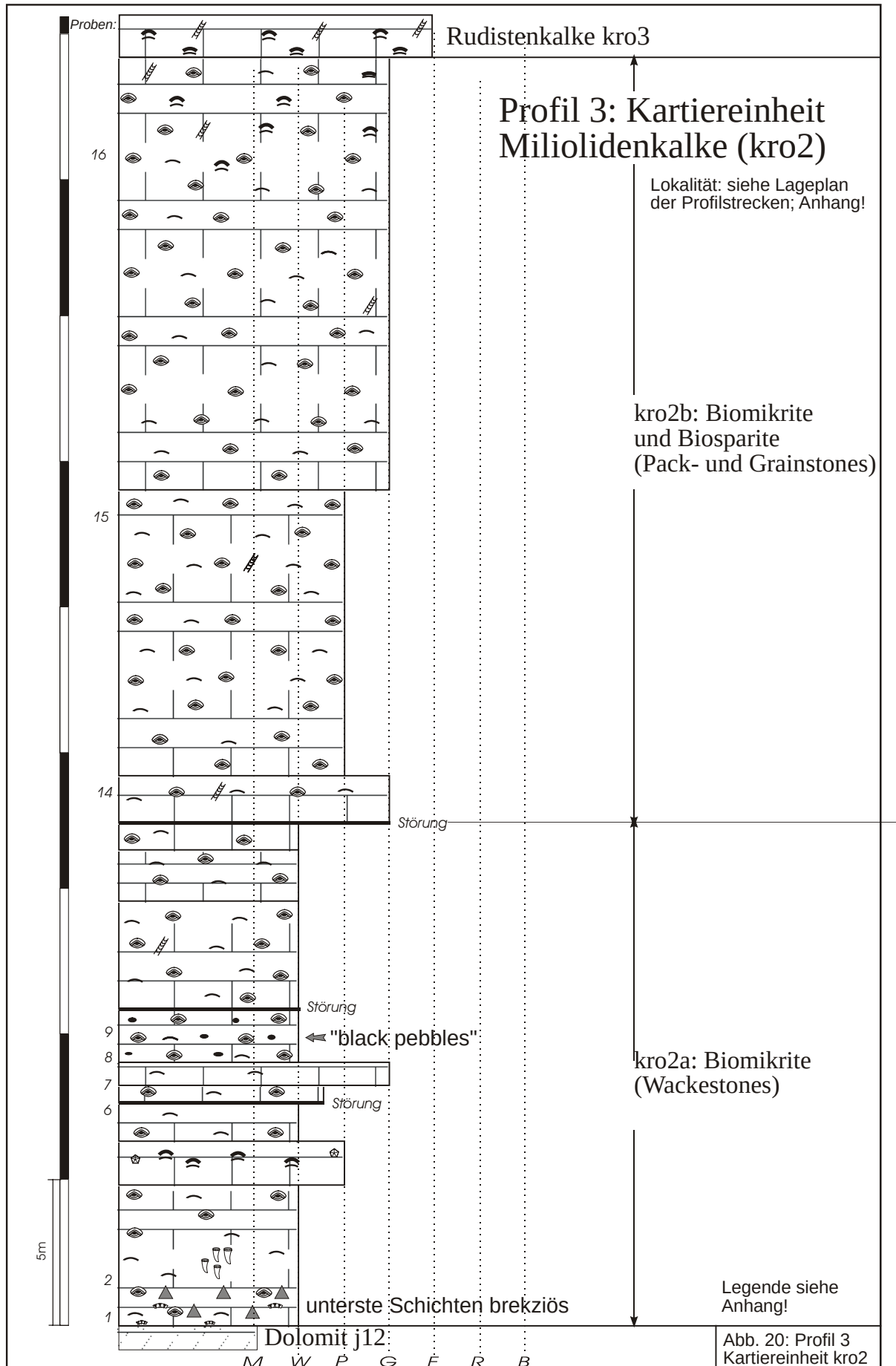
Minouxia lobata GENDROT

Cuneolina conica d'ORBIGNY

Dicyclina schlumbergeri MUNIER-CHALMAS

Biplanata sp.

Idalina antiqua D'ORBIGNY



Peneroplis giganteus GENDROT

Quinqueloculina sp.

Rotalia sp.

Textulariiden

unsicher:

Lamarmorella sarda CHERCHI & SCHROEDER

Montsechiana martiguae AUBERT, COUSTEAU & GENDROT

Algen: Corallinaceen

Dasycladaceen

Clypeina sp.

Thaumatoporella parvovesiculifera RAINERI

Salpingorella sp.

Bryozoen

Echinodermen

Rudisten

Ostracoden

2.4.1.5. Ablagerungsbedingungen

Die Miliolidenkalke sind unter flachmarinen Bedingungen und normalsalinen Verhältnissen entstanden. Der Wechsel in der Ausbildung weist auf geänderte Ablagerungsbedingungen hin. Zum Hangenden hin dürfte der Sedimentationsbereich verlagert worden sein. Ablagerungen aus einem Bereich niedrigerer Energie, der die Entfaltung einer artenreichen Foraminiferenfauna gestattete, wurden von höherenergetischen Sedimenten abgelöst mit einem Wechsel der Fauna zu Corallinaceen, Bryozoen und Echinodermen.

Milioliden sind nach FLÜGEL eher ein Indikator für den Faziesbereich 8 (geschlossener Plattformbereich), aber nur in Zusammenhang mit einer geringdiversen Fauna. Dies könnte für Schichten gelten, die außer Milioliden nur eine artenarme Fauna beinhalten. Mit dem Vorkommen der hochdiversen Faunen, wie man sie in den Miliolidenkalken überwiegend findet, dürften die Ablagerungen zum Großteil im Faziesbereich 7 entstanden sein. In offenen Buchten und Lagunen hinter dem äußeren Plattformrand herrschten Bedingungen, die die Bildung einzelner "Patch - Riffe" erlaubte - Rudisten wachsen unter großem Energieaufwand in Lebensräumen knapp unter der Gezeitenzone. Auch die Entstehung von Kalken mehrerer Mikrofaziestypen (Mud - Grainstone) ist in diesem Faziesbereich möglich.

Die Wasserzirkulation dürfte im niederenergetischen Bereich gelegen haben. Mit dem Wachstum der Patch-Riffe wurden auch die oberen Wasserschichten an der Wellenbasis berührt und somit durch höhere Energie die Bildung von Rudistendetritus in ihrer Umgebung begünstigt. Im oberen Bereich der Miliolidenkalke änderten sich die Ablagerungsbedingungen generell - es herrschten gute Bedingungen für die Ausbreitung der Rudisten. Der Ablagerungsraum verlagerte sich in Richtung Plattformrand mit Zonen höherer Energie (FZ 6.)

2.4.1.6. Stratigraphische Stellung

Die Miliolidenkalke wurden schon oft untersucht. Die Autoren kamen zu verschiedenen Ergebnissen:

OOSTERBAAN (1936) stufte sie in die Basis des Cenoman aufgrund *Eoradiolites* ein

PECORINI (1956, 1965) nahm ein Profil bei Grascioleddu und Brunestica auf. Er fand Miliolidenkalke mit *Hippurites cornuvaccinum*, *Radiolites cf. pailletteana*, *Radiolites sp.*, aufgrund dieser Assoziation stellt er die Kalke in das Turon.

GANDOLFI & PECORINI (1970) fanden *Hippurites resectus* DEFRANCE, *Hippurites inferus* DOUVILLE und *Hippurites cf. giganteus* D' H-FIRMAS und nahmen an, daß die Transgression der Oberkreide im Turon stattgefunden hat.

CHERCHI & SCHROEDER (1974) fanden erstmalig *Lamarmorella sarda* CH. & SCH. und andere Foraminiferen, die eine Einstufung ins Coniac - Santon erlaubten.

CHABRIER & FOURCADE (1975a) nahmen ein Profil am Capo Caccia auf und stellten die Miliolidenkalke aufgrund einer Foraminiferenassoziation ins untere Santon.

PHILIP ET AL. (1978) nahmen ebenfalls dort Profile und stellten eine Kartiereinheit kro1 aufgrund *Vaccinites giganteus* D'-H-FIRMAS, *Vaccinites preagiganteus* TOUCAS, *Hippurites gr. canaliculata*, *Biradiolites cf. angulosus* D' ORBIGNY und *Biradiolites lumbricalis* D' ORBIGNY ins obere Turon - Coniac. Im Gegensatz dazu nahmen sie an, daß die Oberkreidetangression am Capo Caccia an der Wende Coniac - Santon stattfand. Er belegte dies mit *Vaccinites chaperi* DOUVILLE.

In den Diplomarbeiten von CHRISTAKOS (1981), STOCK (1982), HAEHNEL (1983), TAGHI SHARESTANI (1985), SCHMIDT (1985), RADTKE (1986) und BECKER (1986) werden die

Miliolidenkalke mit *Orbitolinopsis senonicus* GENDROT, *Lamarmorella sarda* CHERCHI & SCHROEDER, *Peneroplis giganteus* GENDROT, *Pseudocyclamina sphaeroidea* GENDROT und *Minouxia lobata* ins obere Coniac - Santon gestellt. Sie lagern in fast allen Kartiergebieten diskordant auf Gesteinen verschiedener Juraeinheiten.

Letztere Ergebnisse stimmen mit denen meiner Untersuchungen überein.

2.4.2. Kartiereinheit Rudistenkalke (kro3)

2.4.2.1. Lagerungsverhältnisse und Vorkommen

Die Rudistenkalke sind wie die Miliolidenkalke, auf denen sie aufliegen, sehr gut am Hotel Punta Negra aufgeschlossen. Das Einfallen ist mit dem der Miliolidenkalke identisch (am Hotel nach E, bei Fertilia nach SW). Im Hangenden befinden sich die Mergelkalke (kro4) - allerdings in gestörtem Kontakt - welche den Kern der Mulde bilden.

Das andere Vorkommen befindet sich im Kreidegraben der Punta Negra, wo überwiegend Rudistenkalke austreten.

2.4.2.2. Allgemeine Beschreibung

Die Rudistenkalke sind überwiegend gut gebankt (mittelbankig bis dickbankig) mit einer Gesamtmächtigkeit von 15 m. Es herrschen Kalke mit großen, makroskopisch sichtbaren Komponenten vor, die stellenweise brekziösen Charakter haben. Bei Verwitterung zeigen sie eine graubraune Farbe, beim Anschlagen eine weißgelbe - dunkelgelbe Färbung.

Vereinzelt kommen komplette Rudisten und Schwämme vor. Der größte Anteil der Fossilien aber scheint zertrümmert zu sein.

Im Kreidegraben der Punta Negra sind die Rudistenkalke an einer Stelle (s. Abb. 22 und 23, S. 41) als tektonische Brekzie ausgebildet, die auf nicht zertrümmerten Kalkbänken lagert. Die Brekzie wird an den Seiten von zwei Störungen von den Rudistenkalken abgegrenzt. Die Störungen bilden einen kleinen Graben, in dem es zur Sedimentation der Brekzie kam. Im Anstehenden der Brekzie sind tektonische Bewegungsspuren und Gleithorizonte zu sehen, eventuell wurde die Brekzie noch während der Grabenbildung abgelagert. Durch Verwitterung und Brandung werden aus der Brekzie viele Kieselschwämme ausgewaschen und als Strandgeröll angereichert.

2.4.2.3. Mikrofazielle Beschreibung:

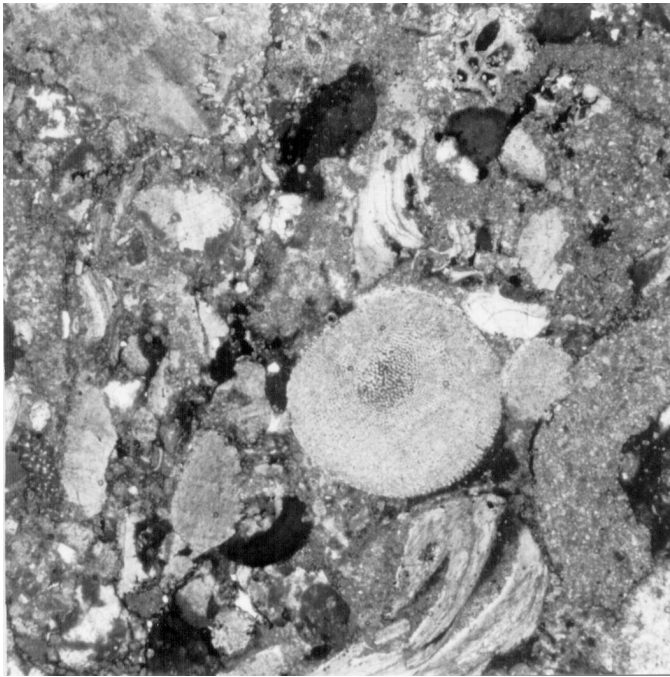


Abb. 21: Typisches Erscheinungsbild der Rudistenkalke im Dünnschliff; Vorkommen: Profilstrecke 3 am Hotel Punta Negra (s. Lagekarten der Profilstrecken, Anhang); Prob17; Vergr. x12

Im Gegensatz zu den Miliolidenkalken sind die Rudistenkalke überwiegend aus großen Komponenten (Rudsize) aufgebaut, die aus dem namensgebenden Rudistendetritus bestehen. Die Komponenten, die schlecht gerundet und sortiert sind, befinden sich fast immer in einer Matrix aus Sparit; das Gefüge ist im Gegensatz zu den Miliolidenkalken korngestützt. Es handelt sich daher um Rudstones und untergeordnet auch um Floatstones. Weitere biogene Komponenten sind Rotalgen, Echinodermenreste, Foraminiferen und Dasycladaceen; als klassische Komponenten kommen haupt-

sächlich Lithoklasten vor.

Anteilmäßig überwiegen fast immer die Rudistenschalen, bankweise treten Rotalgenreste und Echinodermen (länglich und gerundet) in den Vordergrund und bilden Rotalgen-Echinodermen - Sande. Der Anteil der Foraminiferen ist niedriger als in den Miliolidenkalken. In Hohlräumen hat sich manchmal "Hundezahnzement" gebildet, der nach FLÜGEL (1982) Frischwassereinfluß anzeigen kann. In einigen Schichten sind Hohlräume mit vadosem Silt ausgefüllt. Im oberen Bereich sind die Rudistenkalke mergelig ausgebildet.

2.4 3.4. Fossilinhalt

Foraminiferen: *Cuneolina conica* D'ORBIGNY

Dicyclina schlumbergeri MUNIER-CHALMAS

Biplanata sp.

Rotalia sp.

Textulariiden

Rudistendetritus

Rudisten: *Vaccinites beaussetenensis* TOUCAS

Radiolites galloprovincialis MATHERON

Echinodermenreste

Bryozoen

Algen: Dasycladaceen



Rotalgen
(*Salpingorella* sp.)

