

**Beiträge
zur Geologischen Karte der Schweiz**

herausgegeben von der
Schweizerischen Geologischen Kommission
(Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft)

**Matériaux
pour la Carte Géologique de la Suisse**

publiés par la
Commission Géologique Suisse
(Organe de la Société Helvétique des Sciences Naturelles)

Neue Folge, 150. Lieferung

Hedwig Oberhänsli-Langenegger

Zürich

Mikropaläontologische und sedimentologische Untersuchungen in der Amdener Formation

(Oberkreide, Helvetische Decken der Schweizer Alpen)

Mit 51 Textfiguren und 5 Tabellen

1978

Druck Stämpfli + Cie AG, Bern



Beitrag Nr. 10 zu Projekt 105, «Continental Margins in the Alps»,
des International Geological Correlation Programme

Gedruckt mit Subvention der Stiftung Dr. Joachim de Giacomini der S. N. G.
und der Polizeidirektion des Kantons Bern (SEVA-Reingewinne)

Vorwort der Geologischen Kommission

Frau Hedwig Oberhänsli-Langenegger hat in der vorliegenden Dissertation, die unter Leitung von Professor Hans Bolli am Geologischen Institut der ETH und Universität Zürich entstanden ist, die Kenntnisse über die oberkretazischen Schichten des Helvetikums in den Schweizer Alpen wesentlich bereichert. Im Abschnitt zwischen dem Rawilpass und dem Vorarlberg hat sie die Schichtabfolge im Hangenden des Seewer Kalks mikropaläontologisch und sedimentologisch neu bearbeitet. Ihre Untersuchungen erbrachten ein vollständiges und sehr sorgfältig dokumentiertes Inventar, das in die Stufen des Santonien und des Campanien gehört. In lithostratigraphischer Hinsicht gelangte die Autorin zum Schluss, im Hangenden des Seewer Kalks seien die Choltal-Schichten (bisher «Seewerschiefer») und darüber (im Liegenden der Wang-Formation) sei die Amdener Formation auszuscheiden. Bei künftigen Kartierungen im Helvetikum wird dieses Resultat zu berücksichtigen sein.

In ihrer Sitzung vom 12. März 1977 kam die Geologische Kommission zu einem positiven Beschluss für die Drucklegung in der Serie der «Beiträge» und empfahl der Autorin gleichzeitig, den Text in etlichen Punkten zu straffen. Dies geschah in den nächsten Monaten unter Berücksichtigung einer Reihe von Vorschlägen, für die wir Prof. D. Bernoulli von der Universität Basel und Dr. H. Fischer vom Büro unserer Kommission zu Dank verpflichtet sind. Letzterer betreute ferner die gesamte Drucklegung.

In den letzten Jahren haben viele Hochschulen unseres Landes den Druckzwang für Dissertationen aufgehoben oder gelockert. Wir sind deshalb Frau Hedwig Oberhänsli-Langenegger sehr dankbar, dass sie an die hohen Satz- und Druckkosten einen beträchtlichen finanziellen Beitrag leistet. Für den Inhalt des Textes und der Illustrationen ist die Autorin allein verantwortlich.

Bern, im Sommer 1978

Für die Schweizerische Geologische Kommission

Der Präsident:

Prof. Dr. W. Nabholz

Vorwort der Verfasserin

Die vorliegende Arbeit wurde unter der Leitung von Prof. H. M. Bolli, ETH Zürich, ausgeführt. Besonders danken möchte ich ihm für die Freiheit, die er mir bei der Auswahl des Themas und der Ausführung liess, sowie, dass er mir die Möglichkeit bot, die Arbeit für ein Jahr (Frühjahr 1973 bis Frühjahr 1974) zu unterbrechen und im Sommer 1976 an einer 15wöchigen Forschungsfahrt im West-Pazifik, an Bord des russischen Forschungsschiffes «Dmitry Mendeleev», teilzunehmen.

Die Feldaufnahmen erfolgten während der Sommermonate der Jahre 1972, 1974 und 1975. Das gesammelte Material wurde am Geologischen Institut der ETH Zürich und der Universität Zürich ausgewertet.

Den Herren Prof. H. M. Bolli, Prof. R. Trümpy, besonders aber Prof. D. Bernoulli und Dr. J. P. Beckmann, verdanke ich wertvolle Hinweise für die Abfassung des Manuskripts.

Frau Dr. K. Perch-Nielsen danke ich für die Bestimmung des Nannoplanktons. Frau Dr. M. Caron, Fribourg, kontrollierte die Bestimmungen der Globotruncanen, während Dr. J. P. Beckmann die Bestimmungen der benthonischen Mikrofauna überprüfte. Beiden sei dafür gedankt. Herrn Prof. H. Rieber möchte ich danken, dass ich mit ihm die Interpretation der Makrofauna besprechen konnte. Meinem Kollegen P. Stacher möchte ich für die zwar nicht sehr häufigen, dafür aber nicht minder fruchtbaren Diskussionen, besonders während Feldbegehungen, danken. Anregende Fachgespräche hatte ich aber vor allem mit meinen Studienkollegen P. Haldimann und meinem Mann. Letzterem bin ich speziell für den Ansporn, aber auch für die Geduld, die er manchmal aufbringen musste, zu grossem Dank verpflichtet.

Alle angeführten Proben und beschriebenen Faunen werden in der Sammlung des Geologischen Instituts der ETH Zürich und der Universität Zürich aufbewahrt.

Der Schweizerischen Geologischen Kommission danke ich für die Aufnahme dieser Arbeit in die Serie der «Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz». Besonders möchte ich mich bei Dr. H. Fischer für seinen Einsatz vor, aber auch während der Drucklegung bedanken.

Der Stiftung Dr. Joachim de Giacomi verdanke ich einen grosszügigen Beitrag an die Druckkosten, ebenso der Polizeidirektion des Kantons Bern (SEVA-Reingewinne).

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
Vorwort der Geologischen Kommission	3	V. Sedimentologie	49
Vorwort der Verfasserin	4	Historisches und Einführung	49
Verzeichnis der Textfiguren und Tabellen	6	Schichtungs- und Bankungsverhältnisse sowie Sedi- mentstrukturen in der Amdener Formation	49
I. Einleitung	7	Zum Problem der «Verflyschung» der Amdener For- mation	52
Die Amdener Formation in der helvetischen Schicht- reihe	7	Mineralogische Untersuchungen	52
Die Amdener Formation und ihre Verbreitung	7	Fazies-Verfälschungen zwischen Amdener Formation und Wang-Formation	53
Problemstellung	7	Entwicklung der Detrituszufuhr von den Seewer Kal- ken zur Wang-Formation	54
Methodik	8	Faziesentwicklung von den Choltal-Schichten zur Wang-Formation	54
II. Historischer Überblick	9	VI. Makrofauna	55
III. Definition der Choltal-Schichten (= «Seewerschie- fer») und der Amdener Formation	12	VII. Mikrofauna	58
Choltal-Schichten (= «Seewerschiefer»)	13	Einleitung	58
Amdener Formation (Amdener Mergel)	13	Planktonische Foraminiferen	58
Liegendes und Hangendes der Choltal-Schichten und der Amdener Formation	15	Benthonische Foraminiferen	59
IV. Profilbeschreibungen	16	Kalkiges Nannoplankton	61
Einführung	16	Übrige Mikrofossilien	62
Profil 1: Rawilpass	17	Zonierung mit Hilfe der Foraminiferen	62
Profil 2: Ammertengrat	19	VIII. Alter der Choltal-Schichten und der Amdener Forma- tion	63
Profil 3: Wilerhorn	19	IX. Ökologie	64
Profil 4: Flüeli Ranft	21	Einleitung	64
Profil 5: Kleine Melchaa (Cholplatz)	21	Wichtige ökologische Kriterien	64
Profil 6: Rotzloch	22	Spezifische Tiefenindikatoren	66
Profil 7: Diegisbalm	22	Interpretation der Ökologie mittels der Mikrofauna	66
Profil 8: Satteli	23	X. Paläogeographische Interpretation	74
Profil 9: Beckenried	23	Zusammenfassung	78
Profil 10: N des Stierenbaches	25	Summary	79
Profil 11: Saum	28	Résumé	80
Profil 12: Underbäch	30	Literaturverzeichnis	81
Profil 13: Huserstock	31		
Profil 14: Fidisberg	31		
Profil 15: Schülberg	32		
Profil 16: Chli Sternen	36		
Profil 17: Hinter Sattellegg	37		
Profil 18: Rotwand	37		
Profil 19: Fluhbrig	38		
Profil 20: Bockmattli	39		
Profil 21: Wägitalersee	41		
Profil 22: Amden	42		
Profil 23: Ost-Säntis	44		
Profil 24: Rudachbach	44		
Profil 25: Elm (Blattengrat)	47		
Profil 26: Stelli (Calanda)	47		
Profil 27: Flimserstein	48		
Zusammenfassung der wichtigsten lithologischen Er- gebnisse aus den Profilbeschreibungen	48		

Verzeichnis der Textfiguren und Tabellen

Textfiguren

	Seite
Fig. 1 Schematisches Profil der Choltal-Schichten	12
Fig. 2 Situationsskizze der aufgenommenen Profile	16
Fig. 3 Profil 1: Rawilpass	19
Fig. 4 Profil 2: Ammertengrat	19
Fig. 5 Profil 3: Wilerhorn	20
Fig. 6 Profil 4: Flüeli Ranft	20
Fig. 7 Profil 5: Kleine Melchaa	21
Fig. 8 Profil 7: Diegisbalm	22
Fig. 9 Faunentabelle Diegisbalm	23
Fig. 10 Profil 8: Satteli	24
Fig. 11 Faunentabelle Satteli	24
Fig. 12 Profil 10: N des Stierenbaches	25
Fig. 13 Faunentabelle: N des Stierenbaches	26
Fig. 14 Verbreitungstabelle des Nannoplanktons im Profil 10 N des Stierenbaches	27
Fig. 15 Profil 11: Saum	28
Fig. 16 Faunentabelle Saum	29
Fig. 17 Profil 12: Underbäch	30
Fig. 18 Faunentabelle Underbäch	30
Fig. 19 Profil 13: Huserstock	31
Fig. 20 Profil 14: Fidisberg	32
Fig. 21 Faunentabelle Fidisberg	33
Fig. 22 Profil 15: Schülberg	34
Fig. 23 Faunentabelle Schülberg	35
Fig. 24 Profil 16: Chli Sternen	36
Fig. 25 Faunentabelle Chli Sternen	36
Fig. 26 Profil 18: Rotwand	37
Fig. 27 Faunentabelle Rotwand	38
Fig. 28 Profil 19: Fluhbrig	38
Fig. 29 Faunentabelle Fluhbrig	39
Fig. 30 Profil 20: Bockmattli	40
Fig. 31 Faunentabelle Bockmattli	40
Fig. 32 Profil 21: Wägitalersee	41
Fig. 33 Faunentabelle Wägitalersee	41
Fig. 34 Profil 22: Amden	42
Fig. 35 Faunentabelle Amden	43
Fig. 36 Profil 24: Rudachbach	45
Fig. 37 Faunentabelle Rudachbach	46
Fig. 38 Profil 25: Elm (Blattengrat)	47
Fig. 39 Profil 26: Stelli (Calanda)	48
Fig. 40 Profil 27: Flimsenstein	48
Fig. 41 Wechsellagerung der Siltite und Lutite (Profil Ost-Säntis)	50
Fig. 42 Sedimentstrukturen in der Amdener Formation	51
Fig. 43 Verbreitung der planktonischen Foraminiferen in der Amdener Formation	59
Fig. 44 Verbreitung der kalkschaligen benthonischen Foraminiferen in der Amdener Formation	60
Fig. 45 Verbreitung der sandschaligen Foraminiferen in der Amdener Formation	61
Fig. 46 Plankton-, Kalkschaler- und CaCO ₃ -Gehalt	71
Fig. 47 Häufigkeit der wichtigsten Sandschaler	72
Fig. 48 Häufigkeit der wichtigsten Kalkschaler	73
Fig. 49 Paläogeographisches Schema des Helvetikums nach Trümpy 1969	75
Fig. 50 Paläogeographisches Profil durch den zentralschweizerischen Raum	76
Fig. 51 Lithologie und Alterskorrelation	77