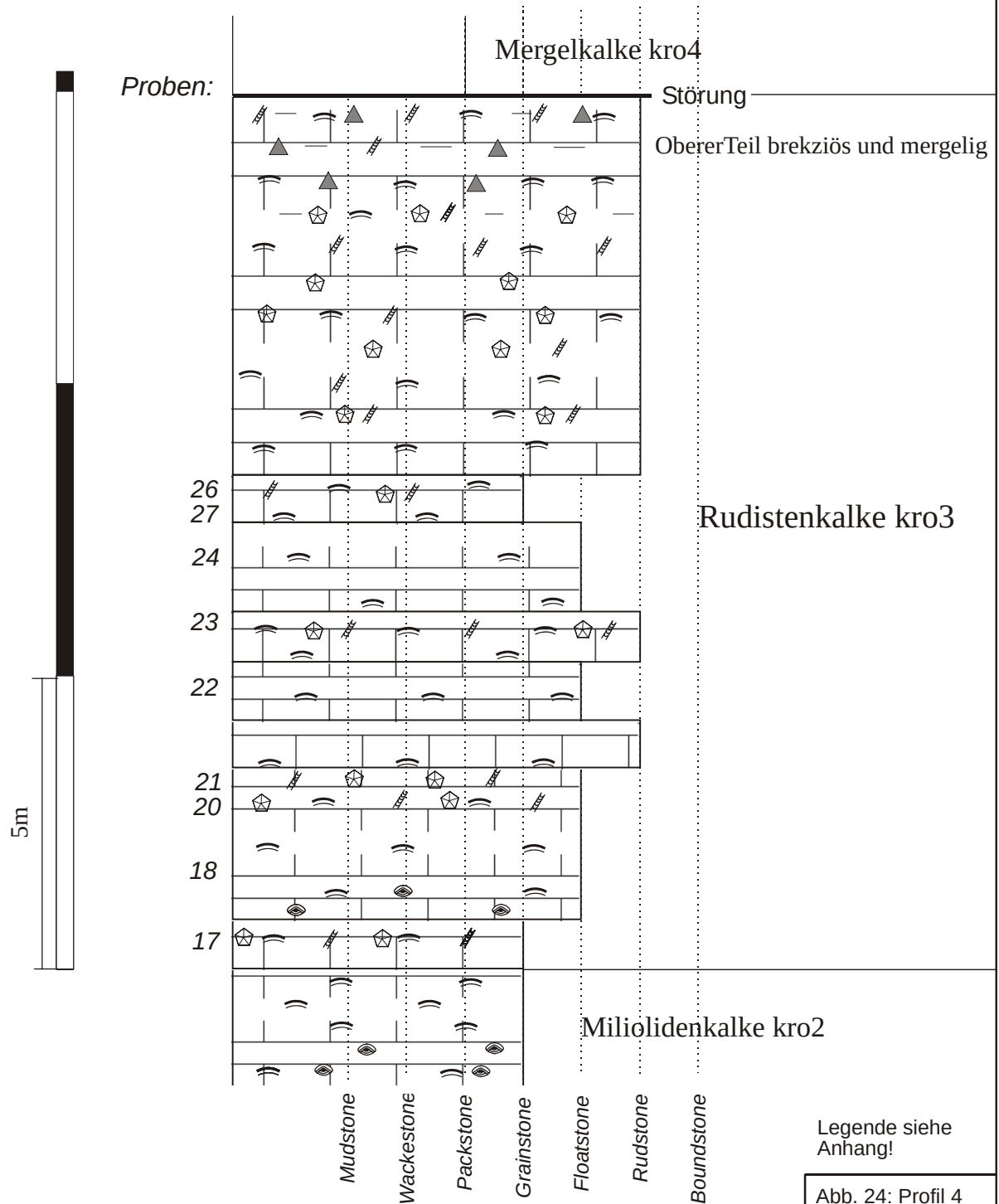
Abb. 22: Brekzie über anstehendem Rudistenkalk; das Strandgeröll besteht überwiegend aus verkieselten Schwämmen, die aus der Brekzie stammen.
Vergleichsmaßstab (Holzstück) = 50 cm, Vorkommen: Kreidegraben der Punta Negra (s. Lagekarte der Profilstrecken und Aufschlußphotos, Anhang)



Abb. 23: Störungsbrekzie mit tektonischen Bewegungsspuren ; Vorkommen: vergleiche Abb. 22
Balkenlänge 10 cm.

Profil 4: Kartiereinheit Rudistenkalke (kro3)

Lokalität: siehe Lageplan
der Profilstrecken; Anhang!



Fazieszonenabfolge von Oberkreidekalken in der Region Latium, Italien
(nach CARBONE & CATENACCI, 1978)

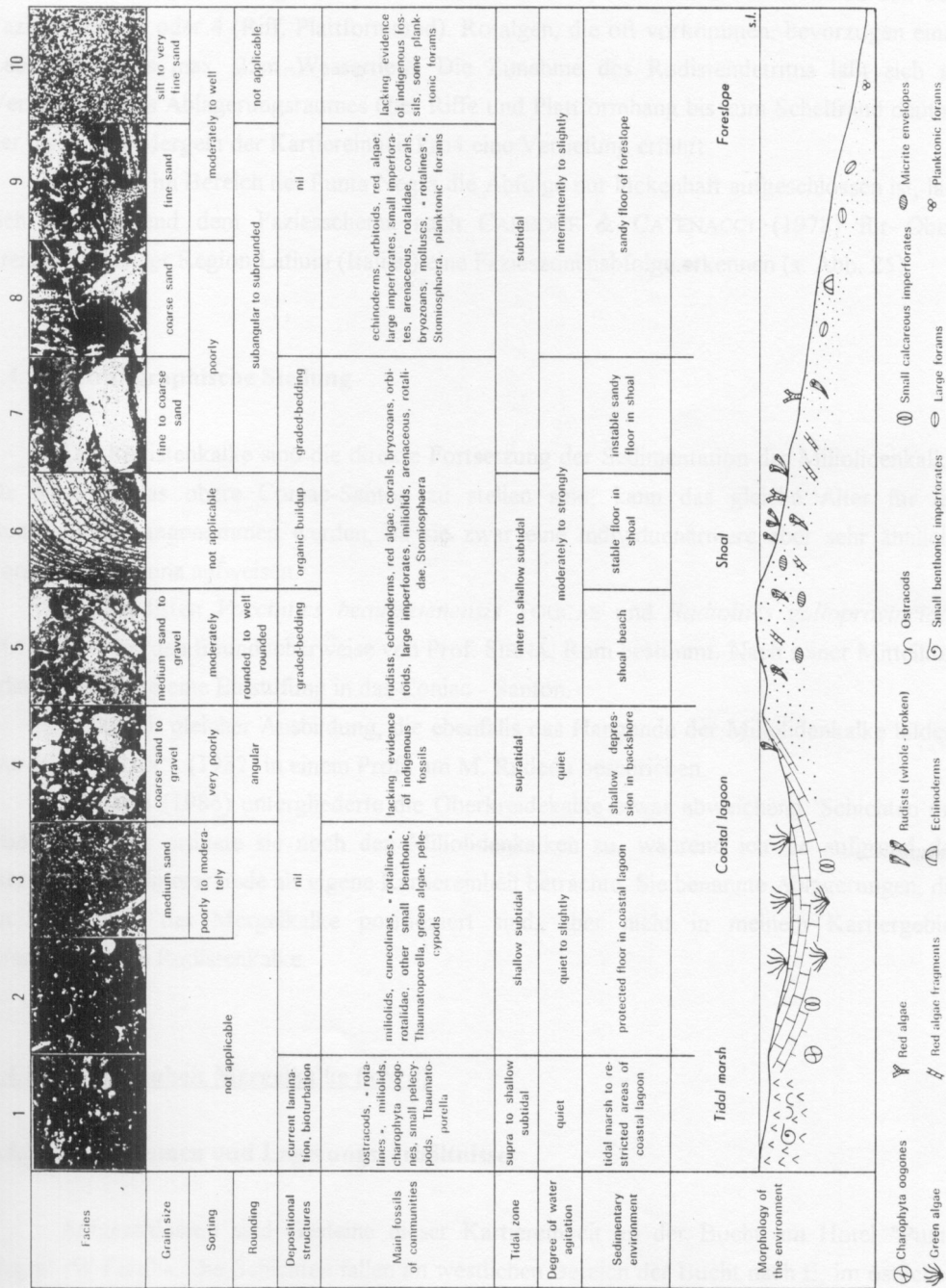


Abb. 25: Fazieszonenabfolge
nach CARBONE & CATENACCI

— Synthetic tableau and sedimentary model of the « Maastrichtian » saccharoidal facies and associated deposits of the Lepini Mts.
— Quadro sintetico e modello di sedimentazione delle facies di saccaroidi e dei depositi associati per il « Maastrichtiano » dei M. Lepini.

2.4.2.5. Ablagerungsbedingungen

Die Rudistenkalke sind in einem flachmarinen Bereich mit höherer Wasserenergie entstanden. Es sind Bildungen aus dem Faziesbereich 6, mit Schutt von Benthos aus dem Faziesbereich 5 oder 4 (Riff, Plattformrand). Rotalgen, die oft vorkommen, bevorzugen einen Lebensraum bis max. 25m Wassertiefe. Die Zunahme des Rudistendetritus läßt sich als Verlagerung des Ablagerungsraumes über Riffe und Plattformhang bis zum Schelfrand deuten, der bis zu den Mergeln der Kartiereinheit kro4 eine Vertiefung erfährt.

Obwohl im Bereich der Punta Negra die Abfolge nur lückenhaft aufgeschlossen ist, läßt sich entsprechend dem Faziesschema nach CARBONE & CATENACCI (1978) für Oberkreidekalke in der Region Latium (Italien) eine Fazieszonenabfolge erkennen (s. Abb. 25)

2.4.2.6. Stratigraphische Stellung

Die Rudistenkalke sind die direkte Fortsetzung der Sedimentation der Miliolidenkalke. Da diese in das obere Coniac-Santon zu stellen sind, kann das gleiche Alter für die Rudistenkalke angenommen werden, da sie zwar eine individuenärmere aber sehr ähnliche Foraminiferenfauna aufweisen.

Die Rudisten *Vaccinites beaussetenensis* TOUCAS und *Radiolites galloprovincialis* MATHERON wurden freundlicherweise von Prof. SIRNA, Rom bestimmt. Nach seiner Mitteilung erlauben auch sie eine Einstufung in das Coniac - Santon.

Kalke mit gleicher Ausbildung, die ebenfalls das Hangende der Miliolidenkalke bilden, wurden von STOCK (1982) in einem Profil am M. Rudedu beschrieben.

BECKER (1986) untergliederte die Oberkreidekalke etwas abweichend. Schichten mit Rudistendetritus ordnete sie noch den Miliolidenkalken zu, während ich sie aufgrund der lithologischen Unterschiede als eigene Kartiereinheit betrachte. Sie benannte Ablagerungen, die im Hangenden der Mergelkalke positioniert sind, aber nicht in meinem Kartiergebiet austreichen, als Rudistenkalke.

2.4.3. Kartiereinheit Mergelkalke (kro 4)

2.4.3.1. Vorkommen und Lagerungsverhältnisse

Aufgeschlossen sind Gesteine dieser Kartiereinheit an der Bucht am Hotel "Punta Negra" W Fertilia. Die Schichten fallen im westlichen Bereich der Bucht nach E, im östlichen Bereich nach W ein. Die Mergelkalke bilden den Kern einer flachen Mulde. Am östlichen Schenkel dieser Mulde wurde das Profil 5 (s. Abb 26, S. 46). Der westliche

Schenkel eignet sich weniger für eine Profilaufnahme, da Bebauungen des Hotels einige Stellen der Aufschlußwand verdecken.

Im Bereich des Kreidegrabens der Punta Negra sind die Mergelkalke nicht nachzuweisen. Unklar ist jedoch, ob die verkieselten Schwämme, die man innerhalb der Pinienwälder in der Umgebung des Höhenpunktes 35 m findet, Erosionsreste der Mergelkalke darstellen oder ob sie aus der Brekzie der Rudistenkalke stammen (s. Kap. 2.4.2.2.)

2.4.3.2. Allgemeine Beschreibung

Am Hotel Punta Negra ist eine Wechsellagerung von ockergelben Mergeln und graugelben Kalken aufgeschlossen. Von den Kalkbänken lassen sich zwei Ausbildungen unterscheiden:

- weichere, mergelige Kalke, die zum Teil Feinschichtung zeigen und immer dünnbankig (max. 20 cm) ausgebildet sind
- harte sparitische Kalke, die lithologisch den Rudistenkalken entsprechen und max. 60 cm mächtig sind.

Die Mergellagen der Wechsellagerung sind max. 3 bis 4 Meter mächtig, darüber findet man eine monotone Mergelabfolge, deren genaue Mächtigkeit nicht bestimmbar ist. Aus den Mergeln wurden von der Meeresbrandung Feuersteine und verkieselte Schwämme freigespült, und als Strandgeröll akkumuliert..

2.4.3.3. Mikrofazielle Beschreibung

Die mergeligen Kalke, die z.T. nur schwach verfestigt sind, haben eine Matrix von feinkörnigem, tonhaltigen Mikrit, der oft Algenlaminierung zeigt und ockergelb gefärbt ist. Es sind meistens Wackestones, die sparitische Partien aufweisen können. In die Matrix sind viele Organismen eingebettet: Echinodermen, Rotalgen, Foraminiferen, Ostracoden und Schwamm-nadeln. In einer Probe wurde ein Schwamm gefunden, der beginnende Verkieselung zeigt.

Die sparitischen Kalke, die immer größere Bankmächtigkeiten aufweisen als die mikritischen Kalke sind sehr fossilreich. Meistens sind die biogenen Komponenten größer als 2 mm. Die Sortierung ist mäßig bis schlecht. Rudistendetritus, Rotalgen, Echinodermen, Bryozoen, Schwämme und Dasycladaceen stellen den größten Teil des Biogens dar.

Die ockergelben Mergellagen entsprechen mikrofaziell und mit dem Fossilinhalt den mergeligen Kalken, nur der Kalkgehalt scheint geringer zu sein.

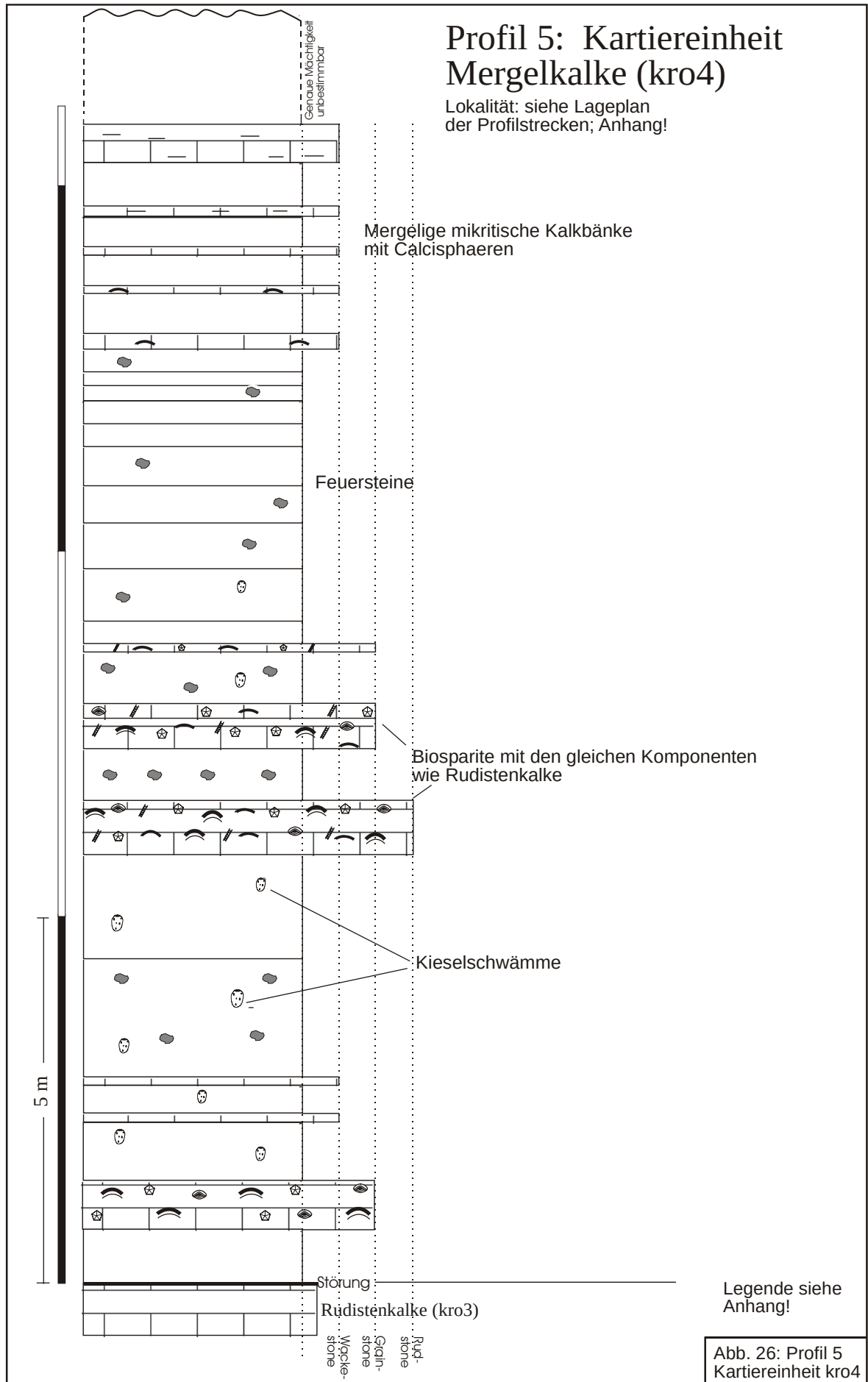




Abb. 27: Wechsellagerung von mergeligen Kalken und Mergeln; Bereich der Profilstrecke 5 am Hotel Punta Negra (s. Lagekarte der Profilstrecken und Aufschlußphotos, Anhang); Balkenlänge 10 cm.