Tabellen

Seite

Tab. 1 Bisherige Bezeichnungen für die Amdener Formation, korreliert mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen	10/11
Tab. 2 Liste der untersuchten Profile	17
Tab. 3 Mineralogische Zusammensetzung der Siltite aus den Amdener Mergeln	53
Tab. 4 Faziesentwicklung von den Choltal-Schichten zur Wang-Formation	55
Tab. 5 Zusammenfassung der Resultate aus den Mikrofaunen-Untersuchungen	67

I. Einleitung

Die Amdener Formation in der helvetischen Schichtreihe

Im Helvetikum folgt über der teilweise kondensierten Schichtreihe der mittleren Kreide («Gault») eine pelagische Sedimentationsphase, welche in den Seewer Kalken dokumentiert ist. Diese fast rein biogenen Kalke bestehen vorwiegend aus kalkigem Nannoplankton und lokal gehäuft auftretenden Calcisphaeren sowie untergeordnet aus planktonischen Foraminiferen. Seltener sind benthonische Foraminiferen und Makrofossilien (u. a. Seeigel und Inoceramen). Gegen oben beginnen die Seewer Kalke leicht zu vermergeln und gehen in die sogenannten Seewer Schiefer über. Das Hangende dieses faziellen Zwischengliedes bildet die Amdener Formation. Darüber liegt die sandige Wang-Formation. Die Übergänge von der Amdener Formation in die Wang-Formation sind in der Ostschweiz, wie auch in der Zentralschweiz, generell kontinuierlich, währenddem in der Westschweiz scharfe Kontakte, mit einer Schichtlücke an der Basis der Wang-Formation, vorhanden sind.

Die Amdener Formation und ihre Verbreitung

Die Amdener Formation besteht vorwiegend aus hemipelagischen Mergeln. Ihre Lithologie ist daher – abgesehen von sporadischen siltigen Kalk-Einschaltungen vor allem im mittleren und oberen Teil der paläogeographisch nördlichen Profile – eher monoton (vgl. Abschnitt V: Sedimentologie). Die Mächtigkeit ist sehr unterschiedlich. Sie schwankt zwischen einigen Metern (Chli Sternen, im Hoch Ybrig-Gebiet) und 200 Metern (Vorarlberg, Amden). Generell kann eine Mächtigkeitsreduktion gegen S sowie gegen W, aber auch gegen N festgestellt werden (Fig. 51).

Für die Verbreitung der Amdener Formation wird auf Figur 2 verwiesen. Die paläogeographisch nördlichsten Profile liegen in Elementen parautochthoner Stellung. Es sind dies die Aufschlüsse in der Calanda-Gruppe und am Flimserstein. Paläogeographisch südlich davon finden sich weitere Profile erst wieder in Randketten-Elementen (Rotzloch, Nord-Säntis). Ihre Hauptverbreitung haben die Amdener Mergel in der Drusberg-Decke (Ost-Säntis, Churfürsten, Amden, Wägitalersee-Gebiet, Fluhbrig, Schülberg, Hoch Ybrig, Fronalpstock-Gebiet, Bauen-Gebiet, S der Klewenalp und im Tal der Engelberger Aa).

Gegen W, wo die Drusberg-Decke sich zuerst mit der Axen-Decke und weiter westlich auch mit der Randkette zur Wildhorn-Decke vereinigt, finden sich nur noch vereinzelt Aufschlüsse mit Amdener Mergeln (Grosses und Kleines Melchaa-Tal, Wilerhorn, Ammertengrat, Rawilpass-Gebiet, ?Höchst). Östlich des Säntis, nach der Vereinigung der Drusberg-Decke mit der Säntis-Decke, setzt sich der Ablagerungsraum der Amdener Mergel, ohne sich zu verschmälern, weiter ins österreichische und bayerische Helvetikum fort.

Problemstellung

Biostratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen in der Grabser Voralp (THIERSTEIN 1969, 1971), der Äusseren Einsiedler Schuppenzone (KUHN 1972) und im Ost-Säntis (LANGENEGGER 1972) ergaben nur santones Alter für die Amdener Mergel. Nachdem aber in früheren Untersuchungen (BOLLI 1944, BISIG 1957, WEGMANN 1961, HERB 1962) in gewissen Profilen der Amdener Mergel ein Campanian-Anteil beobachtet wurde, galt es:

1. mit erneuten mikropaläontologischen Untersuchungen im gesamten helvetischen Bereich der Schweiz abzuklären, welche Alter die Amdener Mergel in den einzelnen Profilen aufweisen;

2. herauszufinden, ob im südlichen Helvetikum seitliche Fazies-Verfälschungen zwischen der mergeligen Amdener Formation und der sandigen Wang-Formation zu beobachten sind. Dies erfolgte in Zusammenarbeit mit P. STACHER (in Vorb.), der gleichzeitig die Wang-Formation untersuchte;
3. zu untersuchen, ob wirklich bei den sandigen Kalk-Einschaltungen im oberen Teil der Amdener Mergel von einer beginnenden «Verflyschung» gesprochen werden kann, wie das ARN. HEIM (in BÖHM & HEIM 1909) beschreibt;
4. detaillierte Faunenlisten der benthonischen und planktonischen Foraminiferen aufzustellen, um mit deren Hilfe Anhaltspunkte für das Ablagerungsmilieu zu erhalten.

Methodik

Bei den Probenentnahmen wurde darauf geachtet, die verwitterte Oberflächenschicht möglichst zu meiden, um Verunreinigungen auszuschliessen und die Karbonat-Analysen nicht zu verfälschen. Somit sollten die kalkigen Faunen auch keine verwitterungsbedingten Anlösungserscheinungen zeigen.

Von 27 Profilen wurden aus etwa 500 Proben die Mikrofaunen isoliert, diese unter der Binokularlupe bestimmt und mit Hilfe des Point-Counters ausgezählt. Gewisse Sandschaler mussten zur sicheren Bestimmung in Kunstharz eingebettet und angeschliffen werden. In härteren kalkigen Proben gaben polierte Anschliffe Auskunft über die nicht isolierbaren Faunen, wobei sich daraus nur das Foraminiferen-Plankton sicher spezifisch bestimmen liess. Für die Nannoplankton-Untersuchungen unter dem Lichtmikroskop genügten Schlammpräparate.

Die Karbonatgehalte aus 450 Proben wurden nach der Methode von Passon bestimmt, wobei das Analysenmaterial zuvor in der Scheibenschwingmühle auf 20μ pulverisiert wurde. Die dekarbonatisierten Proben konnten zur Röntgen-Analyse weiterverwendet werden. Die Diffraktogramme lieferten qualitative Analysen der Präparate. Zusätzlich liessen sich daraus die relativen Quarzgehalte innerhalb einer Profilabfolge ablesen.

II. Historischer Überblick

Die bis 220 m mächtigen oberkretazischen Mergelserien, von KAUFMANN (1877) noch als «Seewerschiefer» bezeichnet, trennen ARN. HEIM & OBERHOLZER (1907) unter dem Begriff «Amdener Mergel» von den «Seewerschichten» ab. In der Ostschweiz werden die Amdener Mergel von ARN. HEIM & OBERHOLZER (1907) sowie von BÖHM & ARN. HEIM (1909) weiter in «Leibodenmergel» (unten) und «Leistmergel» (oben) unterteilt. Bereits ARN. HEIM (in BÖHM & HEIM 1909) erkennt, dass die monotonen grauen Mergel auf den südhelvetischen Faziesbereich beschränkt sind, denn im nördlichen Helvetikum transgredieren die mitteleozänen Bürgen-Schichten mit *Assilina exponens* direkt auf den Seewer Kalk. Das Fehlen der «Amdener Schichten» in diesem Bereich führt ARN. HEIM auf prä-mitteleozäne Erosion zurück. Ohne den Verbreitungsraum der Amdener Mergel genau abzugrenzen, erwähnt er im nördlichen Teil des Südhelvetikums die tertiären Grünsande, im südlichen die Wang-Schichten als Hangendes der Amdener Mergel. Die sporadischen Einschaltungen von sandigen Kalkbänken in den oberen Amdener Mergeln deutet er als beginnende «Verflyschung».

Die wichtigsten paläontologischen Beiträge zur Kenntnis der Amdener Mergel basieren auf den Arbeiten von BÖHM & ARN. HEIM (1909), ROLLIER (1923), BOLLI (1944), LANGE (1956), HERB (1962), THIERSTEIN (1969, 1971) und KUHN (1972).

ROLLIER (1912, 1923) sowie ARN. HEIM (BÖHM & HEIM 1909) gelingt es, an verschiedenen Lokalitäten der Ostschweiz (Amden, W Eichberg, W Lochalp bei Wildhaus) aus den Mergeln über dem Seewer Kalk – den Seewer Schiefern und den Amdener Mergeln – Echinodermenreste, Ammoniten, Gastropoden und Bivalven herauszulösen. Dank diesen Zwergfaunen, welche allerdings pyritisiert sind, wird es möglich, in den monotonen grauen Serien senones Alter nachzuweisen. In BOLLI (1944) wird erstmals die gesamtschweizerische Verbreitung dieser mergeligen Formation, zusammen mit den liegenden Seewer Kalken und der hangenden Wang-Formation, aufgezeichnet. Mit Hilfe der neu aufgestellten Globotruncanen-Stratigraphie gelingt es ihm, die Amdener Mergel dem Santonian bis Campanian zuzuordnen. Rund ein Jahrzehnt später publiziert LANGE (1956) als erster eine umfassendere Liste der planktonischen und benthonischen Foraminiferen aus den «Leistmergeln» des Schwarzwassertaales (Vorarlberg). HERB übernimmt 1962 in seiner Arbeit «Geologie von Amden» die von ARN. HEIM & OBERHOLZER (1907) lokal eingeführte Unterteilung der Amdener Mergel in «Leibodenmergel» – mit unter- bis mittelsantonem Alter – und «Leistmergel» – mit mittelsantonem bis untercampanem Alter. Diese Altersbestimmung erfolgte auf Grund von planktonischen Foraminiferen.

1971 publiziert THIERSTEIN erstmals eine Liste des Nannoplanktons, mit Abbildungen der häufigsten Arten, aus Profilen der Amdener Mergel der Grabser Voralp in den östlichen Churfürsten. In diesem Profil lässt sich mit den Foraminiferen sowie der Nannoflora nur ein Santon-Anteil nachweisen.

Wie HERB (1962) in der Amdener Mulde, versuchte KUHN (1972) in der Äusseren Einsiedler Schuppenzone – neben der Altersbestimmung der Amdener Mergel – mit Hilfe der Faunenvergesellschaftung auch Aussagen über die Ablagerungsbedingungen zu machen. Dazu benutzte er vor allem das Plankton/Benthos-Verhältnis. In seiner Arbeit finden sich ebenfalls Abbildungen der wichtigsten benthonischen Foraminiferen aus den santonen Amdener Mergeln.

Die Arbeit von FICHTER (1934) im Niederbauen–Schwalmis-Gebiet bringt vor allem detaillierte Beobachtungen und Untersuchungen der Amdener Mergel innerhalb seines Kartierungsgebietes. In den Diplomarbeiten von LAMBERT (1971), FELDER (1973) und LANGENEGGER (1972) sind lithologische bzw. faunistische Beschreibungen dreier Profile aus den Amdener Mergeln des nördlichsten Helvetikums (Calanda und Flimserstein) sowie vom Ost-Säntis enthalten.

Tabelle 1: *Bisherige Bezeichnungen für die Amdener Formation,*

KAUFMANN 1877		ESCHER 1878	QUEREAU 1893 ROLLIER 1912		ARN. HEIM 1905	ARN. HEIM 1906
Danien	Wangschichten	-----	Sénonien	Wangschiefer	unterer Flysch (untere Körnchen- schiefer)	Senonmergel
Oberkreide	Seewerschiefer			Seewermergel Seewenermergel Seewenmergel		
	Seewerschichten		Turonien		Seewerkalk	Seewerschiefer
	Seewerkalk			unterer Seewerkalk		

Zur Nomenklatur der Amdener Formation

In Tabelle 1 sind die verschiedenen Bezeichnungen für die Amdener Mergel chronologisch dargestellt. Daneben sollen alle Synonyme der Amdener Formation mit den Originalzitaten und der «Typlokalität» kurz aufgeführt werden, um dann im nächsten Kapitel den Begriff der Choltal-Schichten und der Amdener Formation zu erläutern.

«*Seewerschichten*»: KAUFMANN (1877); Schülberg- und Hoch Ybrig-Gebiet

«... bildet der Kalkstein in der Regel die tieferen, der Schiefer die höheren Lagen, ohne irgendwelche besondere Scheidung.»

«*Seewermergel*», «*Seewenmergel*», «*Seewenermergel*»: QUEREAU (1893); Klippenregion von Iberg

«Der Übergang ist oft ein gradueller, in dem der Kalk gegen oben allmählich mergelig und dünnsschichtig wird.»

«*Unterer Flysch*» (*Körnchenschiefer*): ARN. HEIM (1905); nördliches Säntis-Gebiet bei Gugger

«Ein dem Seewerkalk aufliegender heller, grauer oder gelblicher Flyschschiefer, der "Körnchenschiefer", von oben durch die Nummulitenbänke begrenzt. Nach der stratigraphischen Lage entspricht der untere Teil der Körnchenschiefer dem Wangschiefer. Die eigentliche Wangschieferfazies fehlt jedoch im ganzen Säntisgebiet.»

korreliert mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen

ARN. HEIM & OBER- HOLZER 1907 BÖHM & ARN. HEIM 1909		ROLLIER 1923	OBERHAUSER 1958	Vorliegende Arbeit	
Wangschichten		Wangschichten	Wangschichten	Wang-Formation	oberes Campanian
Amdenermergel	Leistmergel	Leistmergel	Leistmergel	Amdener Formation (Amdener Mergel)	
	Leibodenmergel	Leistschiefer			Seewerschiefer
Seewerschiefer			Seewerkalk	Seewerkalk	
Seewerkalk		Seewerkalk			Seewerkalk

«Amdenermergel»: ARN. HEIM & OBERHOLZER (1907); unterteilt in:

a) «Leibodenmergel» (Typlokalität: Alp Leiboden, 3 km E Amden, Koordinaten 732.550/222.800, nach HERB 1962)

«...frische grünlich-graue, wenig oder gar nicht schiefrige Mergel mit gelblichgrünlicher Anwitterung. Sie sind homogen und enthalten zum Gegensatz der Leistmergel und Seewerschiefer keine reinen Kalkbänke eingeschlossen. Der Tongehalt ist grösser und gleichmässiger verteilt als bei den Seewerschichten, aber etwas geringer als bei den noch weicheren Leistmergeln. Die untere Abgrenzung der Leistmergel bietet bei tektonischer Komplikation oft Schwierigkeiten. Sie zeigen jedoch, wenn überhaupt vorhanden, eine charakteristische Fauna. Die Leibodenmergel gehen allmählich über in die Leistmergel.»

b) «Leistmergel» (Typlokalität: Leistbach bei Säss, 2,5 km SE Stein im Toggenburg, Koordinaten 737.200/227.250, nach HERB 1962)

«...graue, frisch bläulichgraue, an sonnigen Halden hellgrau bis gelblich anwitternde, weiche Mergel. Sie neigen bei geringer dynamischer Einwirkung zu Schiefer und sind auch primär deutlicher geschichtet als die Leibodenmergel. Vielfach enthalten sie 0,5–20 cm dicke, glatt begrenzte, dichte Kalkbänke in ziemlich weiten Abständen eingelagert. Die Grenze gegen den hangenden mittelozeänen Flysch ist noch problematisch.»

«Leistschiefer»: ROLLIER (1923); im Tobel E Wildhaus

«Je pense ... que la partie marno-calcaire schisteuse appelée Leibodenmergel par Arn. Heim est un groupe très local et qu'il se confond trop avec les Seewener-Schiefer pour pouvoir être d'un emploi facile. Comme il n'y a ni schistes, ni marnes à Seewen près Schwyz ... je propose d'abandonner ce nom de Seewener-Schiefer et de Seewener-Mergel pour les réunir avec les Leibodenmergel sous le nom de Leist-Schiefer ou Schistes du Leist...»

III. Definition der Choltal-Schichten (= «Seewerschiefer») und der Amdener Formation

Die meisten der oben zitierten Autoren haben die Schwierigkeit erkannt, zwischen den Seewer Schiefern und den Amdener Mergeln eine klare Grenze zu ziehen. ROLLIER hat 1923 versucht, die Aufgliederung in «Seewerschiefer», «Leibodenmergel» und «Leistmergel» wieder um einen Schritt rückgängig zu machen, indem er für die «Seewerschiefer» und die «Leibodenmergel» den Begriff «Leistschiefer» einführte (siehe Nomenklatur der Amdener Formation)¹. Diese Schwierigkeiten ergaben sich in erster Linie daraus, dass die «Seewerschiefer» nie an einem Typprofil definiert worden

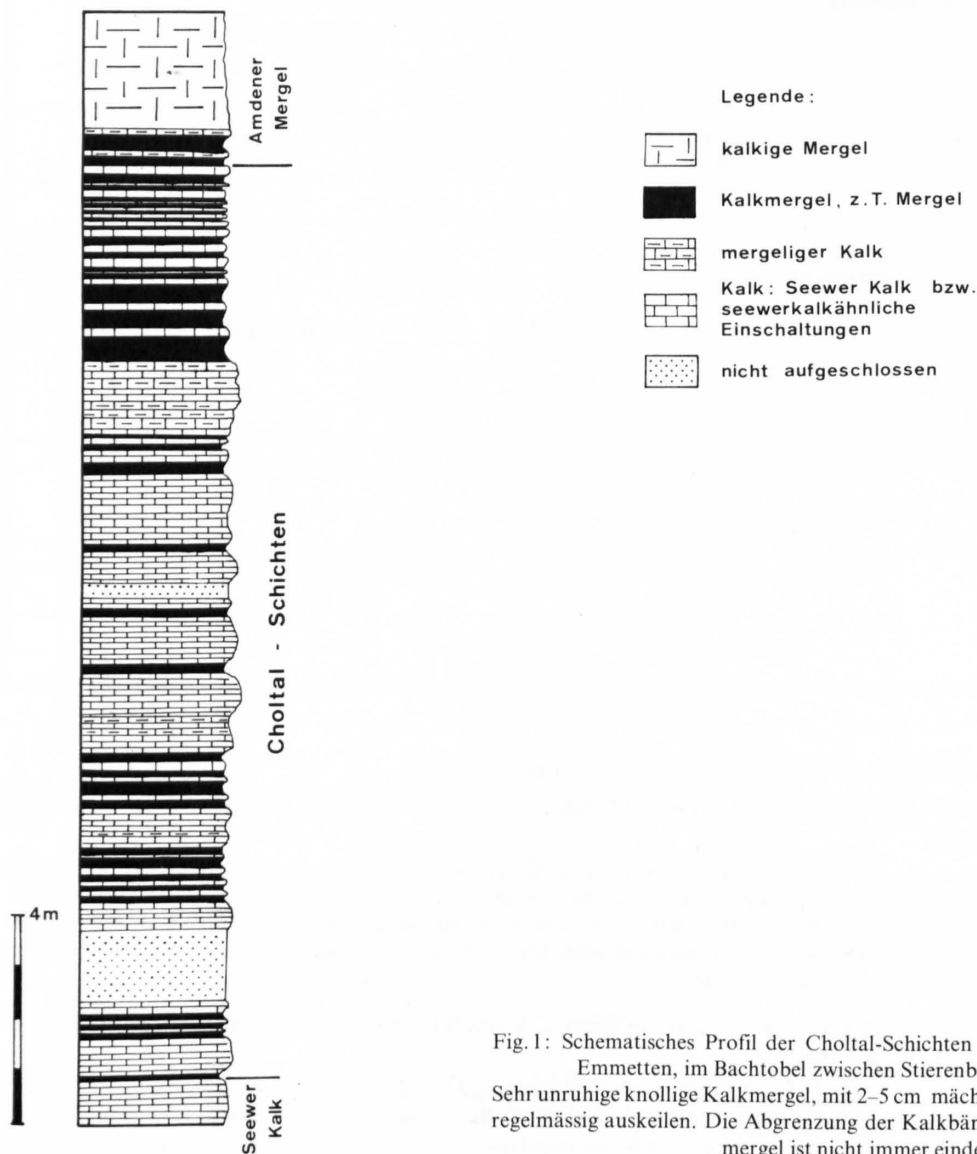


Fig. 1: Schematisches Profil der Choltal-Schichten (Typlokalität: Choltal S von Emmetten, im Bachtobel zwischen Stierenbach und Mittelbach).

Sehr unruhige knollige Kalkmergel, mit 2–5 cm mächtigen Bänken, welche ganz unregelmässig auskeilen. Die Abgrenzung der Kalkbänke gegen die knorrigten Kalkmergel ist nicht immer eindeutig.

¹ Auf Grund der Feldbeobachtungen entschloss ich mich, die Choltal-Schichten (= «Seewerschichten») mit den Amdener Mergeln zur Amdener Formation zusammenzufassen. Längere Diskussionen mit den Proff. R. Trümpy und R. Herb sowie erneute Feldbegehungen mit R. Herb führten mich jedoch zur vorliegenden Grenzziehung. Ausschlaggebend dafür war vor allem folgendes formelle Argument, dass Formationsglieder nie gleich wie die Formation bezeichnet werden sollten. So hätte im vorliegenden Fall zusätzlich ein neuer Formationsname geschaffen werden müssen, und dies hätte die bestehende Situation nicht vereinfacht.

waren. Das soll an dieser Stelle nachgeholt werden, wobei die «Seewerschiefer» gleichzeitig in Choltal-Schichten umbenannt werden.

Eine Neubenennung drängte sich aus den folgenden Gründen auf:

- Die Seewer Schiefer fehlen an der Typlokalität des Seewer Kalkes in Seewen, denn sie fielen in diesem paläogeographischen Raum der voreozänen Erosion zum Opfer.
- Der Begriff «Schiefer» impliziert eine tektonische Beanspruchung und sollte daher nicht für vorwiegend sedimentär laminiertes Gestein verwendet werden.
- Von einer Umbenennung in Seewer Mergel oder Seewer Schichten muss abgesehen werden, weil frühere Autoren auch die Amdener Mergel in diesen Begriff einschlossen (Tabelle 1).

Choltal-Schichten (= «Seewerschiefer»)

Synonym: «Seewerschiefer» ARN. HEIM & OBERHOLZER (1907).

Zugehörigkeit: Die Choltal-Schichten sind als jüngstes Glied einer noch zu definierenden Seewer Formation aufzufassen.

Typlokalität: Choltal südlich Emmetten, Kt. Nidwalden, Schweiz; Koordinaten 682.040/198.530/1160 (Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt 1171).

Mächtigkeit: etwa 17 m.