Abb. 28: Rudistendetritusbank, in Mergel eingeschaltet; Hotel Punta Negra, Bereich der Profilstrecke 5 (s. Lagekarte der Profilstrecken und Aufschlußphotos, Anhang); Mächtigkeit der Bank ca 60 cm.

2.4.3.4. Fossilinhalt

Foraminiferen:	Milioliden
	<i>Cuneolina conica</i> D' ORBIGNY
	<i>Rotalia</i> sp.
Algen:	Dasycladaceen
	Rotalgen
Bryozoen	
Echinodermen	
Rudistendetritus	
Schwämme:	Tetracladina
Schwammnadeln	
Calcisphaeren	
Nannoplankton:	<i>Watznaueria</i> ?

2.4.3.5. Ablagerungsbedingungen

Nach der Ablagerung der Miliolidenkalke und Rudistenkalke vertiefte sich das transgredierende Oberkreidemeer, was durch das Vorkommen von Calcisphaeren belegt wird. Die wechselhafte Ablagerung von Mergeln, Mergelkalken und Rudistenkalken ist bedingt durch die Position des Ablagerungsraumes am Plattform- oder Schelfrand. Die Mergel sind in der Regel unter schwachenergetischen Bedingungen entstanden, die Ablagerung rudistendetritusreicher Kalke weist auf zeitweise wechselnde Wasserstömung oder Wellenenergie (Sturmflutereignisse ?) oder einen periodischen Wechsel des Ablagerungsraums vom Beckenrand zur Plattform, was den Fazieszonen 3 bis 4 entspricht.

Als Indikator für die Wassertiefe können neben den Calcisphaeren auch die Kieselschwämme herangezogen werden, die nach FLÜGEL (1982) in tieferen Schelf- bis Schelfrand- und Beckenbereichen auftreten.

2.4.3.6. Stratigraphische Stellung

Die Oberkreidemergel sind schon Gegenstand zahlreicher Untersuchungen in der Nurra gewesen.

PECORINI (1965) stellte die Mergel aufgrund von *Globotruncana* sp., *Globigerina* sp., und *Gümbelina* sp. ins Senon.

GANDOLFI & PECORINI (1970) fanden *Globotruncana concavata concavata*. BROTZEN, *Globotruncana lapparenti linneiana* D' ORBIGNY, *Globotruncana lapparenti coronata* BROTZEN, *Praeglobotruncana cf. hagni* SCHEIBNEROVA, *Heterohelix globulosa* EHRENBERG, *Globotruncalites cf. micheliniana* D' ORBIGNY, *Lagena aspera* REUSS, *Allomorphina allomorphinoides* (REUSS), *Globigerina cretacea* D' ORBIGNY, *Neoflabellina* sp., *Globigerinelloides* sp., *Cenospheara* sp., *Dictyomitra* sp., und stuften diese Abfolge als Coniac/Santon ein

PHILIP ET AL (1978) datierten aufgrund der Foraminiferenfauna als Alter Santon mit *Globotruncana canaliculata* REUSS, *Globotruncana concavata* BROTZEN, *Globotruncana gr. ciuveri* D' ORBIGNY, *Globotruncana maria* REUSS, *Globotruncana longilocula* GANDOLFI, *Globotruncalites micheliniana* D' ORBIGNY, *Planomalina cf. ehrenbergi* BARR, *Bolivinita eleyi* CUSHMAN, *Sigalia deflaensis* SIGAL.

PREMOLI SILVIA & PROTO DECIMA (in CHERCHI 1985) untersuchten die Kreidemergel am Hotel Punta Negra und fanden planktonische Foraminiferen, überwiegend *Dicarinella concavata* BROTZEN, mit der sie die Mergel ins obere Coniac bis untere Santon stellten.

Bei meinen Untersuchungen wurden keine planktonischen Foraminiferen gefunden. Da aber die Miliolidenkalke vom oberen Coniac bis zum unteren Santon reichen, dürften die Mergel aufgrund des Vorkommens von *Cuneolina conica* D'ORBIGNY ungefähr ins mittlere Santon zu stellen sein.

Ablagerungen, die lithologisch sehr ähnlich ausgebildet sind, beschreibt BECKER (1986) aus ihrem Kartiergebiet in der E Umgebung von Olmedo. Auch hier ist eine Wechselfolge von gelblichen Mergeln und Kalkeinschaltungen aufgeschlossen. Sie stellte die Mergelkalke in das mittlere Santon, da die liegenden Miliolidenkalke in das obere Coniac - untere Santon und die hangenden Rudistenkalke in das Santon einstuft.

2.5. Ablagerungen unsicherer Altersstellung

Sedimente, deren stratigraphische Zuordnung nur auf lithologischen Vergleichen ähnlicher Vorkommen in der Nurra basiert, sind im Kartiergebiet als Reliktorkommen erhalten. Nachweisbar sind sie im Bereich des Kreidegrabens der Punta Negra, wo sie in Depressionen abgelagert wurden. Nur Reste in Karstschlotten der Oberkreidekalke sind offensichtlich nicht von der Erosion betroffen gewesen, was sehr gut in einem temporären Aufschluß (Graben SW der Abzweigung des Fahrweges Richtung "Bombarde" von der Straße N 127) zum Vorschein kam.

Diese Ablagerungen sind als weiße Mergel ausgebildet (im Gegensatz zu den Oberkreidemergeln mit grau-gelben Farbtönen), schwach verfestigt und enthalten manchmal Feuersteine, die aus den Kreidekalken umgelagert sein könnten. Klastische Komponenten herrschen vor.

Die Mergel sind sehr arm an Mikrofossilien, dafür enthalten sie einige gut erhaltene Exemplare von Süßwassergastropoden, eventuell *Planorbis sp.* und *Discus sp.*

STOCK (1983) beschreibt aus seinem Kartiergebiet in der Umgebung von Maristella ähnlich ausgebildete Ablagerungen, die ebenfalls *Planorbis sp.* enthalten und verkieselte Lagen aufweisen können. Die Vermutung liegt nahe, daß es sich bei den Reliktorkommen der Punta Negra um das Äquivalent der tertiären **Süßwasserkalke** aus dem Oligozän handelt. Die Entstehungsbedingungen sind unklar, eventuell sind Mergel aus dem benachbarten Keuperhorst abgetragen und im Kreidegraben in einem flachen See resedimentiert worden.



Abb. 29: Weiße Mergel unsicherer Altersstellung im Bereich des Kreidegrabens der Punta Negra, Vorkommen: s. Lagekarte der Profilstrecken und Aufschlußphotos, Anhang.

Ähnliche Gesteine kamen zum Vorschein, als PECORINI 1963 die post-miozänen Sedimente der Nurra untersuchte. Im Sektor NW Alghero (M. Carru, M. Agnese und M. San Giuliano) wurden bei verschiedenen Brunnenbohrungen kalkig-mergelige Schichten gefunden, die *Helix*, *Limnaea* und *Planorbis* enthalten. Da aber das Alter der liegenden marinen Schichten unsicher ist, ist ebenfalls unklar, ob diese Mergelbildungen schon in das Quartär zu stellen sind oder es präquartäre Bildungen sind.

2.6. QUARTÄR

Quartäre Ablagerungen bedecken große Flächen des Kartiergebietes. Speziell die Verebnungsflächen waren bevorzugte Ablagerungsgebiete, wobei Windtransport eine wichtige Rolle spielte. Dies läßt sich gut an der meeresabgewandten Seite der Strände beobachten.

Zumeist sind die Sedimente locker oder schwach verfestigt, nur die Ablagerungen der Tyrrhenstrandterrassen sind im Kartiergebiet stärker verfestigt.

Das Quartär kann in drei Kartiereinheiten unterteilt werden:

Prätyrrhenische äolische Ablagerungen (d1)

Tyrrhen II (t2)

Posttyrrhenische Dünen (d2)

2.6.1 Prätyrrhenische äolische Ablagerungen (d1)

Das größte Vorkommen dieser Ablagerungen kommt nördlich des Kreidegrabens vor und erstreckt sich bis zur Straße N 127. Es bedeckt zum größten Teil die Schichten der Kartiereinheit j5.

Die Ablagerungen bestehen überwiegend aus unverfestigten bis leichtverfestigten Sanden, die einen hohen Quarzgehalt aufweisen. Gefunden wurden Schalenreste, vereinzelt vollständige Gastropoden.

Durch Verwitterungsvorgänge sind die Sande intensiv rötlichbraun gefärbt. Da sie sehr locker gelagert sind, wird die Fläche zum Anbau von Wein genutzt.

Ähnliche Vorkommen: PECORINI (1963) beschreibt aus der Umgebung von Alghero äolische Arenite, die leicht verfestigt und gelblich bis rötlich gefärbt sind und ordnet sie prätyrrhenischen Bildungen zu. Er untersuchte sie z.B. am Westrand des M. Doglia in unmittelbarer Nähe des Kartiergebietes.

2.6.2. Tyrrhen II (t2)

Ablagerungen des Tyrrhen II findet man entlang der rezenten Küstenlinie in Form von Strandterrassen, die z.T. gut verfestigt sind. Vorkommen gibt es bis ca 10 m oberhalb des rezenten Meeresspiegels.

Die ausgedehntesten Vorkommen finden sich an der Bucht von Lazzaretto und an der Bucht "La Bombarde", wo auch die größten rezenten Strände liegen. Weitere Vorkommen gibt es in Buchten im Bereich der Punta Negra und W Fertilia. Die Kalke und Dolomite des prätyrrhenen Untergrundes wurden aufgearbeitet und als sandige Konglomerate und Brekzien resedimentiert. An der Bombarde sind Horizonte mit verschiedenen Ausbildungen zu finden, die eine Gesamtmächtigkeit von ca. 6 m haben. Gut läßt sich sehen, daß die untersten Schichten unterhalb des rezenten Wasserspiegels anstehen.

Unterscheiden kann man:

- a) rötlichbraune gut verfestigte Sandablagerungen, die relativ fossilarm sind. Diese Sandablagerungen bestehen hauptsächlich aus karbonatisch verkitteten Quarzkörnern mit einzelnen Jurageröllen. Die Oberfläche ist sehr rauh verwittert, wodurch sich ein charakteristisches Aussehen ergibt (s. Abb.30, S. 52) Speziell die Gesteine dieser Schicht bilden Plateaus unterhalb des heutigen Wasserspiegels; bei Niedrigwasserständen fallen sie teilweise trocken.
- b) Eine Schicht, die fast nur aus Schill von Cardiumschalen aufgebaut ist. Sie ist leicht verfestigt. Die Schalenreste sind weiß, das Bindemittel ist rötlich gefärbt.
- c) Einen Konglomerathorizont, der viele gut gerundete Juragerölle enthält. Er ist stellenweise nur leicht verfestigt. Vereinzelt kommen große Schalenreste vor.
- d) schwach verfestigte intensiv rot gefärbte Sande, die leicht zerfallen. Sie sind im Hangenden der anderen Tyrrhenablagerungen zu finden; aufgrund ihrer Farbe könnte es sich um Paleosolbildungen handeln.

Diese Horizonte können auskeilen und eine vertikal veränderliche Position aufweisen.

Andere Tyrrhenablagerungen an der Punta Negra im Bereich der Oberkreide zeigen eine brekziöse Ausbildung. Hier ist anscheinend Material von Störungsbrekzien aufgearbeitet worden, ohne langem Brandungseinfluß unterworfen gewesen zu sein. Auch diese Ablagerungen sind stellenweise sehr fossilreich.



Abb. 30: Horizont a der Tyrrhenterrassen an der "Bombarde"



Abb. 31: Horizont b der Tyrrhenterrassen E der "Bombarde"; Balkenlänge 10 cm



Abb. 32: Horizont c der Tyrrhenterrassen E der Bombarde; Balkenlänge 1 m.

Im Bereich des Hotels Punta Negra sind in den Tyrrhenterrassen auch Korallen zu finden. Nach OZER & ULZEGA (1982) entspricht die Fossilienassoziation der Tyrrhenterrassen mit *Strombus bubonius*, *Conus testudinarius* und *Patella ferruginea* einer typischen Warmwasserfauna.

Die Tyrrhenterrassen der Bombarde sind mit denen vergleichbar, die MALATESTA (1954) und PECORINI (1963) im Süden von Alghero untersuchten. Sie fanden Strandterrassen, die 2 - 5, max. 12 m über dem heutigen Meeresniveau anstehen. Aufgrund einiger Exemplare von *Strombus bubonius* ordneten sie die Terrassen dem Thyrrhen II zu. Überlagert werden sie wie an der "Bombarde" von postthyrrhenischen Dünen mit *Helix sp.*

PECORINI (1963) fand bei Brunnenbohrungen marine Schichten eines Niveaus 2 m unterhalb des rezenten Meeresspiegels und bezeichnete sie als Thyrrhen I. Es ist möglich, daß auch die untersten Schichten der Strandterrassen der "Bombarde", die ebenfalls unterhalb des Meeresspiegels anstehen, dem Thyrrhen I zugeordnet werden können.

2.6.3. Kartiereinheit postthyrrhenische Dünen (d2)

NW der Bombarde, landeinwärts der rezenten Strände, kommen ausgedehnte Ablagerungen von Sanden vor. Diese sind unverfestigt bis leicht verfestigt mit gelb - grauer Farbe und unterscheiden sich deutlich von den Sanden der präthyrrhenischen äolischen Sedimente.

Im Bereich N der Bucht von Lazzaretto ist die Morphologie einer Düne noch sehr gut erhalten, der steppenartige Bewuchs zeichnet zum Teil die Schichtungsstrukturen der Düne nach. Die Sande sind hier fein bis mittelkörnig mit Schalenresten. Nahe der "Cava di Sabbia" am nördlichen Dünenrand fand ich zahlreiche Gastropoden (*Helix* sp.), Bruchstücke von Austernschalen und selten Foraminiferen.

An der Bombarde ist deutlich zu sehen, daß die Dünen das Hangende der Tyrrhenterrassen bilden. Somit kann ausgeschlossen werden, daß es sich um prätyrrhenische oder zeitgleich mit den Terrassen entstandene Ablagerungen handelt.



Abb. 33: Posttyrrhenische Düne N der Bucht von Lazzaretto

3. Tektonischer Teil

3.1. Tektonischer Überblick der Nurra

Die Nurra kann strukturell in einen variskisch gefalteten paläozoischen, einen mesozoischen (in einer Diagonale von SW nach NE verlaufend) und einen tertiären Teil, der die Nurra im Osten begrenzt, gegliedert werden. Das Mesozoikum und das Tertiär sind durch germanotypische Tektonik geprägt.

Die paläozoischen Phyllite, Quarzite und Glimmerschiefer wurden durch die variskische Orogenese beansprucht. Die Faltung und die Metamorphose fand zwischen dem Oberdevon und dem Perm statt. Die Hauptrichtung der Faltungsachsen und der zum Teil vererzten Gänge folgt einer Richtung von SE - NW.

Der Untergrund der gesamten Nurra wird durch diese Metamorphite gebildet, die mesozoischen Serien bilden das Hangende; aufgeschlossen sind jedoch nur tektonisch bedingte Kontaktzonen. Die großen Störungen, die die Metamorphit - Serien von Gesteinen des Mesozoikums trennen, verlaufen zwischen Porto Ferro und dem Monte Forte in N-S Richtung und von Stintino zum Monte Forte in E-W Richtung.

Das Mesozoikum ist durch eine germanotypische Bruchschollen- und Bruchfaltentektonik gekennzeichnet, die das gesamte Gebiet in ein "Schollenmosaik" zerlegte. Die Bruchschollen sind nicht selten um 100m gegeneinander versetzt und häufig verkippt worden. Im Störungsbereich existieren manchmal Biegungserscheinungen. Die Störungen folgen hauptsächlich Richtungsmaxima von 40, 90, 130 und 180°; sie entstanden überwiegend während der Laramischen Phase am Ende der Kreide und in der Pyrenäischen Phase im Oligozän und Miozän. Anscheinend wurden dabei Schwächestrukturen des variskischen Untergrundes nachgezeichnet. VARDABASSO (1959) beschrieb aus der Umgebung von Cuggiareddu salinare Tektonik, die durch die Keupergipse verursacht wurde. Eine Bohrung durchteufte ca. 200m Gips in einem Diapir. Die Gipsschichten sind ungefaltet ca. 50 - 100 m mächtig. Diese Salinartektonik ist für die ganze Nurra relevant. Die tektonischen Strukturen können als eine Überlagerung von germanotypischen Bewegungen und Salinartektonik interpretiert werden.

Die tertiäre Zone wird durch einen Vulkanismus gekennzeichnet, der im Oligozän/Miozän trachytische und andesitische Laven förderte.

3.2 Tektonisches Inventar

Im Kartiergebiet sind vor allem Störungen aufgeschlossen, die auf die germanotype Bruchtektonik zurückzuführen sind. Die Sedimente des Kartiergebietes sind dadurch in ein

Mosaik von länglichen Schollen zertrennt worden. Die Störungen haben dabei Längen zwischen einigen hundert Metern und einigen Kilometern und können auch in ihrem Verlauf gebogen sein.

Neben diesen größeren Störungen existieren zahlreiche kleinere Störungen, die meistens im rechten Winkel oder parallel zu den großräumigen Störungen verlaufen. Es sind Versatzbeträge von ca. 20 - 200m entstanden, im Gebiet N der Bucht von Lazzaretto, wo Oberkreidekalke an Schichten des mittleren und oberen Keupers grenzen, beträgt der Versatz rechnerisch ca. 700 Meter. Hier könnten Störungsbewegungen durch die Salztektunik überlagert worden sein, die auch die Ursache für steil verkippte, zerbrochene Keuperdolomite und stark verfaltete Keupermergel in der Bucht von Lazzaretto sein dürfte.

Oft fand die Störungsbildung an mehreren parallelen Bewegungsflächen statt, was sich gut im Bereich der Störungsbrekzien sehen läßt. Bildeten sich Störungen in Schichten von wechsellagernden kompetenten und inkompetenten Lagen wurden die kompetenten Lagen stark verkippt oder zertrümmert. Neben Spezialfalten wie sie die Keupermergel zeigen, sind auch großräumige Verbiegungen vorhanden. So liegen die Schichten der Oberkreide W Fertilis in Form einer flachen Mulde und die Kalke der Kartiereinheit j5 am N - Rand des Kreidegrabens als flacher Sattel vor. Hier ist eine Störung mit geringem Versatz als Aufschiebung ausgebildet (s. Abb. 9, S. 19).

In den harten Jurakalken und Dolomiten ist eine deutliche Klüftung vorhanden, die durch Verkarstungsvorgänge zu tiefen Spalten erweitert wurden.

Ein Beleg für Verkippungen vor der Transgression ist im Kartiergebiet nicht vorhanden.

3.3. Tektonischer Bau des Kartiergebietes

Das zentrale tektonische Element des Kartiergebietes ist der NW - SE - gerichtete Kreidegraben der Punta Negra. Die meisten kleineren Störungen verlaufen entweder parallel oder in rechtem Winkel zu ihm. An den Grabenschultern sind tektonische Brekzien oder Störungsscharen (am Kontakt zu den Kalken der Kartiereinheit j5) ausgebildet. Auch innerhalb des Grabens sind Brekzienbildungen zu finden; es bildete sich eine Graben - in - Graben - Struktur, in welche die Brekzien geschüttet wurden und so unzerrüttete Rudistenkalke bedecken (s. Abb. 22 und 23, S. 41). Im NW ist der Graben durch einen Horst von Juragesteinen begrenzt, die das Massiv des Monte Doglia bilden.

Im östlichen Bereich des Kartiergebietes bildet die Scholle mit den Keuperablagerungen einen Horst, der mit einem großen Versatz von ca. 700 m an die südliche Randverwerfung des Kreidegrabens grenzt. S des Grabens findet sich eine kleine Jurascholle, die intern zerbrochen ist. Diese Scholle wird durch eine von quartären Sanden verdeckte Störung N der "Bombarde" von der Keuperscholle abgetrennt.

Zwischen der Scholle der Kartiereinheit j5 N des Grabens und der Jura - Kreide - Scholle von Fertilia besteht ein Versatz von 80 - 100 m . Die Jura - Kreide - Scholle bildet eine ca. 1,5 km breite Mulde, deren Kern in der kleinen Bucht zwischen dem Hotel Punta Negra und Fertilia liegt.

3.4 Tektonische Phasen

3.4.1. Austrische Phase

Die Austrische Phase führte während des Ober - Apt und des Alb zu epirogenen Bewegungen, die wiederum zum Rückzug des Oberkreidemeeres führten und den gesamten Ablagerungsraum in relativ große Schollen mit Versatz um mehrere 100 m zerlegten und z. T. verkippten. Im Arbeitsgebiet dauerte die Erosion vom Kimmeridge bis zum Unter-Apt, wodurch eine Schichtlücke von rund 500m entstand. Dadurch lagert die Oberkreide direkt auf Gesteinen des Malms. Die gesamte Kreideabfolge ist nur am Capo Caccia aufgeschlossen. Dort findet sich nach HAEHNEL (1982) ein Beleg für Bewegungen der Austrischen Phase: zwei Schollen werden dort durch eine von N nach S verlaufende Störung getrennt. Auf der Westscholle ist die gesamte Oberkreide aufgeschlossen, auf der Ostscholle lagert die Oberkreide diskordant auf Dogger. Die Mächtigkeit der erodierten Schichten beträgt ca. 700m, so ist hier allein für die Austrische Phase ein Versatz um diesen Betrag entstanden. Alle der Austrischen Phase zugehörigen Störungen am Capo Caccia folgen der Richtung von N-S / E-W.

Im Kartiergebiet von STOCK (1982) existiert eine Störung mit einem Versatz von 30m, die unter den Gesteinen der Oberkreide verläuft und Jura - Kalke und Dolomite gegeneinander versetzte. Diese Bewegung muß demnach vor der Oberkreidetransgression stattgefunden haben.

Die Brekzien mit "black pebbles" im Kartiergebiet von DEIL (inVorber.) liefern einen Hinweis auf erste Bewegungen, die schon während des oberen Callovian stattfanden. Der Sedimentationsraum wurde angehoben; es fand eine In-Situ-Brekziierung statt, während der organische Substanz infiltriert wurde.

Im Bereich der Punta Negra sind Bewegungen der Austrischen Phase nicht erkennbar.

3.4.2. Laramische Phase

Sie ist gekennzeichnet durch den Rückzug des Oberkreidemeeres mit einer Anhebung des Ablagerungsraumes an der Grenze Santon/Campan. Dieses Alter besitzen auch die

ältesten marinen Sedimente im Bereich der Nurra, die aber schon Süßwasserostrakoden enthalten, und so eine Regression andeuten. Im Arbeitsgebiet ist dies allerdings nicht nachzuweisen. Nur im Kartiergebiet von HAEHNEL (1982) sind Brüche vorhanden, die auch Oberkreidekalke zertrennen, aber bereits an der Wende Kreide - Tertiär angelegt wurden. Nachzuweisen ist dies durch Bohrlöcher von *Microdium* (ein Bohrorganismus, der im Paläozän vorkam) im Bereich eines kleinen Sees im Paläozän auf gleichem Niveau in Gesteinen unterschiedlichen Alters (Kreide/Jura). Eine Bewegung muß demnach vor der Aktivität der Bohrorganismen stattgefunden haben.

3.4.3 Pyrenäische Phase

Sie ist die bedeutendste im Kartiergebiet und fand im Zeitraum ab dem oberen Eozän bis zum unteren Oligozän statt. In Sardinien entstanden hierbei die großen Gräben mit NW - SE und E - W Richtungen (Bekannte Beispiele sind der Campidano - Graben im Süden Sardiniens und der Cixerri - Graben in NE - Sardinien). Im Kartiergebiet wurde vor allem der Punta Negra-Kreidegraben abgesenkt und andere NW-SE verlaufende Störungen gebildet. Die Absenkung ist im benachbarten Kartiergebiet von STOCK (1982) durch die Bildung von oligozänen Süßwasserkalken belegt. Die Bildung der Süßwasserkalke war nach STOCK noch im Mittel-Oligozän beendet, da sich keine Einschaltungen wie Bentonite oder andere vulkanische Bildungen in ihnen befinden. Die großen Eruptionen und Deckenergüsse fanden im Ober-Oligozän bis Miozän statt.

3.4.4. Jungalpidische Phasen

Für sie ist keine genaue Einstufung möglich. Nur durch die Verkippung der Süßwasserkalke bei Maristella sind überhaupt Bewegungen belegt.

Nach COCOZZA & LETOUZEEY et. al in BARBERI & CHERCHI (1980) ergibt sich für die Burdigal - Phase eine Hauptrichtung von 40°. Eine andere Phase (Messin-Phase) brachte keine neuen Verwerfungen sondern nur eine Reaktivierung der großen Gräben. Eine Vertiefung kann hier nicht ausgeschlossen werden.

Sonst existieren keine Hinweise auf weitere Bewegungen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Keupersedimente während der obengenannten Phasen mobilisiert wurden und die tektonischen Bewegungen überlagerten und verstärkten.

Die Tektonik in der Nurra steht vermutlich in engem Zusammenhang mit der Rotation der Korso - Sardischen Mikroplatte. Nach ALVAREZ (1972) ist eine Rotation um ein

Zentrum 70 Km südlich von Pisa, die die Mikroplatte von der Ausgangslage bei Südfrankreich in seine heutige Lage brachte, sicher. Die Trennungslinie wird in geringer Entfernung der sardischen Westküste vermutet.

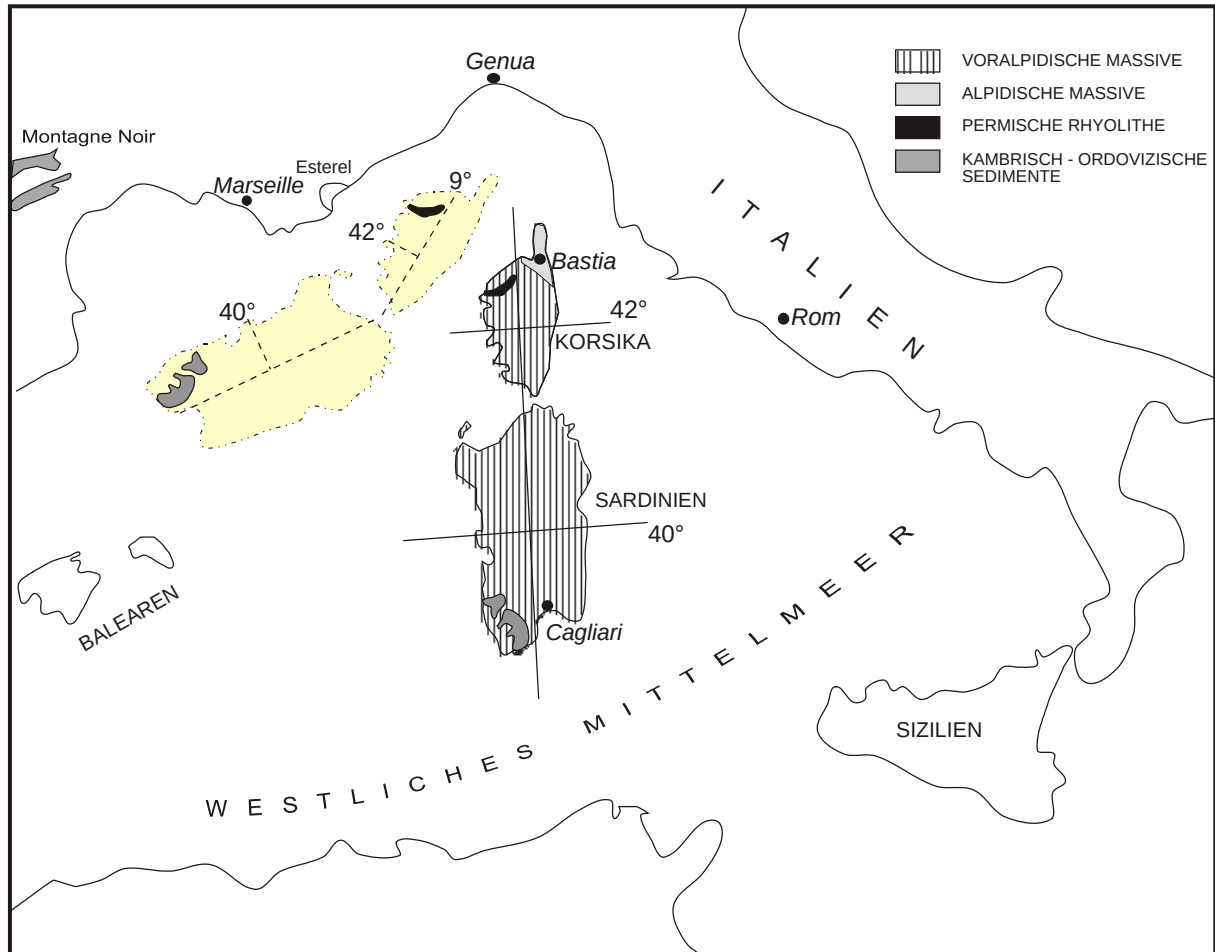
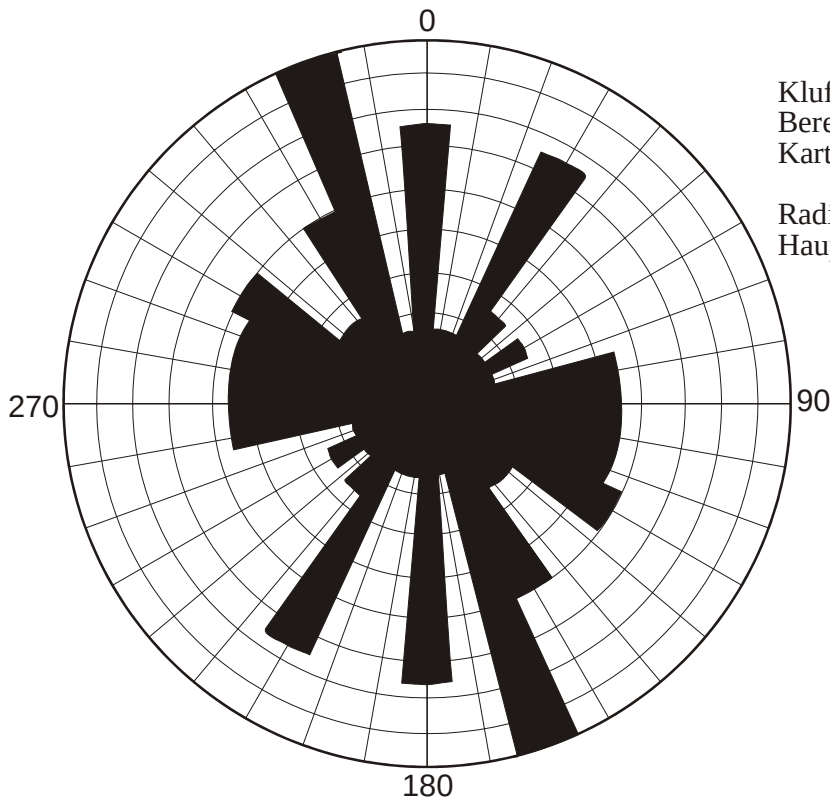