Lithologie: Hellgraue bis graue, fleckige z. T. ziemlich harte Kalkmergel wechsellagern mit hellgrauen seewerkalkähnlichen Bänken. Diese Wechsellagerung ist unregelmässig. Im unteren Teil sind die kalkmergeligen Einschaltungen noch relativ selten und geringmächtig. Gegen oben werden sie langsam häufiger und durchschnittlich etwas mächtiger. Die kalkigen wie auch die kalkmergeligen bis mergeligen Lagen sind seitlich nicht persistent. Das verleiht dieser Serie ein unruhiges, knolliges Aussehen.

Die *Untergrenze* dieser neubenannten Einheit liegt an der Basis der ersten leicht mergeligen Einschaltung in die Seewer Kalke, während die *Obergrenze* über der letzten seewerkalkartigen Bank gezogen wird (Fig. 1). Die starke Bioturbation in den mergeligen Partien (fleckiges Aussehen) ist sehr charakteristisch für die Choltal-Schichten.

Verbreitung: Die Choltal-Schichten treten in den untersuchten Profilen (Parautochthon, Randkette, Drusberg-Decke) immer gemeinsam mit den Amdener Mergeln auf. Beide wittern im Gelände stark zurück. Die Mächtigkeit der Choltal-Schichten schwankt zwischen 0 und ca. 20 m. Das Fehlen der Choltal-Schichten in einigen Profilen ist entweder auf Erosion vor Ablagerung der Amdener Mergel (beispielsweise am Fidisberg) oder auf die tektonische Situation (Huserstock?) zurückzuführen.

Alter an der Typlokalität: Oberstes Untersantonian bis Übergang Unter-/Obersantonian, d. h. *Globotruncana concavata*-Zone und Übergang zur *Globotruncana carinata*-Zone

Charakteristikum dieser Serie: Die Choltal-Schichten liegen den Seewer Kalken konkordant auf und sind stark bioturbirt. Besonders typisch ist die Wechsellagerung von hellgrauen Kalkmergeln und hellgrauen seewerkalkähnlichen Bänken.

Amdener Formation (Amdener Mergel)

Synonyme: «Seewerschiefer» KAUFMANN (1877); «Seewermergel», «Seewenmergel», «Seewermergel» QUÉREAU (1893); «untere Körnchenschiefer» ARN. HEIM (1905); «Senonmergel» ARN. HEIM (1906); «Leibodenmergel» und «Leistmergel» ARN. HEIM & OBERHOLZER (1907); «obere Leistschiefer» zusammen mit den «Leistmergeln» ROLLIER (1923); «Leistmergel» (Vorarlberg) OBERHAUSER (1958).

Typusprofil: Das Typprofil liegt in der Amdener Mulde und wurde von ARN. HEIM & OBERHOLZER (1907) beschrieben. Allerdings ist die Wahl dieses Typusprofils nicht ganz ideal, weil hier die Amdener Mergel nicht in normalstratigraphischer Abfolge liegen, sondern tektonisch von Flysch überlagert werden (vgl. Profil 22: Amden).

Referenzprofile: Die Untergrenze ist im Profil 10 (N des Stierenbaches) gut dokumentiert, während für die Obergrenze das Profil 15 (Schülberg) beigezogen wird.

Mächtigkeit: Die Mächtigkeit kann zwischen 10 m in den südlichen Profilen (Chli Sternen) und 220 m an der Typlokalität und auch im Vorarlberg schwanken.

Die Amdener Formation zeigt gegen S eine *primäre Mächtigkeitsreduktion* (Profile Chli Sternen und Satteli, Fig. 51). Beweise dafür finden sich in den Datierungen der Profile. Mittels planktonischer Foraminiferen konnte nachgewiesen werden, dass auch in diesen Profilen bis ins obere Campanian Sediment abgelagert wurde. Südlich dieser erwähnten Profile, so z. B. am Klingenstock (Fronalpstock-Gebiet) und am Schwalmis (Bauen-Gebiet) verschwindet die Amdener Formation plötzlich. Es konnte nicht entschieden werden, ob dies auf eine Erosionsphase, welche der Sedimentation der Wang-Formation vorangegangen wäre, zurückzuführen ist, oder ob in diesem Raum bereits keine Amdener Mergel mehr abgelagert wurden. Bei den Amdener Mergeln am Wilerhorn handelt es sich um von N oder S in die Wang-Formation hineingeglittene Schichtpakete, vgl. STÄGER (1944) und STACHER (in Vorb.). In den Profilen westlich des Bauen-Gebietes ist in den santonen Anteilen, wenn auch weniger stark ausgeprägt, ebenfalls eine primäre Mächtigkeitsreduktion zu bemerken (Fig. 51). In diesem Bereich erschweren die spärlichen Faunen und ihre schlechte Erhaltung die Entscheidung, ob die jüngsten Anteile der Amdener Formation einer oberkretazischen Erosion (oberes Campanian) zum Opfer gefallen sind, oder ob sie mangels Faunen nicht genügend fein gegliedert werden können.

Lithologie: Vgl. Abschnitt V, Sedimentologie.

Unter- bzw. Obergrenze: Die Untergrenze liegt über der letzten seewerkalkartigen Bank der Choltal-Schichten, während die Obergrenze – falls die Wang-Basissschichten (W_0b) das Hangende bilden – mit dem ersten ausgeprägt sandigen Mergelhorizont der Wang-Formation gezogen wird. In den südlichsten Profilen bilden die Wang-Schieferkalke (W_2) das Hangende (Chli Sternen). Diese Abgrenzung bietet keine Probleme (vgl. STACHER, in Vorb.).

Verbreitung: Die Amdener Mergel finden sich noch an einigen wenigen Stellen im Nordhelvetikum (Calanda, Flimserstein) sowie im südhelvetischen Ablagerungsraum (vgl. Abschnitt I, Einleitung: Die Amdener Formation und ihre Verbreitung).

Alter: Ihre Ablagerung begann im unteren Obersantonian und dauerte in einigen Profilen bis ins untere Obercampanian (vgl. Abschnitt IV: Profilbeschreibungen, sowie Abschnitt VIII: Alter der Choltal-Schichten und der Amdener Formation). Altersbestimmungen wurden mittels planktonischer Foraminiferen durchgeführt.

Charakteristikum: Die Amdener Mergel lassen sich bei Feldbegehungen meistens nur im stratigraphischen Verband als solche sicher erkennen. Bei tektonischen Komplikationen sind Verwechslungen mit den ebenfalls grauen, alttertiären Globigerinenmergeln leicht möglich. Bei genauerem Hinsehen sind sie jedoch oft schon im Feld mit Hilfe der in den Amdener Mergeln teilweise häufig auftretenden Pyritstäbchen von den tertiären Mergeln abzutrennen. In den Globigerinenmergeln sind öfters charakteristische Echinodermen-Frassspuren und teilweise auch vermehrt Glimmer anzutreffen. Im Feld dienen die 1–15 cm mächtigen, sporadisch auftretenden, graubräunlichen, sandigen Kalkbänke im oberen Teil der Amdener Mergel als weiteres Hilfsmittel zu ihrer Identifikation – wobei allerdings regional auch im oberen Teil der Globigerinenmergel eine Detrituszunahme festzustellen ist. Diese Einschaltungen sind jedoch meistens grobkörniger und die hemipelagischen Intervalle sind geringmächtiger. Führen diese Unterscheidungsmerkmale nicht zum Ziel, können die Amdener Mergel mittels der Foraminiferen sicher von den Globigerinenmergeln abgetrennt werden.

Die Amdener Mergel wittern im Gelände stark zurück. Meistens sind sie als Unterlage der durch Rutschungen stellenweise stark kupierten Alpweiden anzutreffen, wobei in topographischen Verflachungen häufig Sümpfe ausgebildet sind.

Von einer Unterteilung der Amdener Mergel in Leiboden-Mergel und Leist-Mergel, wie das ARN. HEIM & OBERHOLZER (1907) für die Typlokalität vorgeschlagen haben, wird abgesehen, denn es handelt sich dabei nur um eine lokale Erscheinung (Amden, Niederbauen-Gebiet). Zudem vermögen HEIM (BÖHM & ARN. HEIM 1909), wie später auch HERB (1962), die «Leibodenmergel» nicht scharf gegen die «Leistmergel» abzugrenzen. Beide sprechen von einem allmählichen Übergang bzw. einer Übergangszone im Meterbereich.

Zur Abgrenzung der Leiboden-Mergel gegen die Leist-Mergel können nur zwei beschreibende lithologische Kriterien beigezogen werden: die Farbe und der Karbonatgehalt. HEIM (BÖHM & ARN. HEIM 1909) benutzt zur Definition der beiden Glieder zusätzlich auch den Grad der Verschieferung. Bei einer grossräumigen Untersuchung der Amdener Formation zeigte sich allerdings, dass der Verschieferungsgrad als Kriterium entfällt, denn er ist stark von der jeweiligen tektonischen Situation abhängig. Auch die Karbonat-Analysen der Proben aus den einzelnen Profilen (siehe Profildarstellungen Fig. 3–40) verdeutlichen, dass der Karbonatgehalt als Unterscheidungsmerkmal nicht verwendet werden kann, denn Schwankungen (10–15%) sind sowohl im unteren wie auch im oberen Teil der Amdener Mergel hin und wieder zu beobachten. Hingegen gilt der durchschnittliche Karbonatgehalt für die gesamte Abfolge der Amdener Mergel.

Nach den vorgängigen Bemerkungen verbliebe nur noch die Farbe als feldtaugliches, allerdings äusserst subjektives Kriterium zur Unterteilung dieser Serie. Farbwechsel sind in allen Profilen auch auf kleinste Vertikaldistanzen immer wieder zu beobachten, wobei sich das Grau der Mergel je nach Pyritgehalt verdunkelt oder aufhellt. Eine einheitliche Farbveränderung von unten nach oben ist nur insofern festzustellen, als in einigen Profilen ein fortschreitendes Dunklerwerden des Grautones von unten nach oben zu sehen ist, wobei immer wieder «Rückfälle» in frühere «hellere» Sedimentationsphasen auftreten können. Damit entfällt auch die Farbe als zuverlässiges Unterscheidungsmerkmal innerhalb der Amdener Mergel.

Liegendes und Hangendes der Choltal-Schichten und der Amdener Formation

In allen Profilen liegen die Choltal-Schichten bzw. die Amdener Mergel konkordant auf den hauptsächlich hellgrauen, unregelmässig gebankten, z. T. auch knollig wirkenden Seewer Kalken. Einzige Ausnahme bildet das Profil 4 (Flüeli Ranft), bei dem die Amdener Mergel tektonisch diskordant auf den Seewer Kalken liegen. Diese Kalke, für deren ausführliche Beschreibung auf BOLLI (1944) verwiesen wird, sind nach dessen Untersuchungen ins Cenomanian–Coniacian zu stellen. Im Dach der Amdener Mergel finden sich im nördlichen Verbreitungsraum die Bürgen-Schichten oder Nummulitenkalk und -sandsteine (eozänes Alter) und im südlichen Raum die Wang-Formation (oberes Campanian – Maastrichtian).

Die Wang-Schichten, von ESCHER (1878) eingeführt, werden von ihm in Wang-Schiefer (unten) und Wang-Kalke (oben) unterteilt. Bei der Neubearbeitung dieser Formation drängte sich eine neue Gliederung auf (vgl. STACHER, in Vorb.).

In den südlichsten Profilen sowie westlich des Bauen-Gebiets werden die Amdener Mergel nicht mehr – wie in den nördlicheren und östlichen Profilen – von den Wang-Basisschichten (W_0b), sondern von den Wang-Schieferkalken (W_2) überlagert (z. B. Profile Sternengrat und Scheidegg, STACHER). Somit beginnt sich in diesem Raum, mit dem Ausbleiben der Übergangsfazies (W_0b), an der Basis der Wang-Formation eine Schichtlücke auszubilden. Dabei wird diese Schichtlücke zwischen der Wang-Formation und dem Liegenden in südwestlicher Richtung zusehends grösser (Amdener Mergel → Malm, vgl. STACHER, in Vorb.).