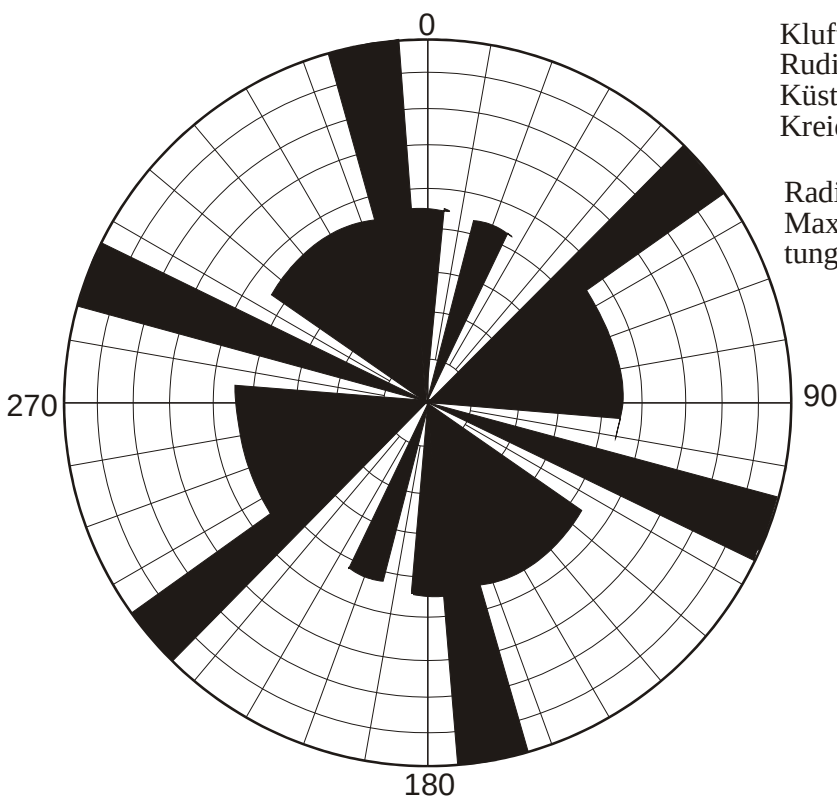
Abb.34: Rotation der sardisch - korsischen Mikroplatte (nach ALVAREZ, 1972)

Statistische Auswertung der Kluftmessungen:



Kluftrose der Messungen im Bereich der Profilstrecke 1, Kartiereinheit j5

Radius 12, Zahl 65
Hauptmaxima bei 340°



Kluftrose der Messungen von Rudisten- und Miliolidenkalken; Küstenaufschluß im Bereich des Kreidegrabens der Punta Negra

Radius 12%, Zahl=62
Maxima bei 50°, 110° (Streichrichtung des Grabens) und 170°

Abb. 35: Statistische Auswertung der Kluftmessungen

Literaturliste:

- ALTINER, D. & SEPTFONTAINE, M. (1979): Micropaléontologie, stratigraphie et environnement de déposition d'une série jurassique a faciès de plate-forme de la région de Pinarbasi (Taurus oriental, Turquie); Revue de Micropaléontologie; Vol. **22** (1): 3-18; Paris.
- ALVAREZ, W. (1972): Rotation of the Corsica - Sardinian mikroplate; Nature Phys. Sc., **235**: 103-105; London / New York
- BASSOULLET, J. P. (1978): Les Algues Dasycladales du Jurassique et du Cretacé; Geobios Mémoire special **2**, 330 S., 40 Taf.;Lyon.
- BASSOULLET, J. P., CHABRIER, G. & FOURCADE, E. (1976): Données complémentaires sur la morphologie, la structure et la position stratigraphique de *Timidonella sarda* (Foraminifère, Lituolidae); Revue de Micropaléontologie; Vol **19** (1): 3-18; Paris.
- BASSOULLET, J. P. & POISSON, A. (1982). Microfaciès de la région d'Antalya (secteurs N et NW), Taurus Lyien (Turquie); Revue de Micropaléontologie; Vol. **18** (1):3-14; Paris.
- BECKER, E. (1986): zur Stratigraphie, Mikrofazies und Tektonik der Region um den M. Rosso (Nurra, NW - Sardinien); Unveröffentl. Diplomarbeit, 170 S.; Frankfurt am Main.
- BERNOULLI, D. & WAGNER, C.W. (1971): Subaerial diagenesis and fossil caliche deposits in the Calcare Massico Formation (Lower Jurassic, Central Apeninnines, Itlay); N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **138** (2): 135-149; Stuttgart.
- BLATT, H., MIDDLETON, G. & MURRAY, R. (1972): Origin of the sedimentary rocks; 607 S.; New Jersey (Prentice-Hall Inc.)
- BREYER, R. (1991): Das Coniac der nördlichen Provence; Stratigraphie, Rudistenfazies und geodynamische Entwicklung; Frankfurter Geowiss. Arb.; Serie A: Geologie - Paläontologie, Band **9**; 337 S., 112 Abb., 7 Tab., 15 Taf.
- BRÜCKNER, W. (1941): Über die Entstehung von Rauhwacken und Zellendolomiten; Ecl. geol. Helv.; **34**: 117-134.
- BRUNNSCHWEILER, R. O. (1948): Beiträge zur Kenntnis der Helvetischen Trias östlich des Klausenpasses; Mitt. Geol. Inst. Univ. Zürich; Serie C, **33**, 133 S.
- CADISCH, J. (1953): Geologie der Schweizer Alpen; 480 S.; Basel (Wepf & Co.)
- CARBONE, F. & CATENACCI (1978): Facies analysis and relationships in upper Cretaceous carbonate beach sequences (Lepini Mts., Latium); Geologica Romana, **17**: 191-231, 20 fig., 8 tav.; Roma.
- CHABRIER, G. & FOURCADE, E. (1975a): Sur le Crétacé du Nord - Ouest de la Sardaigne (présence de Valanginien à faciès pyrénéo - provençal); C. R. Acad. Sc. Paris; (D), **280**: 563-566.

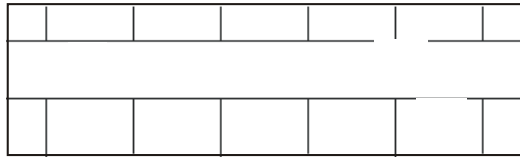
- CHABRIER, G., & FOURCADE, E. (1975b): Sur le jurassique du Nord - Ouest de la Sardaigne; C. R.. Acad. Sc. Paris; (D), **281**: 493-496.
- CHERCHI, A.; SCHROEDER, R. (1977): La forma microsferica di *Larmarmorella Sarda*; Boll. Soc. Paleont. It.; Vol. **16** (2): 121-129; Modena
- CHERCHI, A.; SCHROEDER, R. (1974): *Lamarmorella Sarda* n. gen., n. sp. (Foraminifere) del Senonico della Sardegna; Boll. Soc. Paleont. It.; Vol **12** (2); Modena.
- CHERCHI, A.; SCHROEDER, R. (1976): Rinvenimento de Cenomaniano superiore a Alveolinidae in Sardegna e sue effinit  paleogeografiche; Accad. Naz. Lincei Rend. Sc. Fis. Mat. Nat.; **59** (6):800-807; Roma.
- CHERCHI, A., SCHROEDER, R. (1990): Revision de Decyclina schlumbergeri Munier-Chalmas, grand Foraminifère du Crétacé mésogéen; C. R.. Acad. Sci. Paris, t. **310**, Serie II: 329 - 334.
- CHERCHI, A., & TREMOLIERES, P. (1984): Nouvelles données sur l'évolution structurale au M sozoique dans le cadre méditerranéen; C.R. Acad. Sc. Paris, t. 298, série II (**20**): 889-894.
- CHRISTAKOS, E. (1981): Geologische Untersuchungen im Gebiet NW von Fertilia (Provinz Sassari; NW - Sardinien); Unveröffentl. Diplomarbeit, 110 S.; Frankfurt am Main.
- COCOZZA, T., JACOBACCI, A., NARDI, R. & SALVADORI, J. (1974): Schema stratigrafico - strutturale del Massico Sardo - Corsoe minerogenesi della Sardegna; Mem. Soc. Geol. It.; **13**: 85-186; Pisa.
- COLOM, G. (1969): Litomicrofacies de los terrenos secundarios de Espana; R. Acad. cienc. Art. Barcelona; 742 Vol. **39** (11): 457-591.
- CUSHMAN, A. J. (1948): Foraminifera, their classification and economical use; with an illustrated key to the genera; Harvard university press; 591 S., 55 Taf.
- DENNINGER, K. (1909): Die mesozoischen Formationen auf Sardinien; N. Jb. Min., Geol. und Pal ont.; **23**: 435-473, 3 Taf.; Stuttgart.
- ESU, D. (1978): La malacofauna continentale plio-pleistocenica della formazione fluvio-lacustre dei Nuraghe Su Casteddu (Sardegna orientale) e sue implicazione paleo-geografiche; Geologica Romana, Vol **17** : 1-35, 20 fig., 1 tab.; Roma.
- FLUEGEL, E. (1982): Microfacies analysis of limestones; 454 S.; Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verlag).
- FOURCADE, E. (1970): Le Jurassique et le Cretacé aux confins des chaines betiques et ib riques; These de Doctorat d' tat es sciences naturelles; tome 3: Mikrofacies; Paris
- GANDOLFI, R. & PECORINI, G. (1970): La transgressione del Cretaceo superiore ed i livelli a Globotruncane in Sardegna; Boll. Soc. Geol. It., **89** (4): 557-565; Roma.
- GREENSMITH, J. T. (1978): Petrology of the sedimentology rocks; sixth edition; London (George Allen & Unwin).

- HAEHNEL, T. (1983): Zur Stratigraphie, Mikrofazies und Tektonik der Halbinsel des Capo Caccia (Nurra, NW - Sardinien); Unveröffentl. Diplomarbeit, 250 S.; Frankfurt am Main.
- JÄCKLI, H. (1941): Geologische Untersuchungen im nördlichen Westschams (Graubünden); Ecl. geol. Helv; **34**: 17-105.
- KALANTARI, A. (1982): Microstratigraphy of paleozoic through jurassic sediments of Ahmadi anticline, southwestern Iran; Rev. Españ. Micropaleont.; Vol **XIV**: 263-290; Madrid.
- LA MARMORA, A. (1857): Voyage en Sardaigne; troisième partie. Description géologique et paléontologique; 707 S.; Torino.
- LEIKINE, M. & VILA, J. M. (1975): Microfossils jurassiques et crétacées de hautes plaines sétifiennes au Djebel Youssef et au Djebel Braou (Algérie); Conséquences structurales; Revue de Micropaléontologie; Vol **18** (2): 89-96, Paris.
- LEMOINE, M. (1977): Etude d'une collection d'algues corallinacées de la région de Skopje (Yougoslavie); Revue de Micropaléontologie; Vol **20** (1):10-43; Paris.
- MALATESTA, A. (1954): Fossili delle spiagge tirreniane; Boll. Serv. Geol. It., **76**: 7-30.
- MONLEAU, C. (1986): Le Jurassique inférieur et moyen de Provence, Sardaigne et Alps maritimes: correlations, essai de synthèse paléogéographique; Revue de géologie dynamique et de Géographie physique, Vol. **27** (1): Paris.
- NEUMANN, M. (1967): Manuel de Micropaléontologie des Foraminifères; 297 S.; Paris (Gauthiers - Villars).
- OOSTERBAAN, A. M. (1936): Etude géologique et paléontologique della Nurra avec quelques notes sur le Permien et le Trias de la Sardaigne méridionale; 136 S.; Thèse, Utrecht.
- OPPES, S. (1972): La geologia dell' entroterra del Golfo di Alghero (Sardegna); Boll. Sardo. Sci. Nat.; 112-119; Sassari.
- OZER, A., PASKOFF, R., SANLAVILLE, P. & ULZEGA, A. (1980): Essai de corrélation du Pleistocène supérieur de la Sardaigne et de la Tunisie; C.R. Acad. Sc. Paris, t. **291**, série D: 801-804
- OZER, A. & ULZEGA, A. (1980): Excursion - Table rond sur le Thyrrhenien; Union international pour l' étude du quaternaire (INQUA), 87 S.; Cagliari.
- PARONA, C. F. (1910): A proposito dei caratteri micropaleontologici di alcuni calcari della Nurra in Sardegna; Atti della R. Accad. delle Scien. di Torino; Vol XLV: 1-12.
- PECORINI, G. (1956): La facies bauxitica nel Cretaceo della Nurra (Sardegna); Rend. Acc. Naz. Lincei; **20**: 232-239; Roma.
- PECORINI, G. (1965): Stratigrafia e distribuzione delle bauxiti nella Nurra (Sardegna Nord - Orientale); Symp. Ass. Min. Sarda; Sec. I, **B6**: 2-15; Cagliari.

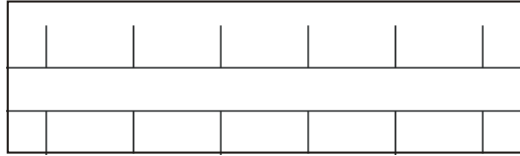
- PELISSIE, T. & PEYBERNES, B. (1982): Etude micropaléontologique du jurassique moyen /supérieur du Causse de Limognes (Quercy); *Revue de Micropaléontologie*; Vol. **25** (2): 111-132; Paris.
- PEYBERNES, B. (1976): Le Jurassique et la Cretacé inferieur des Pyrenees franco - espagnoles; These pour obtenir le grade de docteur es sciences naturelles; 459.S.; Université Paul Sabatier, Toulouse.
- PHILIP, J. (1974): Les formations calcaires à Rudistes provencal: stratigraphie et paléogéographie; *Bulletin B.R.G.M. - Deuxieme serie, Section I* (**3**): 107-151; Paris.
- PHILIP, J., CHERCHI, A., SCHROEDER, R., SIGAL, J. & ALLEMAN, J. (1978): Les formations à Rudistes du Crétacé supérieur de Sardaigne: données stratigraphiques et paléogéographiques; *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*; **2**: 83-85.; Paris.
- RADTKE, G. (1986): Zur Stratigraphie, Mikrofazies und Tektonik der Region um die Punta de Palmarone (NW - Sardinien); Unveröffentl. Diplomarbeit; Frankfurt am Main.
- SAMPO, M. (1967): Microfazies and mikrofossils of the Zagros - area southwestern Iran (from Pre-permian to Miocene); *International sedimentary petrographical Series*; Vol12; 875 S., 105 Taf.; Den Haag (Leiden E. J. Brill)
- SCHMIDT, M. (1985): Geologische und mikrofazielle Untersuchungen in der Umgebung des Monte Timidone (Nurra, NW - Sardinien); Unveröffentl. Diplomarbeit, 195 S.; Frankfurt am Main.
- STOCK, P. (1982): Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Maristella am Ostufer des Porto Conte (Provinz Sassari, NW - Sardinien) unter besonderer Berücksichtigung der Mikrofazies der Jura- und Oberkreidekalke; Unveröffentl. Diplomarbeit, 130 S.; Frankfurt am Main
- TAGHI - SCHAHRESTANI, S. (1984): Geologische Untersuchungen in der Region M. Dolgia und M. Las Piccas (Provinz Sassari, NW - Sardinien); Unveröffentl. Diplomarbeit, 155 S.; Frankfurt am Main.
- THOMAS, B. & GENNESSEUX, M. (1985): A two stage rifting in the basin of the Corsika - sardinian straits; *Marine Geology*, **72**: 225 - 239; Amsterdam (Elsevier).
- VAI, G. B. (1977): Excursione in Sardegna 1977, Risultati et commenti; *Bollettino del gruppo di lavoro sul paleozoico*, CNR, GLP 2; 60 S., Parma.
- VARDABASSO, S. P. (1968): Il Quaternario lungo la fascia costiera della Sardegna; *Atti del X congresso di studi sardi*: 33 - 55;Galgari.
- VARDABASSO, S. P. (1959): Il Mesozoico epicontinentale della Sardegna; *Rend. Atti. Acc. Naz. Lincei*; **27**, 5: 178-184; Roma.