IV. Profilbeschreibungen

Einführung

In der mergeligen Oberkreide gestatten die schlechten Aufschlussverhältnisse, die stellenweise starke tektonische Beanspruchung sowie die bereits weit fortgeschrittene postalpine Erosion nur noch lückenhafte Untersuchungen. Profile wurden vorwiegend dort genauer angeschaut, wo sie möglichst vollständig, bzw. wo stratigraphische Kontakte zum Liegenden und Hangenden aufgeschlossen waren. Zusätzlich galt es, möglichst solche Profile zu finden, die auch P. STACHER (in Vorb.) verwenden konnte, was sich allerdings nicht oft mit den erstgenannten Zielsetzungen vereinbaren liess.

Figur 2 zeigt die Lokalisation der aufgenommenen Profile. In Tabelle 2 sind die Koordinaten der aufgeschlossenen Unter- bzw. Obergrenzen sowie die Aufschlussverhältnisse der stratigraphischen Unter- und Obergrenzen aufgeführt. Die Koordinaten sind der Landkarte der Schweiz 1:25 000 entnommen.

Mit Ausnahme vom Profil Rotzloch wurde für alle beschriebenen Profile eine lithostratigraphische Kolonne mit den Karbonatgehalten der Proben sowie den Alters- und Formationsgrenzen gezeichnet. Zu vierzehn Profilen wurde zusätzlich je eine Faunentabelle und ein Faunendiagramm erstellt. Die Faunentabellen zeigen die Verbreitung der einzelnen Arten, während die Diagramme das Häufigkeitsverhältnis der wichtigsten Benthos-Arten innerhalb eines Profiles aufschlüsseln. Zusätzlich ist den Diagrammen der prozentuale Plankton-Anteil sowie der Kalkschaler-Anteil im Benthos zu entnehmen. Im Diagramm wurden für Proben mit weniger als insgesamt 100 ausgezählten Individuen keine Punkte eingetragen. Es handelt sich dabei um sehr faunenarme Proben. Die ungefähre Zahl ausgezählter Individuen ist aus der Faunentabelle ersichtlich.

Die Legende zu den Profilen findet sich auf Seite 18.

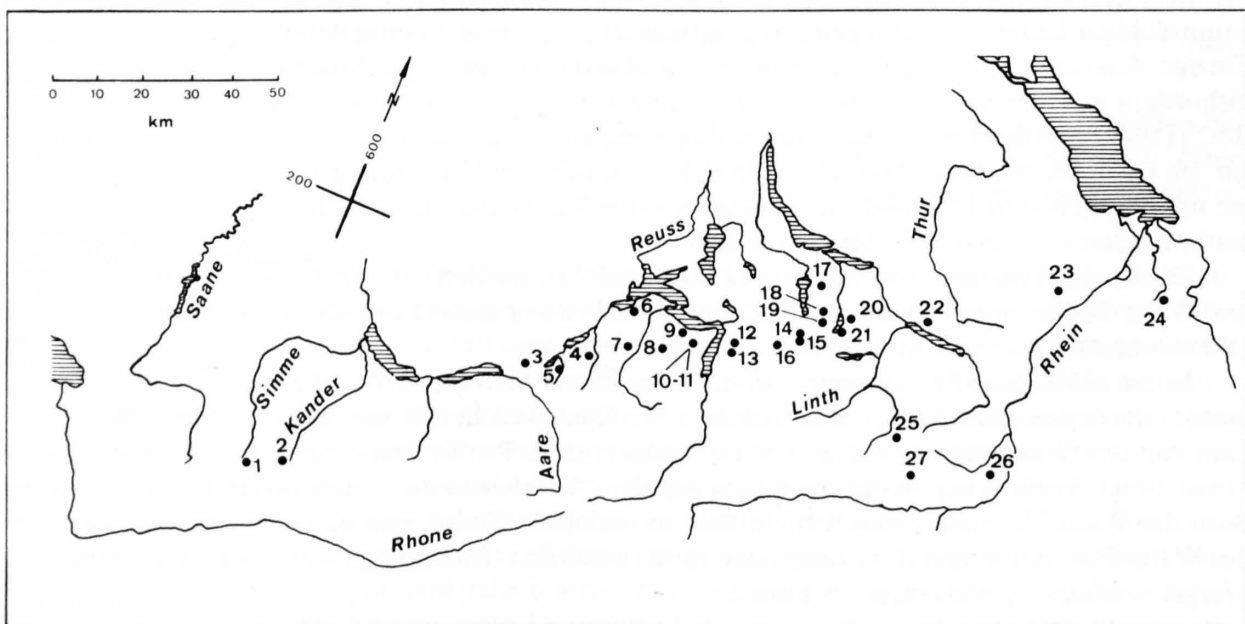


Fig. 2: Situationsskizze der aufgenommenen Profile (siehe Profilliste, Tabelle 2).

Profil 1: Rawilpass

Lokalität: Ca. 50 m W der Mittelstation der Militärseilbahn Iffigenalp (Koordinaten: 600.950/136.920/2420).

Proben: HLa 580–596.

Mächtigkeit: 45 m; unterschiedliche Mächtigkeit in den verschiedenen Schuppen.

Tabelle 2: Liste der untersuchten Profile

Profil-nummer	Lokalität	Koordinaten der Untergrenze	Koordinaten der Obergrenze	stratigraphische Untergrenze	stratigraphische Obergrenze
1	Rawilpass	600 950/136 920/2420	601 040/136 890/2445	+	+
2	Ammertengrat	607 350/142 200/2300		+	-
3	Wilerhorn	650 230/180 910/1745	650 660/180 260/1750	(+)	(-)
4	Flüeli Ranft	663 500/190 570/850	663 570/190 480/870	+	-
5	Kleine Melchaa	658 240/187 210/720	658 160/187 300/690	+	+
6	Rotzloch	668 040/201 640/500		+	-
7	Diegisbalm	671 450/194 640/1010	671 370/194 670/1100	-	+
8	Satteli	678 500/197 025/1720	678 400/197 070/1760	(-)	+
9	Beckenried	679 375/201 410/600	679 425/201 090/790	-	-
10	N des Stierenbaches	682 040/198 530/1165	682 510/198 350/1315	+	+
11	Saum	683 130/198 500/1380	683 200/198 450/1420	+	+
12	Underbäch	692 790/202 120/1635	692 850/202 320/1545	+	-
13	Huserstock	692 500/201 825/1800		+	+
14	Fidisberg	706 250/210 250/1840	706 180/210 200/1900	+	+
15	Schülberg	706 350/209 875/1760	706 050/209 715/1800	+	+
16	Chli Sternen	703 400/206 150/1810	703 370/206 210/1825	+	+
17	Hinter Sattelegg	707 700/219 600/1140		-	-
18	Rotwand	710 810/215 000/1220	710 675/215 000/1270	-	+
19	Fluhbrig	710 650/214 150/1280	711 110/214 325/1110	+	-
20	Bockmattli	714 975/217 900/1420	714 950/218 050/1330	+	-
21	Wägitalersee	712 380/214 250/920		+	-
22	Amden	732 790/224 660/1315	733 370/224 660/1425	+	(-)
23	Ost-Säntis	754 650/240 940/1145	755 050/241 020/1230	+	-
24	Rudachbach	778 100/248 375/1020	779 980/249 000/1240	-	-
25	Elm	734 770/198 580/1405	734 620/198 860/1540	-	+
26	Stelli	755 830/199 390/1830	756 050/199 075/1950	+	(-)
27	Flimserstein	737 930/193 525/2385	737 930/193 575/2400	+	(-)

Legende zu den stratigraphischen Profilen und Faumentabellen

	grob-/feinlaminierter Mergel		parallele Lamination
	Kalkmergel		Lamination
	sandiger Mergel		Schräglamination
	Kalk		Konvolution
	Sandkalk		Mudpebbles, z.T. Phacoide
	Nummulitenkalk u. -sandstein		Bioturbation
	Glaukonitsandstein		Slumpings
	Breccie		Verfaltungen (cm- bis m-Bereich)
	Inoceramen		Druckschieferung
	nicht aufgeschlossen		Mikrobrüche
	Gradierung		tektonischer Kontakt
			Diskontinuitätsfläche

B	Bürgen - Schichten
N	Nummulitenkalk u. -sandstein
WF	Wang - Formation
A F	Amdener Formation
CS	Choltal - Schichten
SK	Seewer Kalk

T	Tertiär
u/o C	unteres/oberes Campanian
u/o S	unteres/oberes Santonian
o K	obere Kreide
Con	Coniacian

	Stensioeina		übriges Benthos
	Globorotalites		Ostracoda
	Gyroidinoides		Dorothisia
	Gavelinella		Arenobulimina
	Lenticulina		Ataxophragmium
			Verneuilininae

Häufigkeit:		0 - 100 ausgezählte Individuen
		100 - 200
		200 - 300
		300 - 500
		500 und mehr

Lithologie: Bei den *Choltal-Schichten* handelt es sich um hellgraue bis graue, sehr harte fleckige Kalkmergel, splittrig oder plattig in 2–3 mm dicke Laminæ zerfallend (HLA 581–586, 587–589). – *Amdener Mergel*: Monotone graue Kalkmergel, vereinzelt mit rostfarbenen Schichtflächen und oxydierten Pyrit-Agglomeraten (HLA 583–586, 590–596). Im untersuchten Profil fanden sich keine sandigen Kalk-Einschaltungen, wie sie LAUBER (1975) aus diesem Gebiet beschreibt. Letzterer bezeichnet sie als «in die Amdenermergel eingelagerte, bis 1 m mächtige Wanglinsen». Die Durchsicht seiner Proben aus den Linsen zeigte, dass sich diese petrographisch ohne weiteres mit den Sandkalk-Einschaltungen aus den Amdener Mergeln der übrigen Profile vergleichen lassen (siehe folgende Profilbeschreibungen). Die von LAUBER beschriebenen Mächtigkeiten der Linsen sind etwas überraschend. Sie stimmen nicht mit den in den übrigen Profilen gemachten

Errata:

Zu "Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz" N.F., 150.Lieferung

Hedwig Oberhänsli-Langenegger (1978): Mikropaläontologische und sedimentologische Untersuchungen in der Amdener Formation (Oberkreide, Helvetische Decken der Schweizer Alpen)

Auf Seite 18 werden in der Legende zu den Stratigraphischen Profilen und Faunentabellen die Signaturen für Lenticulina, Gavelinella und Gyroidinoides wie folgt berichtigt:



Gyroidinoides



Gavelinella



Lenticulina

Beobachtungen (max. 15 cm) überein. Ob die Mächtigkeit nachträglich durch die starke Tektonik in diesem Gebiet verfälscht wurde, muss offengelassen werden.

Fauna: Die Kalkmergel sind zu hart, als dass sich daraus die Faunen isolieren liessen. In den Anschliffen der Proben HLa 580–590 können nur Formen aus der *Globotruncana lapparenti*-Gruppe, *G. bulloides* und *G. angusticarinata* beobachtet werden. In HLa 593 findet sich *G. elevata*.

Alter: HLa 580–590, 591? = Santonian; HLa 592?, 593–596 = unteres Campanian.

Alter	Formation bzw. Glied	Mächtigkeit in Metern	Proben-nummer	Lithologie	Sediment-strukturen	CaCO ₃ -Gehalt
T	N	50 -	596 -			0% 100%
u C		40 -	595 -			
			594 -			
			593 -			
		30 -	592 -			
			591 -			
	AF		590 -			
		20 -	583 -			
S			582 -			
		10 -	589 -			
			588 -			
	CS		587 -			
			581 -			
Con	SK	0 -	580 -			

Fig. 3: Profil 1: Rawilpass (Legende siehe S. 18).

Alter	Formation bzw. Glied	Mächtigkeit in Metern	Proben-nummer	Lithologie	Sediment-strukturen	CaCO ₃ -Gehalt
T	N					0% 100%
		30 -	635 -			
		20 -	636 -			
S	AF		637 -			
		10 -				
			638 -			
	CS (?)					

Fig. 4: Profil 2: Ammertengrat (Legende siehe S. 18).

Profil 2: Ammertengrat

Lokalität: Wildstrubel-Gebiet, SW Engstligenalp (Koordinaten: 607.350/142.200/2300).

Proben: HLa 634, 635–638.

Mächtigkeit: 30 m (wegen der starken Bruchtektonik kann nur ein Teil des Profils aufgenommen werden).

Lithologie: Hellgraue bis graue Kalkmergel, im untersten Teil choltalschichtenartig, splittrig brechend.

Fauna: Auch aus diesen Proben konnte die Fauna nicht isoliert werden und wurde daher im Anschliff bestimmt. Dabei fanden sich *Globotruncana concavata*, *G. linneiana*, *G. lapparenti*, *G. tricarinata*, *G. globigerinoides*.

Alter: Santonian.

Profil 3: Wilerhorn

Bei allen Vorkommen von Amdener Mergeln am Brienzergrat handelt es sich um von N oder S in die Wang-Formation hineingeglittene Schichtpakete.

a) STÄGER 1944: Schichtpaket 2

Lokalität: 250 m WSW Tufengrat, Pkt. 1858 (Koordinaten: 650.230/180.910/1745).

Proben: HLa 742–747.

Mächtigkeit: 5 m.

Lithologie: Teilweise sehr harte hellgraue Kalkmergel, splittrig brechend (dieses kleine Detailprofil ist dem Ammertengrat-Profil sehr ähnlich).

Fauna: Aus den Anschliffen konnten folgende Formen bestimmt werden: *Globotruncana lapparenti*, *G. tricarinata*, *G. linneiana*, *G. carinata* sowie Formen der Gattungen *Lenticulina*, *Gyroidinoides* und der Unterfamilie Verneuulininae.

Alter: Oberes Santonian.

b) STÄGER 1944: Schichtpaket I

Lokalität: 350 m WSW Wilerhorngipfel (Koordinaten: 650.660/180.260/1750).

Proben: HLa 748–754.

Mächtigkeit: 5 m.

Lithologie: Graue, z. T. sehr harte, gegen oben etwas weicher werdende Kalkmergel, mit sporadischen 10 cm mächtigen grauen Kalk-Einschaltungen, splittrig oder plattig brechend. Lithologisch und altersmässig entspricht diese Abfolge den Amdener Mergeln.

Fauna: Von 205 ausgezählten Individuen gehören 87% zu planktonischen und 13% zu den benthonischen Formen. Aus dem Schlämmrückstand von HLa 749 konnten folgende Formen bestimmt werden:

Globotruncana arca

Globotruncana elevata

Globotruncana tricarinata

Globotruncana lapparenti

Globotruncana bulloides

Globotruncana cf. coronata

Sigalia carpatica

Arenobulimina obliqua

Ataxophragmium compactum

Dentalina sp.

Gaudryina cretacea

Gavelinella sp.

Haplophragmoides sp.

Lenticulina muensteri

Tritaxia pyramidata

Ostracoden

Alter: Mit *Globotruncana arca* und *G. elevata* in den Proben HLa 749 und 753 kann dieses Profil ins Campanian gestellt werden.

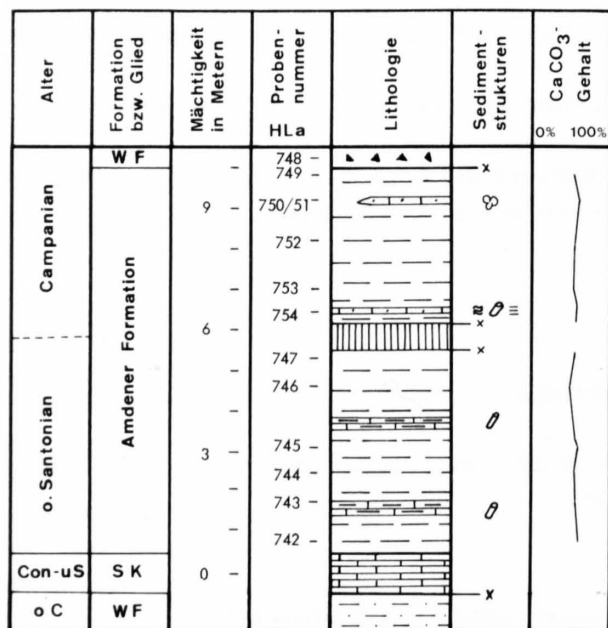


Fig. 5: Profil 3: Wilerhorn (Legende siehe S. 18).

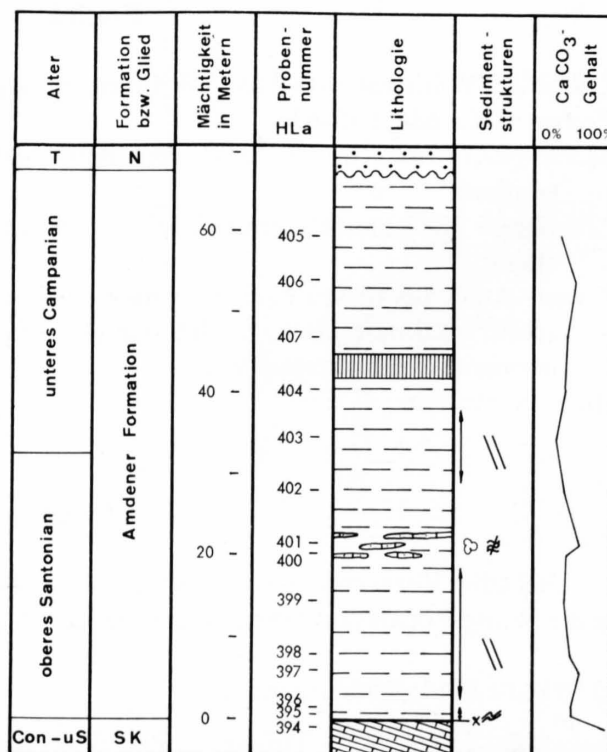


Fig. 6: Profil 4: Flüeli Ranft (Legende siehe S. 18).

Profil 4: Flüeli Ranft

Lokalität: Strassenaufschlüsse S Ranft sowie Bachaufschlüsse (Koordinaten: 663.500/190.570/850).

Proben: HLa 395–407.

Mächtigkeit: Ca. 80 m.

Lithologie: Graue bis bräunliche Mergel (tektonisiert: dunkelgrau), mit linsenförmigen, 10–20 cm langen und 5–10 cm mächtigen Kalk-Einschaltungen, Probe HLa 403 mit vielen Phosphoritresten in den Schlämmrückständen.

Fauna: Nur in HLa 395 und 403 relativ reiche Fauna, die übrigen Proben sind steril oder zeigen nur Kümmerformen.

HLa 395 (Plankton/Benthos-Verhältnis 2:1)

Globotruncana angusticarinata
Globotruncana coronata
Globotruncana carinata
Globotruncana linneiana
Globotruncana tricarinata

Arenobulimina obliqua
Ataxophragmium compactum
Dorothia oxycona
Gaudryina laevigata
Lenticulina muensteri

Praebulimina cf. reussi
Spiroplectammina laevis
Stensioeina exsculpta
Textularia subconica
Tritaxia cf. tricarinata

HLa 403 (Plankton/Benthos-Verhältnis 3:4)

Globotruncana arca
Globotruncana tricarinata
Globotruncana linneiana
Globotruncana lapparenti
Globotruncana carinata
Globotruncana bulloides
Globotruncana stuartiformis
Arenobulimina obliqua
Ataxophragmium compactum
Dorothia oxycona

Dorothia conula
Gaudryina cretacea
Gaudryina (S.) austina
Gavelinella clementiana
Gavelinella costata
Globorotalites subconica
Glomospira charoides
Gyroidinoides globosa
Haplophragmoides cf. rugosa
Heterostomella faveolata

Lenticulina muensteri
Marginulina sp. (Fragment)
Spiroplectammina laevis
Stensioeina exsculpta
Verneuilina limbata
Verneuilina muensteri

In dieser Probe ist ein Teil der Fauna pyritisiert und zeigt teilweise Anlösungserscheinungen.

Alter: HLa 395–402 = oberes Santonian; HLa 403–407 = unteres Campanian.

Profil 5: Kleine Melchaa (Cholplatz)

Lokalität: An der Strasse und im Bach beim Cholplatz (Koordinaten: 658.240/187.210/720).

Proben: HLa 447–463.

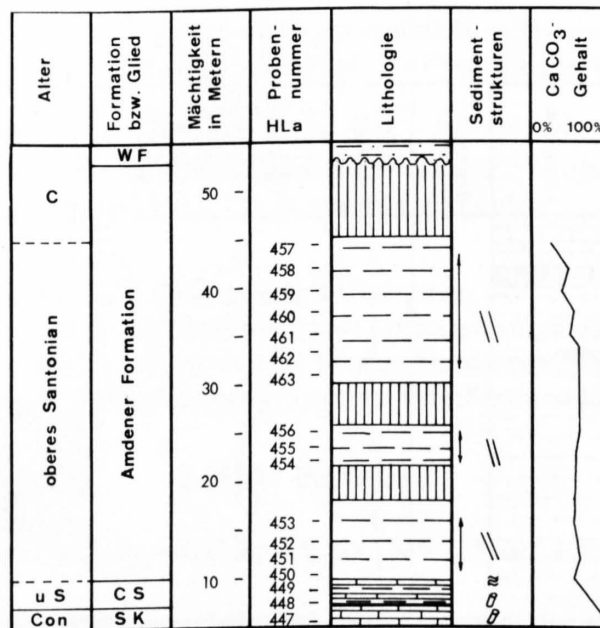


Fig. 7: Profil 5: Kleine Melchaa (Legende siehe S. 18).

Mächtigkeit: Ca. 50 m.

Lithologie: Graue monotone Mergel, selten mit rostigen Schichtflächen, wellig brechend, keine kalkigen Einschaltungen zu beobachten.

Fauna: HLa 449–454 sind zu hart zur Isolierung der Faunen. Die wenigen fossilähnlichen Rückstände können nicht bestimmt werden. In den übrigen Proben finden sich nur seltene *Globotruncana lapparenti*, *Gavelinella* sp., *Lenticulina* sp., *Tritaxia* sp. und *Verneuilina* sp. Probe HLa 460 mit *Globotruncana carinata*.

Alter: Oberes Santonian.

Profil 6: Rotzloch

Lokalität: Im Steinbruch der Rotzloch AG (Koordinaten: 668.040/201.640/500).

Proben: HLa 544–548.

Mächtigkeit: Ca. 40 m.

Lithologie: Sehr kalkige, grau-grünliche *Amdener Mergel* mit dunkleren Schmitzen (Bioturbation), stellenweise mit rostiger Anwitterung. – Nur etwa 5 m *Choltal-Schichten* können ausgeschieden werden. Das Profil wird von tertiären Grünsanden überlagert.

Fauna: Die Fauna, zu 70 bis 80% planktonisch, zeigt den typischen Charakter der Choltal-Schichten und der untersten Amdener Mergel. Sie ist noch artenarm, aber alle bedeutenden Gattungen sind bereits vorhanden. Es sind dies *Gavelinella*, *Ataxophragmium*, *Arenobulimina*, *Dorothia*, *Gaudryina*, *Gyroidinoides*, *Verneuilina*, vereinzelte *Fronicularia* und *Ammodiscus* sowie Ostracoden.