A n h a n g

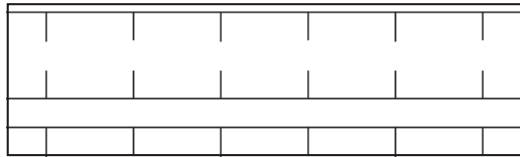
ERLÄUTERUNGEN ZU DEN SÄULENPROFILEN



schlecht gebankt - massig (> 1,5m)



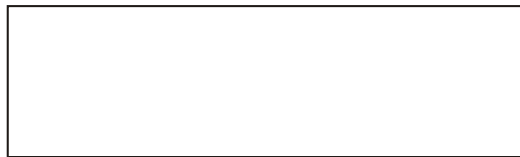
mäßig gebankt, dickbankig (0,75 - 1,5m)



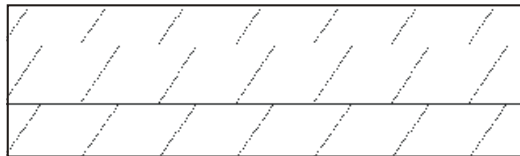
gut gebankt, mittelbankig (0,25 - 0,75m)



sehr gut gebankt, dünnbankig (< 0,25m)



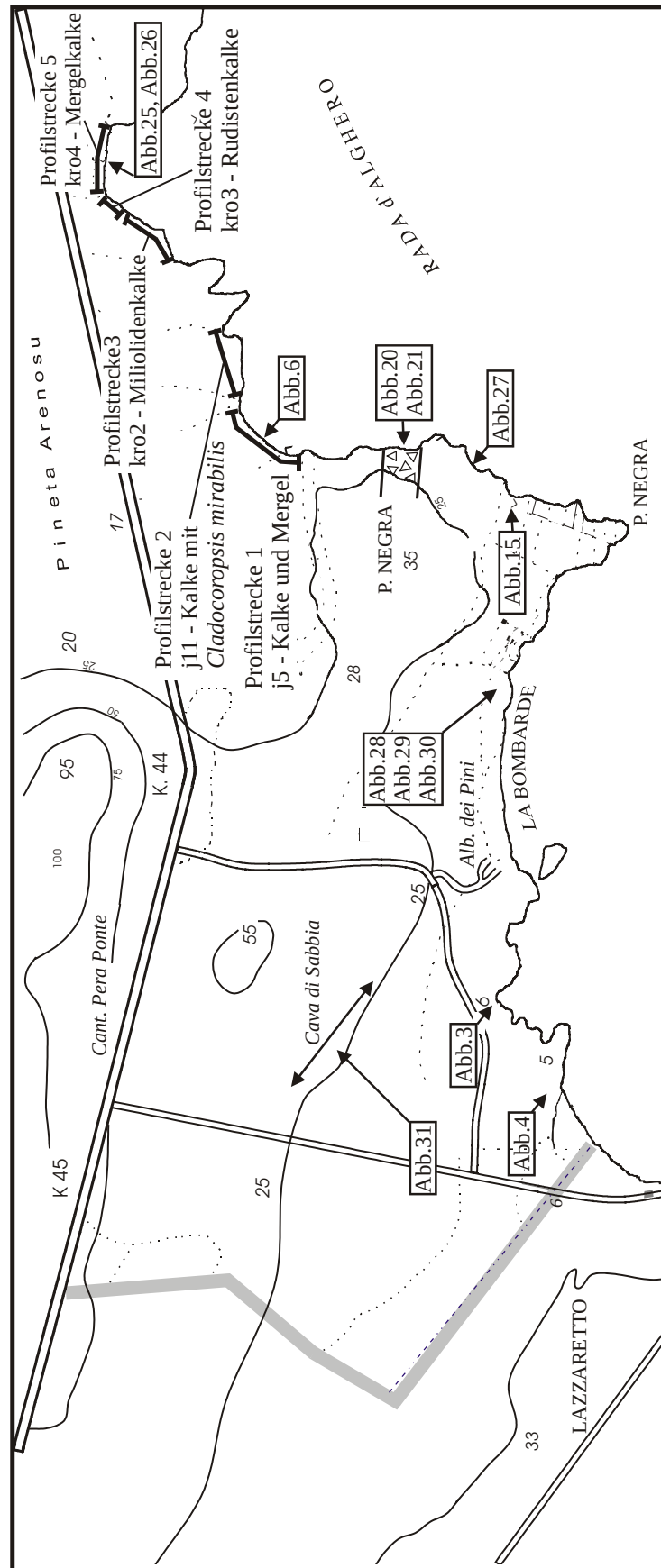
Mergel



Dolomit

- | | |
|-------------------|--------------------|
| ⊙ Ooide | ⌒ Bioklasten |
| ◉ Onkoide | ◡ Rudisten |
| ••••• Peloide | ⌒ Rudistendetritus |
| ⋈ Algenlamination | ◉ Milioliden |
| ⬡ Quarzkörner | ◡ Gastropoden |
| ▲ Brekzie | ◡ Dasycladaceen |
| ⬠ Echinodermen | ◉ Kalkschwämme |
| ⋈ Rotalgen | ⊗ Korallen |

Lagekarte der Profilstrecken und Aufschlußphotos



Tafel I: Fossilien und Mikrofazies der Kartiereinheit (j5) (Kalke und Mergel)

Abb.1: *Haurania amijii* (Subaxialschnitt)

Probe 111, Vergr. x50

Abb.2: Schwammnadel (triaxon)

Probe 271, Vergr. x50

Abb.3: *Haurania amiji* (Äquatorialschnitt)

Probe 287, Vergr. x54

Abb.4: *Cayeuxia* sp. (Blaugrünalge)

Probe 294, Vergr. x34

Abb.5: Niedrigenergetische radialstrahlige Ooide

Probe 293, Vergr. x50

Abb.6: Koloniale thamnasteroide Koralle mit geperlten Septen

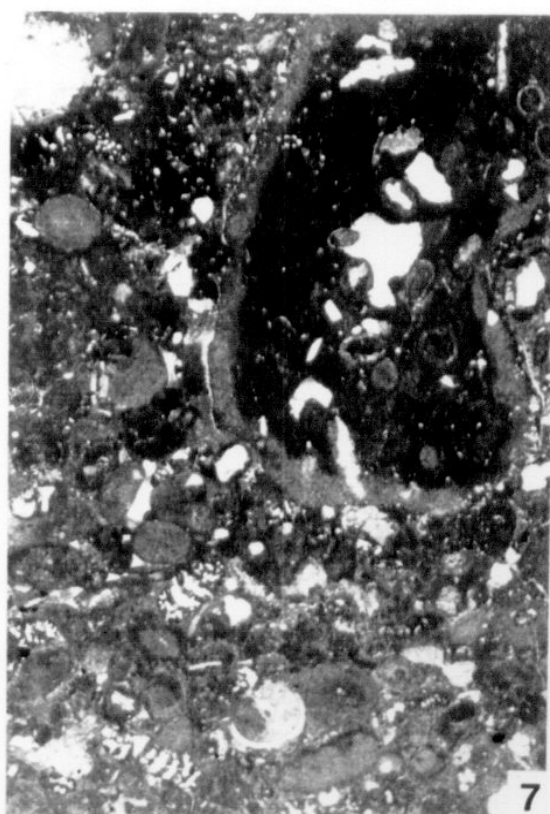
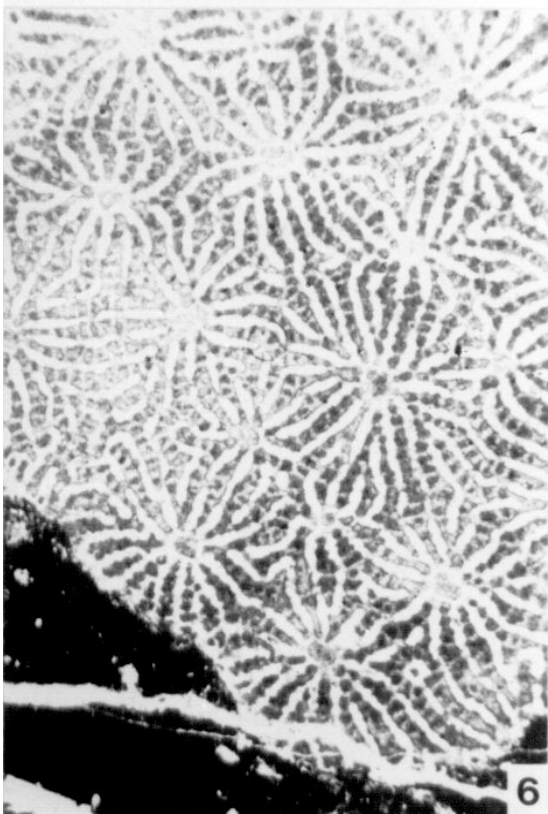
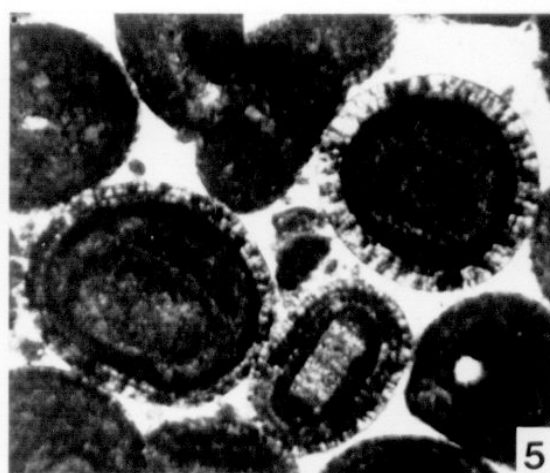
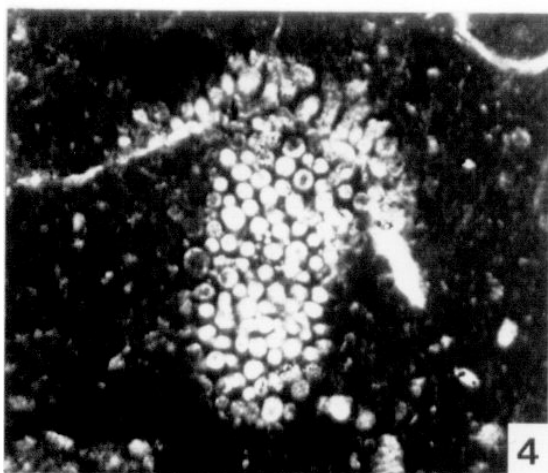
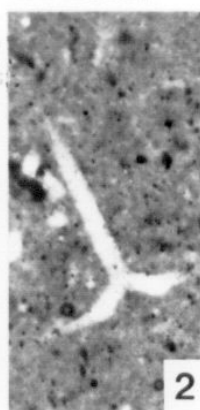
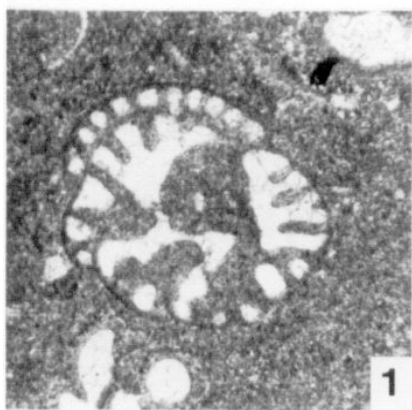
Probe 271, Vergr. x12

Abb.7: Floatstone mit zahlreichen Exemplaren von *Haurania amijii*, Intraklasten und Quarzkörnern

Probe 287, Vergr. x12

Alle Proben stammen von der Profilstrecke 1, P. Negra.

TAFEL I



Tafel II: Fossilien und Mikrofazies der Kartiereinheit j9 (Kalk II)

Abb.1: *Trocholina elongata*

Probe 31, Vergr. x20

Abb.2: *Pfenderina trochoidea* (Transversalschnitt)

Probe 38, Vergr. x60

Abb.3: unbestimmte Foraminifere

Probe 49, Vergr. x60

Abb.4: *Nautiloculina oolithica* (Äquatorialschnitt)

Probe 52, Vergr. x54

Abb.5: *Trocholina sp.* als Onkoidkern

Probe 50, Vergr. x54

Abb.6: *Ammobaculites sp.* (Transversal/Medianschnitt) und *Thaumatoporella parvo-vesticulifera*

Probe 46, Vergr. x36

Abb.7: Mikritischer Kalk mit zahlreichen Dolomitrhomboedern

Probe 44, Vergr. x13

Abb.8: Oosparit mit länglichen Schalenbruchstücke als Onkoidkerne

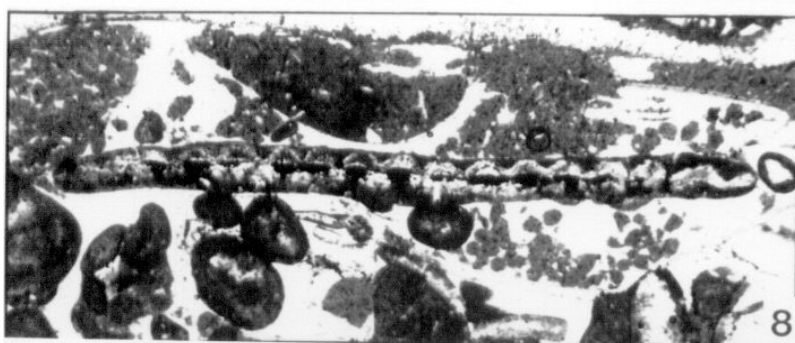
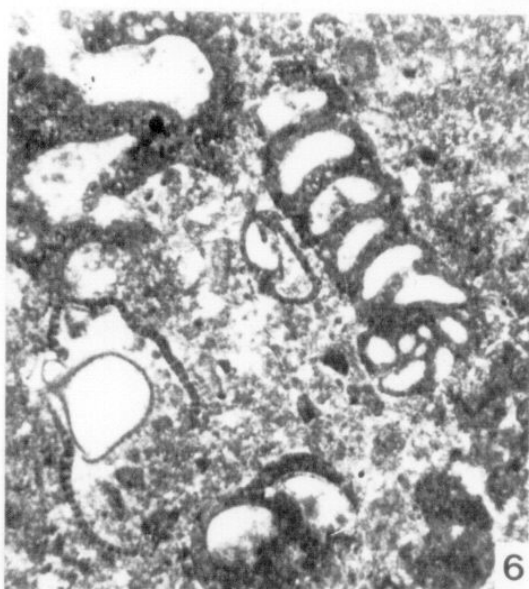
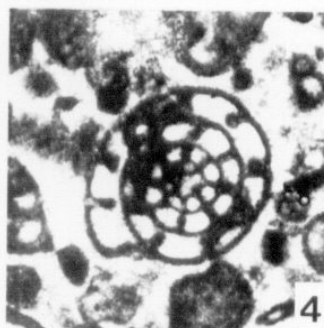
Probe 221, Vergr. x20

Abb.9: *Pfenderina trochoidea*

Probe 38, Vergr. x50

Alle Proben stammen vom südlichen Zipfel der P. Negra E der "Bombarde"

TAFEL II



Tafel III: Fossilien der Kartiereinheit j11(KalkIII)

Abb.1,2: *Cladocoropsis mirabilis*

Proben 223, 70, Vergr.: Abb.1 x13, Abb.2 x16

Fundort: südlicher Bereich der P. Negra

Abb.3: *Praekurnubia* sp. (Longitudinalschnitt)

Probe 116, Vergr. x34,

Fundort: Profilstrecke 2

Abb.4: *Nautiloculina oolithica* (Axialschnitt)

Probe 119, Vergr. x34

Fundort: Profilstrecke 2

Abb.5: *Praekurnubia crusei* (Transversalschnitt)

Probe 34, Vergr. x60

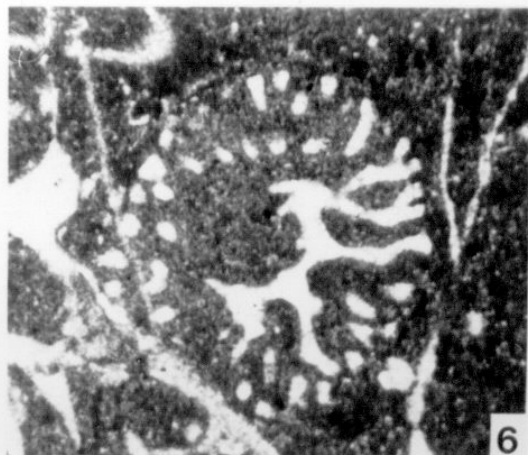
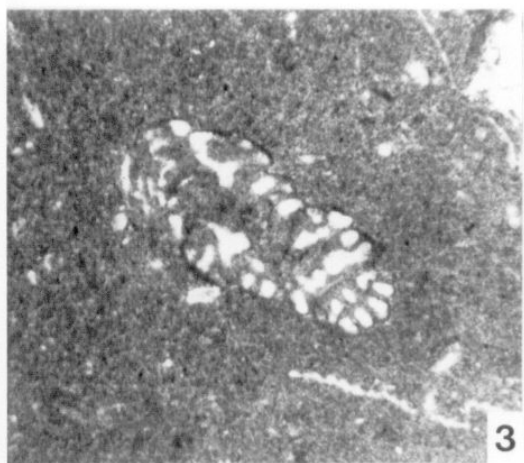
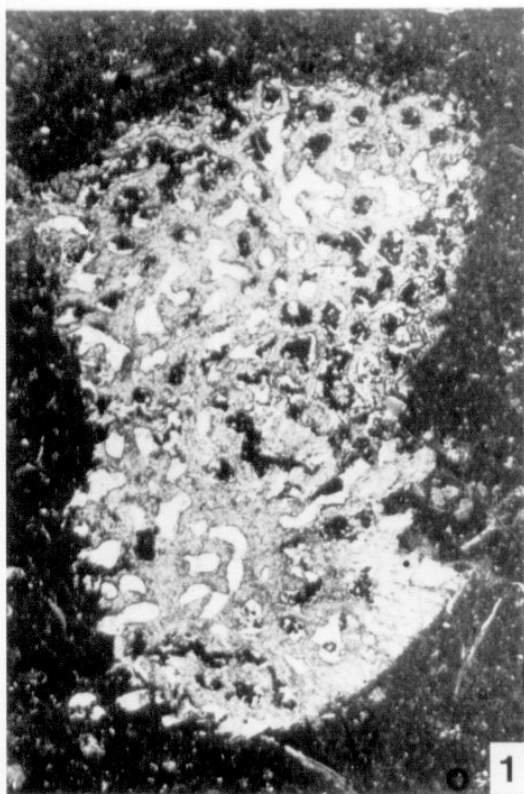
Fundort: südlicher Bereich der P. Negra

Abb.6: *Kurnubia palastiniensis* (Transversalschnitt)

Probe 34, Vergr. x60

Fundort: E der Bombarde

TAFEL III



Tafel IV: Fossilien der Miliolidenkalke (kro2)

Abb.1, 2: *Cuneloina conica* (Longitudinalschnitt)

Proben 5, 18; Vergr.: Abb.1 x40, Abb.2 x28

Abb.3, 7: *Minouxia loblata* (Transversalschnitt)

Probe 2, Vergr: Abb.1 x60, Abb.2 x64

Abb.4: *Cuneloina sp.* (Transversalschnitt) und *Pseudocyclammia sphaeroidea* (Äquatorial-schnitt)

Probe , Vergr. x50

Abb.5, 6: *Rotalia sp.*

Proben 3, 75; Vergr: Abb.5 x50, Abb.6 x40

Abb.6: *Nummoloculina* (Axialschnitt)

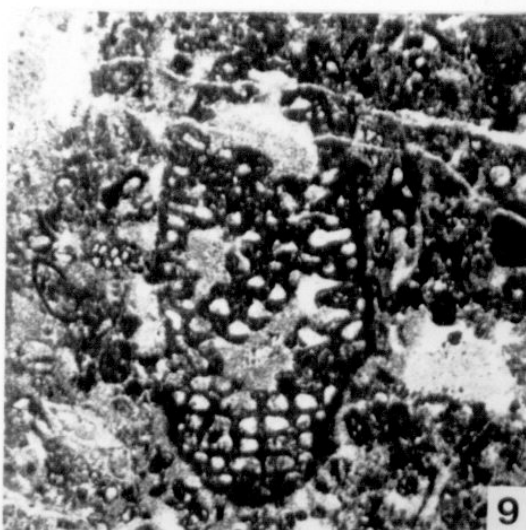
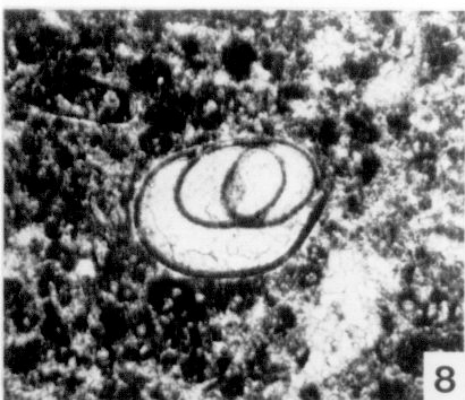
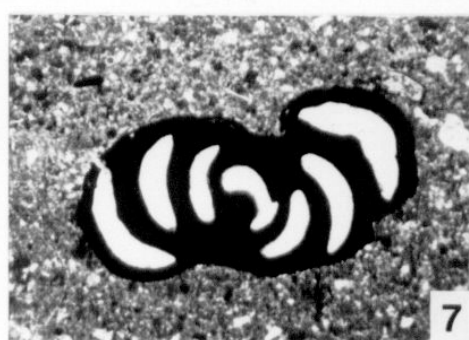
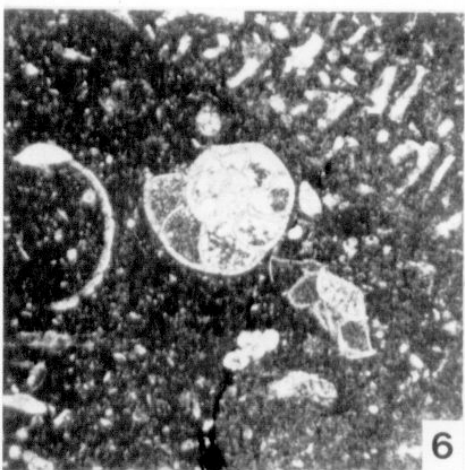
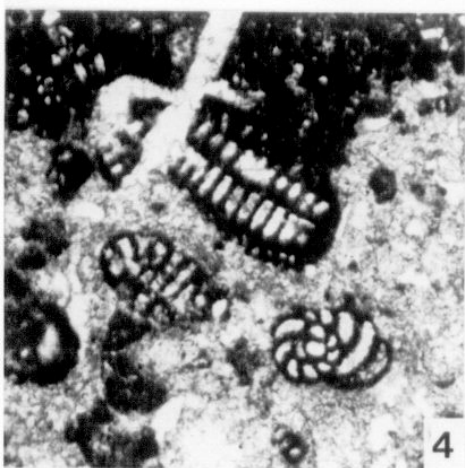
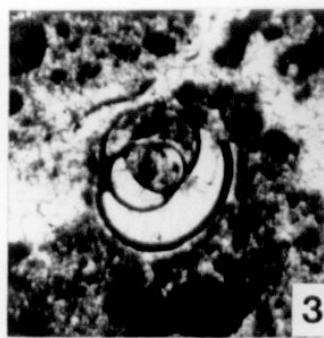
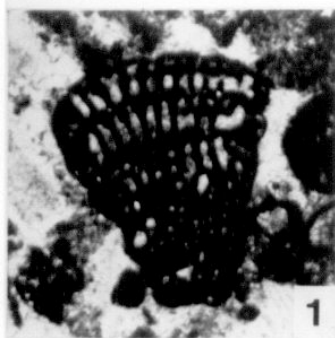
Probe 7, Vergr. x22

Abb.9: *Orbitolonopsis senonicus*

Probe 80b, Vergr. x28

Fundort: Proben 75 und 80b vom Kreidegraben der P. Negra, alle anderen E des Hotels P. Negra

TAFEL IV



Tafel V: Fossilien der Miliolidenkalke (kro2)

Abb.1: *Qinqueculina* sp. (Transversalschnitt)

Probe 80b, Vergr. x28

Fundort: Kreidegraben P. Negra

Abb.2: *Biplanata* sp.

Probe 13, Vergr. x36

Fundort: SW Hotel P. Negra

Abb.3: *Valvulammina picardi*

Probe 2; Vergr. x50

Fundort: SW Hotel P. Negra

Abb.4: *Dicyclina schlumbergeri* (Axialschnitt)

Probe 80a, Vergr. x28

Fundort: Kreidegraben P. Negra

Abb.5: Querschnitte juveniler Rudisten

Probe 15, Vergr. x12

Fundort: SW Hotel P. Negra

Abb.6: *Valvulammina* sp.

Probe 2, Vergr. x50

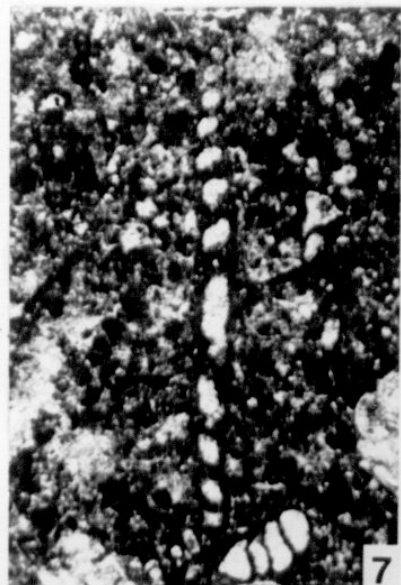
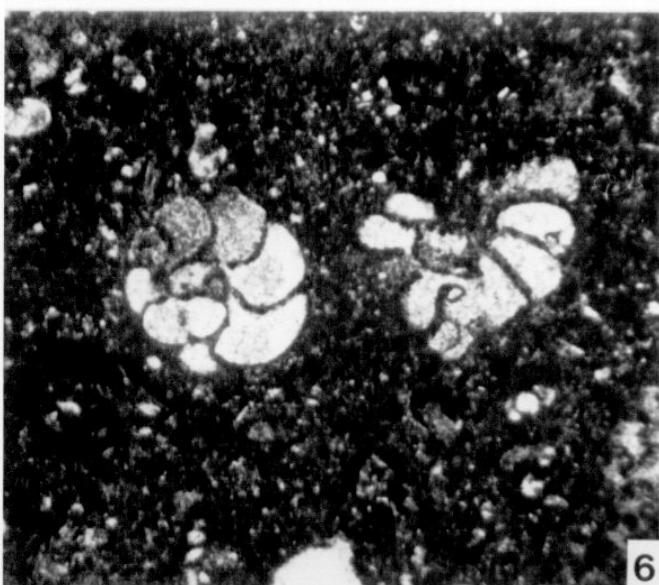
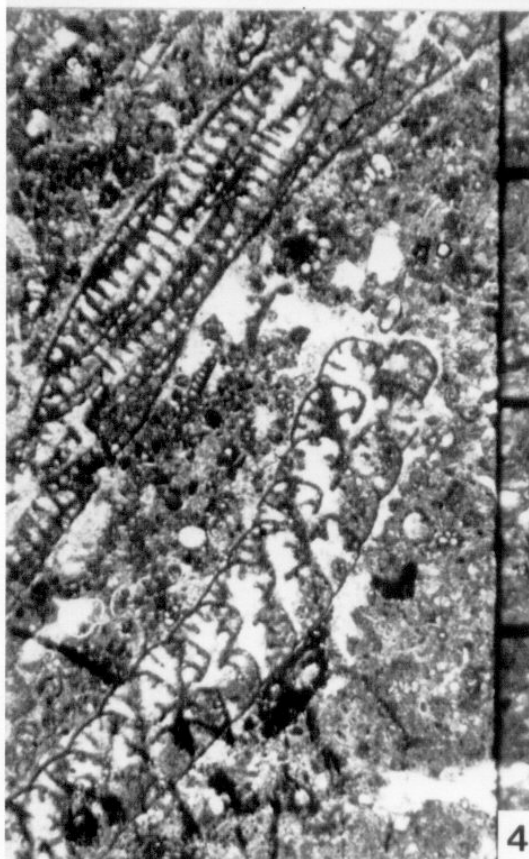
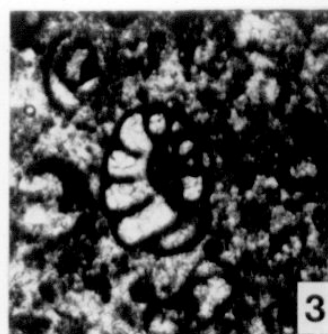
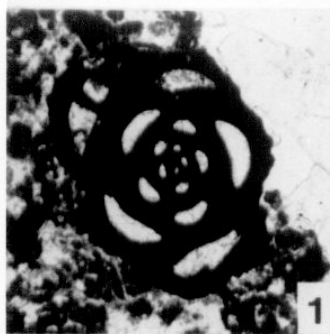
Fundort: SW Hotel P. Negra

Abb.7: *Montsechiana martiguae* (Axialschnitt), *Biplanata* sp.