Alter: Obwohl nur *Globotruncana lapparenti*, *G. tricarinata* und *G. angusticarinata*, jedoch keine Leitformen gefunden wurden, kann dieses Profil auf Grund der Faunenvergesellschaftung ins obere Santonian gestellt werden.

Profil 7: Diegisbalm

Lokalität: 400 m N der Endstation Stegmatt–Diegisbalm-Bahn im Tal der Engelberger Aa (Koordinaten: 671.450/194.640/1010).

Proben: HLa 532–542.

Mächtigkeit: Ca. 60 m.

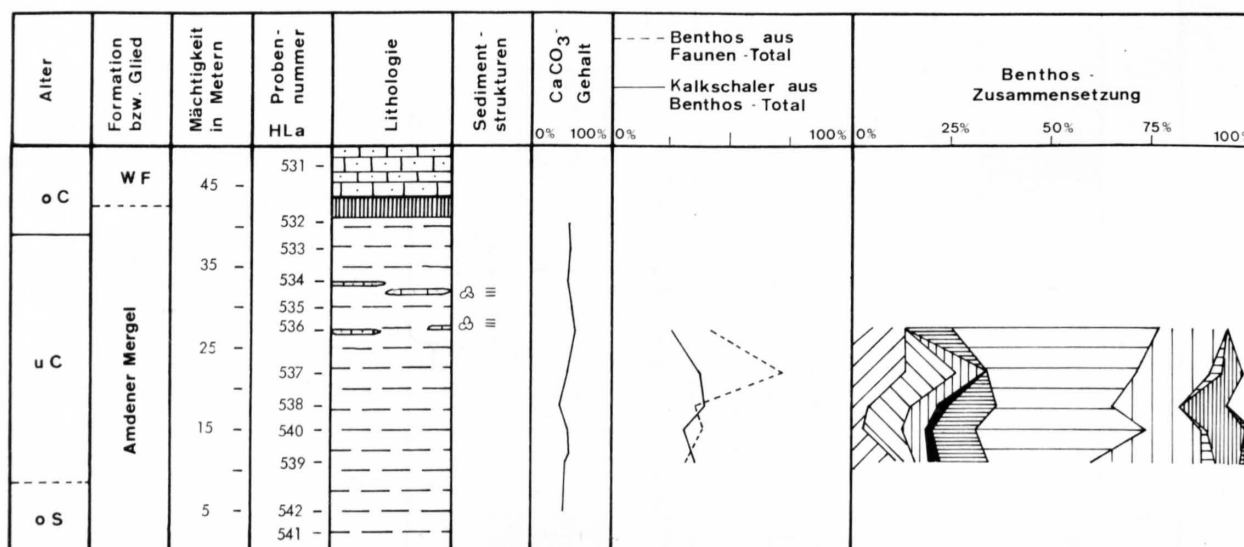


Fig. 8: Profil 7: Diegisbalm (Legende siehe S. 18).

Lithologie: Monotone hellgraue bis graue, rostig anwitternde Mergel, mit 5 cm mächtigen grauen Sandkalk-Einschaltungen. Die Mergel brechen je nach Karbonatgehalt plattig oder schiefrig-splittig.

Fauna: Relativ artenarm, vor allem im oberen Campanian (siehe Diagramm und Faunentabelle, Fig. 8 und 9).

Alter: HLa 542–541 = oberes Santonian; HLa 540–533 = unteres Campanian; HLa 532 = oberes Campanian.

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Karbonatgehalt und Benthos-Anteil negativ korrelierbar;
- Benthos-Anteil und Zahl der benthonischen Kalkschaler positiv korrelierbar;
- Kalkschaler- bzw. Benthos-Maximum im unteren Campanian.

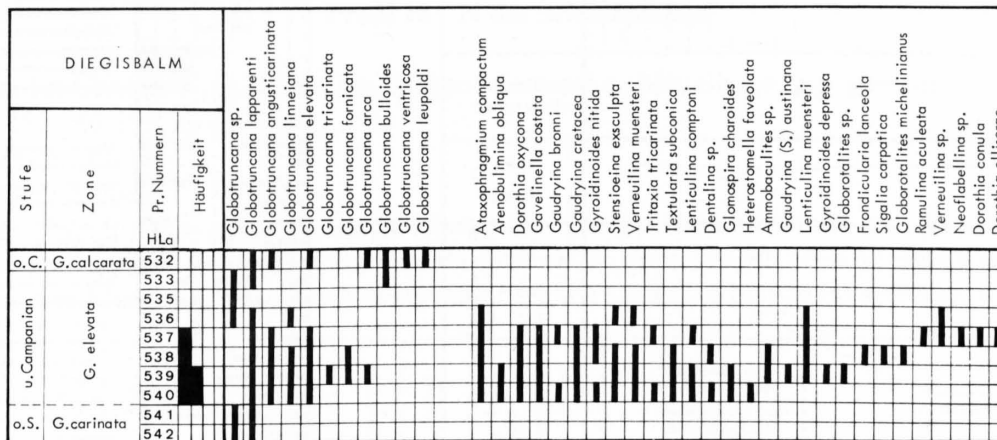


Fig. 9: Faunentabelle Diegisbalm (Legende siehe S. 18).

Profil 8: Satteli

Lokalität: Ca. 500 m NNE der Brisenhütte (Koordinaten: 678.500/197.025/1720).

Proben: HLa 721–729.

Mächtigkeit: 20 m.

Lithologie: Graubräunliche Mergel, gegen oben grau gelblich, z. T. rostig anwitternd, wellig brechend, keine Kalkbänke, bei Probe 727 limonitisierte «Pyritröhren» von 1 cm Durchmesser und ca. 10–15 cm Länge.

Fauna: Siehe Faunentabelle und Faunendiagramm.

Alter: HLa 729 = Übergang unteres/oberes Santonian; HLa 727 = oberes Santonian; HLa 726–724 = unteres Campanian; HLa 723–721 = oberes Campanian.

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Benthos-Anteil und Kalkschaler-Zahl positiv korrelierbar;
- Kalkschaler-Maximum im oberen Santonian und unteren Campanian;
- im Vergleich zu den anderen Profilen sind die Verneuillinae vor allem im Santonian untervertreten, dafür ist die Gattung *Gyroidinoides* in diesem Profil während des Santonian sehr individuenreich.

Profil 9: Beckenried

Lokalität: Im Mühlebach, E Beckenried (Koordinaten: 679.375/201.410/600).

Proben: HLa 336–380.

Mächtigkeit: Eine Mächtigkeit kann nicht angegeben werden, weil die Amdener Mergel sehr stark mit tertiären Globigerinenmergeln und Grünsanden verschuppt sind.

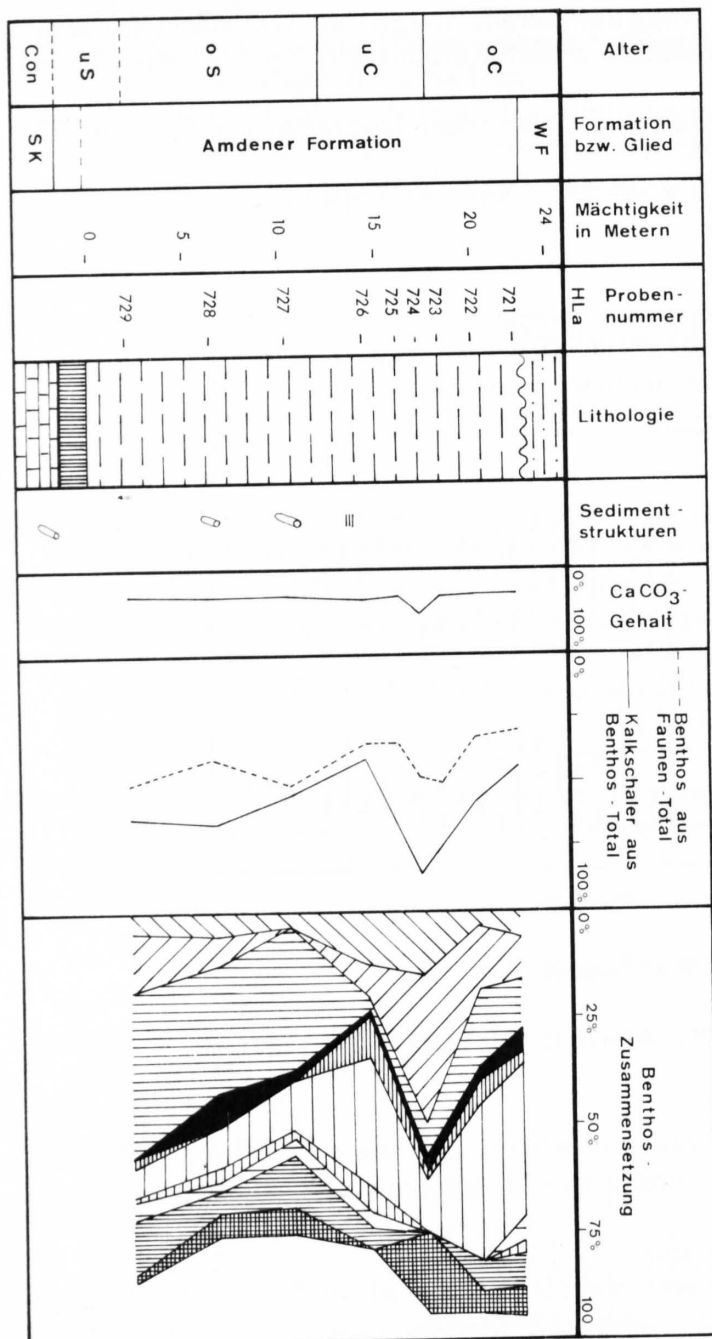


Fig. 10: Profil 8: Satteli (Legende siehe S. 18).

SATELLI			
Stufe	Zone	Pr. Nummern	Häufigkeit
o C	G. col carola	721 722 723	
u C	G. elevata	724 725 726	
o S	G. corinata	727 728 729	
Hedbergella sp. Heterohelix reussi Globotruncana angusticarinata Globotruncana tricarinata Globotruncana linneiana Globotruncana lapparenti Globotruncana fornicata Globotruncana bulloides Globotruncana primitiva Globotruncana carinata Globotruncana elevata Globotruncana globigerinoides Globotruncana arca Globotruncana ventricosa Rugoglobigerina cf. rugosa Ataxophragmium compactum Arenobulimina obliqua Dorothia oxycona Dorothia conula Gavelinella costata Gyroidinoides globosa Gyroidinoides nitida Stensioeina exculpta Verneuilina muensteri Verneuilina cretosa Tritaxia tricarinata Tritaxia pyramidata Lenticulina pondi Lenticulina (S.) jarvisi Lenticulina muensteri Dentalina sp. Haplophragmoides excavata Cribrostomoides trinitatis Lituotuba lituiformis Marginulina austriana Marginulina curvatura Citharella becksi Neoflabellina deltoidea Allomorphina trachoides Heterostomella leopoldiana Triplasia murichsoni Spiroplectammina laevis Gaudryina laevigata Osangularia cordieriana Ramulina aculeata Lenticulina rotulata Globorotalites michelinianus Globorotalites subconicus Gaudryina cretacea Gaudryina bronni Gavelinella clementiana Dorothia ellisorae Ammobaculites caprolithiformis Bolivina explicata Stensioeina pommerana Sigalia decoratissima Haplophragmoides kirki Glomospira charoides Bathysiphon sp. Gaudryina (S.) austriana Ammodiscus cretacea Verneuilina limbata Arenobulimina d'orbigny Gavelinella henbesti Neoflabellina rugosa Marginulina sp. Lenticulina comptoni Verneuilina sp. Globorotalites sp. Frondicularia sp. Neoflabellina sp. Heterostomella sp. Gyroidinoides globosa			

Fig. 11: Faunentabelle Satteli (Legende siehe S. 18).