Probe 80b, Vergr. x28

Fundort: Kreidegraben P. Negra

TAFEL V



Tafel VI: Fossilien und Mikrofazies der Oberkreidekalke

Abb.1: Dasycladaceen an der Basis der Miliolidenkalke (kro2)

Probe1, Vergr. x20

Fundort: SW Hotel P. Negra

Abb.2: Corallinacee Rotalge aus einer Floatstonebank in den Mergelkalken (kro4)

Probe 263, Vergr. x13

Fundort: E Hotel P. Negra

Abb.3: Echinodermen/Rotalgenfeinsand; oberer Bereich der Rudistenkalke

Probe 92, Vergr. x25

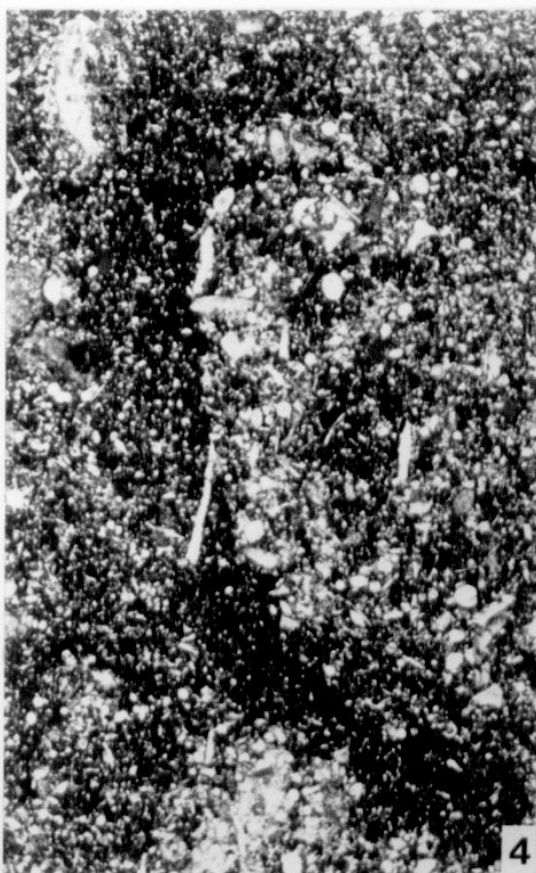
Fundort: E Hotel P. Negra

Abb.4: Calcisphaeren; Mergelkalke (kro4)

Probe 262, Vergr. x13

Fundort: E Hotel P. Negra

TAFEL VI



Tafel VII: Fossilien der Rudistenkalke (kro3)

Abb. 1: *Radiolithes sp.*; anpolierte rechte Klappe

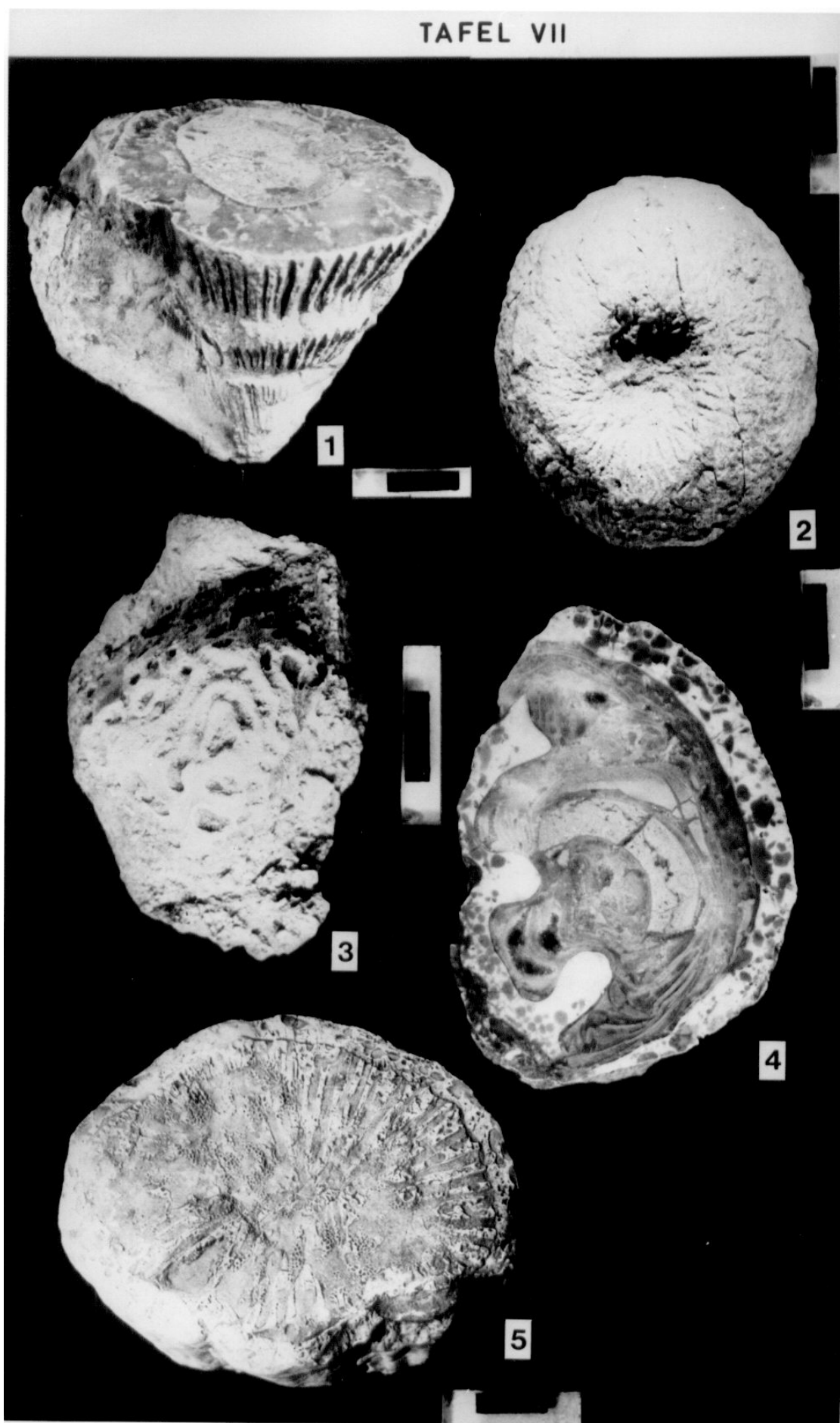
Abb. 2: Schwamm der Klasse Demospongia, Ordnung Lithisthida, U.-Ordn. Tetracladina

Abb. 3: Schwamm der U.-Ordn. Tetracladina

Abb. 4: Querschnitt der rechten Klappe von *Hippurites sp.*. Deutlich erkennbar die Säulchen und die Ligamentfalte.

Abb. 5: Linke Klappe (Deckel) von *Hippurites sp.*

Vergleichsmaßstab aller Proben 1cm; Fundort: Brekzie der Rudistenkalke, Kreidegraben P. Negra



Tafel VIII:

Abb. 1: Anpolierter Querschnitt eines Schwammes (Leucon-Typ) der Klasse Demospongia, Ordnung Lithistida, U.-Ordn. Tetracladina

Abb. 2: Außenansicht eines Rudistengehäuses (rechte Klappe)

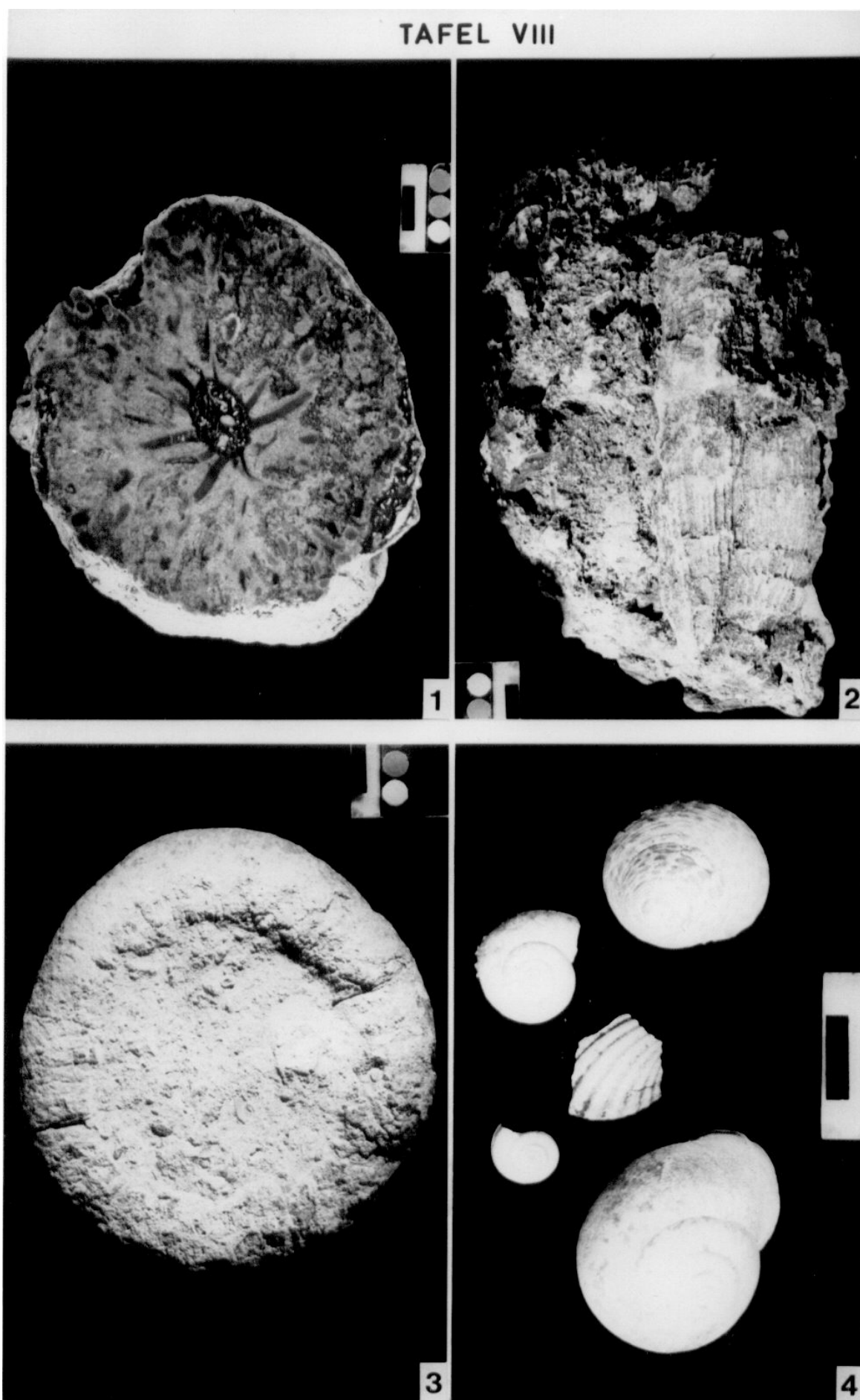
Abb. 3: Schwamm der U.-Ordn. Tetracladina (Callopegma?)

Abb. 4: Gastropoden und Schalenbruchstücke aus Sanden der Postyrrenen Dünen

Vergleichsmaßstab 1cm.

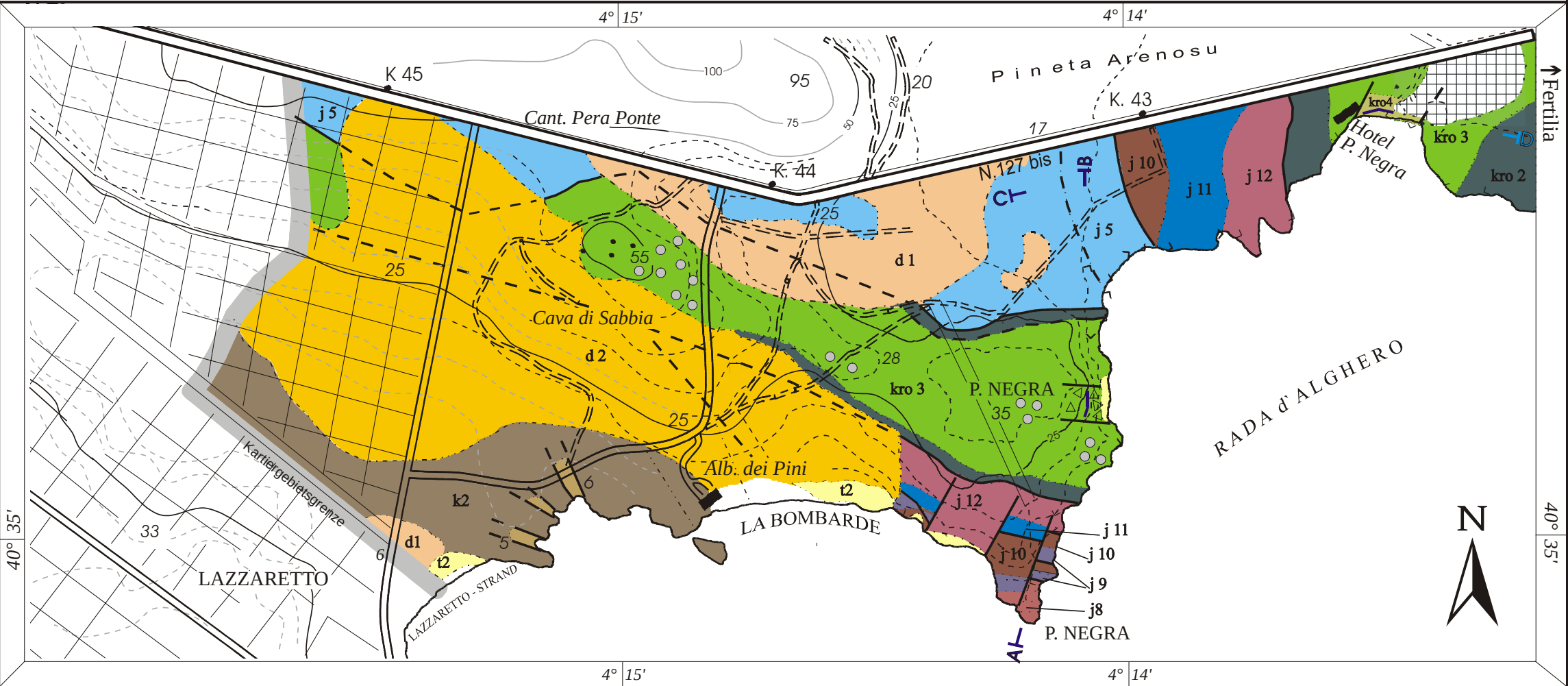
Fundort: Abb. 1-3 Brekzie der Rudistenkalke (kro3), Kreidegraben P. Negra

Abb. 4 Temporärer Aufschluß (Leitungsgraben) nahe der Einmündung des Fahrweges von der "Bombarde" in die SS 127

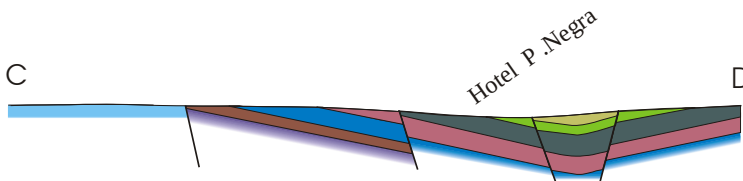


GEOLOGISCHE KARTE DER PUNTA NEGRA UND UMGEBUNG

Maßstab 1: 10 000

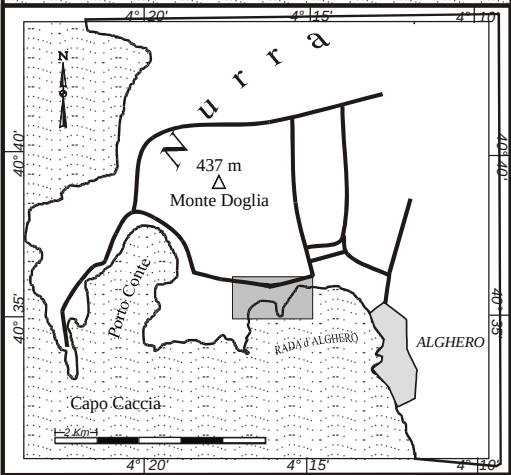
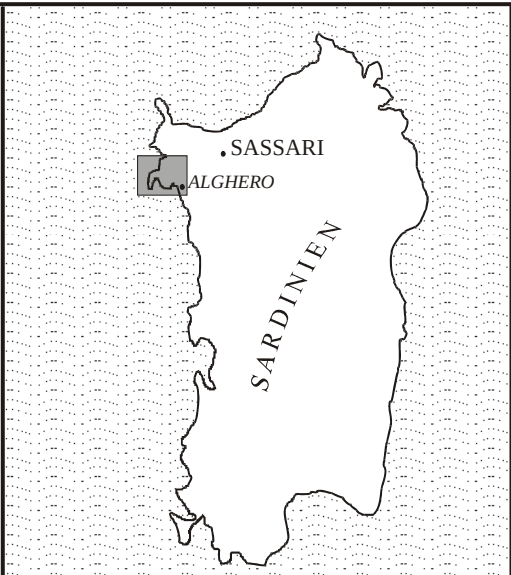


Profile: Maßstab 1:10 000, nicht überhöht



Aufgenommen von Björn Holstein (1994/95)

- | | | |
|---------|--|---|
| QUARTÄR | | anthropogene Auffüllung |
| | | rezipienter Strand |
| | | d2 posttyrrhene Dünen |
| | | t2 Tyrrhen II - Strandterrassen |
| | | d1 prätyrrhene äolische Ablagerungen |
| TERTIÄR | | Weißer Mergel unsicherer Altersstellung |
| KREIDE | | kro4 Mergelkalke |
| | | kro3 Rudistenkalke |
| | | kro2 Miliolidenkalke |
| | | j12 Dolomit 3 |
| | | j11 Kalke mit Cladocoropsis mirabilis |
| | | j10 Dolomit 2 |
| | | j9 Kalke mit Trocholina sp. |
| | | j8 Dolomit 1 |
| | | j5 Kalke und Mergel |
| UR | | k1 Bunte Mergel |
| KEUPER | | k2 Zellendolomite |



- | | |
|--|---|
| | Störung |
| | vermutete oder verdeckte Störung |
| | Schichtgrenze |
| | Schichtgrenze der quartären Deckschichten |
| | Fall + Streichrichtung |