Fauna: Die Faunen sind kärglich und ziemlich schlecht erhalten. In allen Proben finden sich nur die üblichen planktonischen und benthonischen Durchläufer:

<i>Globotruncana lapparenti</i>	<i>Ramulina aculeata</i>
<i>Globotruncana tricarinata</i>	<i>Dorothia oxycona</i>
<i>Globotruncana angusticarinata</i>	<i>Dorothia conula</i>
<i>Globotruncana fornicata</i>	<i>Gavelinella costata</i>
<i>Ataxophragmium compactum</i>	<i>Globorotalites michelinianus</i>
<i>Dentalina</i> sp.	<i>Lenticulina muensteri</i>

Alter: HLa 357 mit *Globotruncana primitiva* = Übergang unteres/oberes Santonian; HLa 354 mit *G. carinata* = oberes Santonian; HLa 336 mit *G. carinata* und *G. elevata* sowie *Gavelinella clementiana* = unterstes Campanian.

Profil 10: N des Stierenbaches

Lokalität: Im Choltal S Emmetten, im Bachtobel zwischen Mittelbach und Stierenbach (Koordinaten: 682.040/198.530/1165).

Proben: HLa 120–185.

Mächtigkeit: 220 m.

Lithologie: Für die lithologische Beschreibung der *Choltal-Schichten* wird auf Abschnitt III und Figur 1 verwiesen. – *Amdener Mergel*: Hauptsächlich graue, gegen oben dunkler werdende feinelaminierte Mergel, je nach Karbonatgehalt brechen sie wellig-plattig bis splittrig. In den unter-

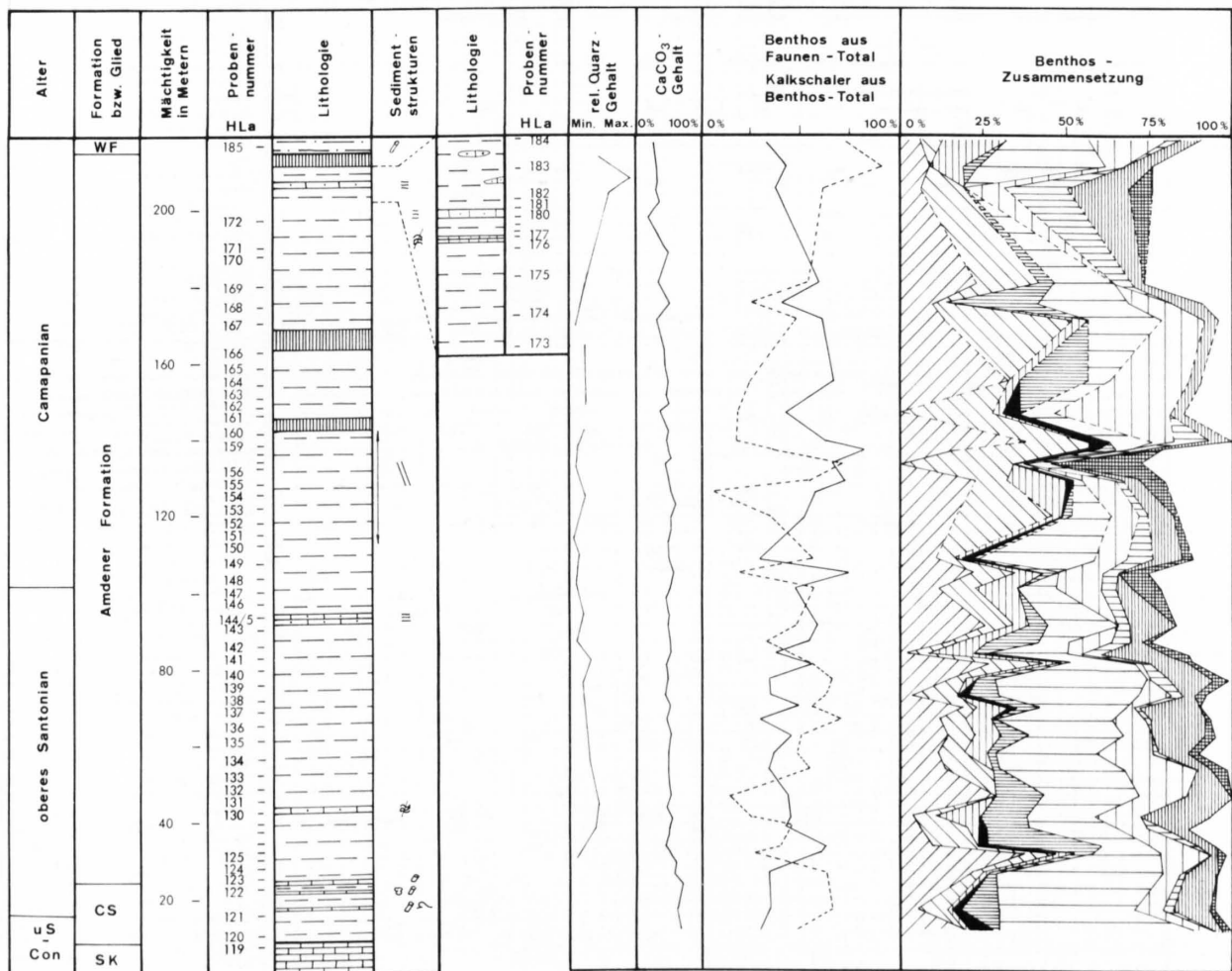


Fig. 12: Profil 10: N des Stierenbaches (Legende siehe S. 18).

[illegible]

Fig. 13: Faunentabelle N des Stierenbaches (Legende siehe S. 18).

sten, noch helleren und leicht kalkigeren Partien (ca. 15 m) treten Frassspuren und Nester von Schalenrümern öfters auf. Dunkelgraue, gelblich anwitternde Sandkalkbänke finden sich vor allem im oberen Santonian und oberen Teil des Campanian. Der relative Quarzgehalt nimmt innerhalb der Amdener Mergel gegen die Wang-Formation zu.

Fauna: Die Fauna ist, mit einigen Ausnahmen, durchwegs schlecht erhalten. Als Besonderheit finden sich in HLa 136 und 137 grosse Lenticulinen und Verneuulinen (bis zu einigen Millimetern gross).

Alter: HLa 121 = Übergang unteres/oberes Santonian; HLa 122–147 = oberes Santonian; HLa 148–185 = Campanian. Eine Unterteilung des Campanian ist wegen der kärglichen und schlecht erhaltenen Fauna nicht möglich. Bis weit ins Campanian hinauf finden sich aufgearbeitete *Globotruncana concavata*. Möglicherweise sind sogar die *Globotruncana carinata* im unteren Teil des Campanian stellenweise aufgearbeitet.

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Im unteren Teil ist die Kalkschaler-Zahl negativ mit dem Benthos-Anteil korreliert;
- im oberen Teil zeigt sich eine positive Korrelation zwischen der Kalkschaler-Zahl und dem Benthos-Anteil;
- Kalkschaler-Maxima im unteren Obersantonian, im obersten Santonian, im unteren Campanian sowie im oberen Teil des Campanian;
- Zusammenhänge zwischen den Karbonatsgehalts-Kurven und den Faunenverteilungen finden sich nicht;
- Verneuulininae sind stellenweise im Campanian aussergewöhnlich selten.

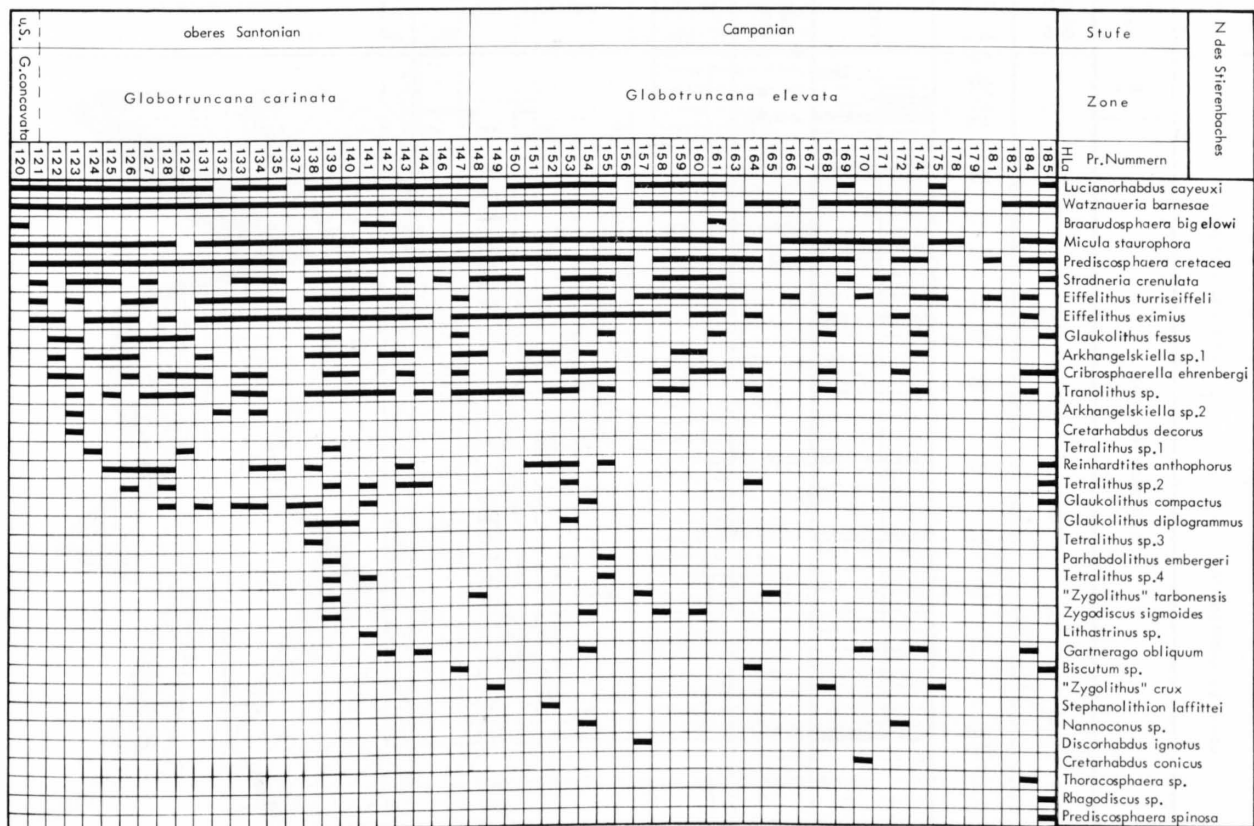


Fig. 14: Verbreitungstabelle des Nannoplanktons im Profil 10: N des Stierenbaches.

Profil 11: Saum

Lokalität: Das Profil Saum liegt ca. 1 km N des Profils «N Stierenbach» (Nr. 10). In diesem tektonisch ungestörten Profil wurden zusätzliche Proben gesammelt, um besser erhaltene Faunen aus diesem Faziesbereich vom Übergang unteres/oberes Campanian untersuchen zu können (Koordinaten: 683.130/198.500/1380).

Proben: HLa 318–334.

Mächtigkeit: Ca. 175 m.

Lithologie: Die im lithologischen Profil eingezeichneten Mergelkalke – im Feld von weitem als Kalkbänke herauswitternd – zerfallen beim Anschlagen wie die sie umgebenden bräunlich-grauen Mergel in feine Lamellen.

Fauna: Ziemlich artenarm.

Alter: HLa 334–330 = unteres Campanian; HLa 329–318 = oberes Campanian.

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Benthos-Anteil und Zahl der benthonischen Kalkschaler positiv korrelierbar;
- Benthos-Anteil mit Karbonatgehalt negativ korrelierbar (schwache Tendenz);
- Kalkschaler-Maxima im unteren und oberen Campanian;
- die Menge der Verneulininae variiert wie im Profil N des Stierenbaches (Fig. 12) auch an dieser Lokalität sehr stark.

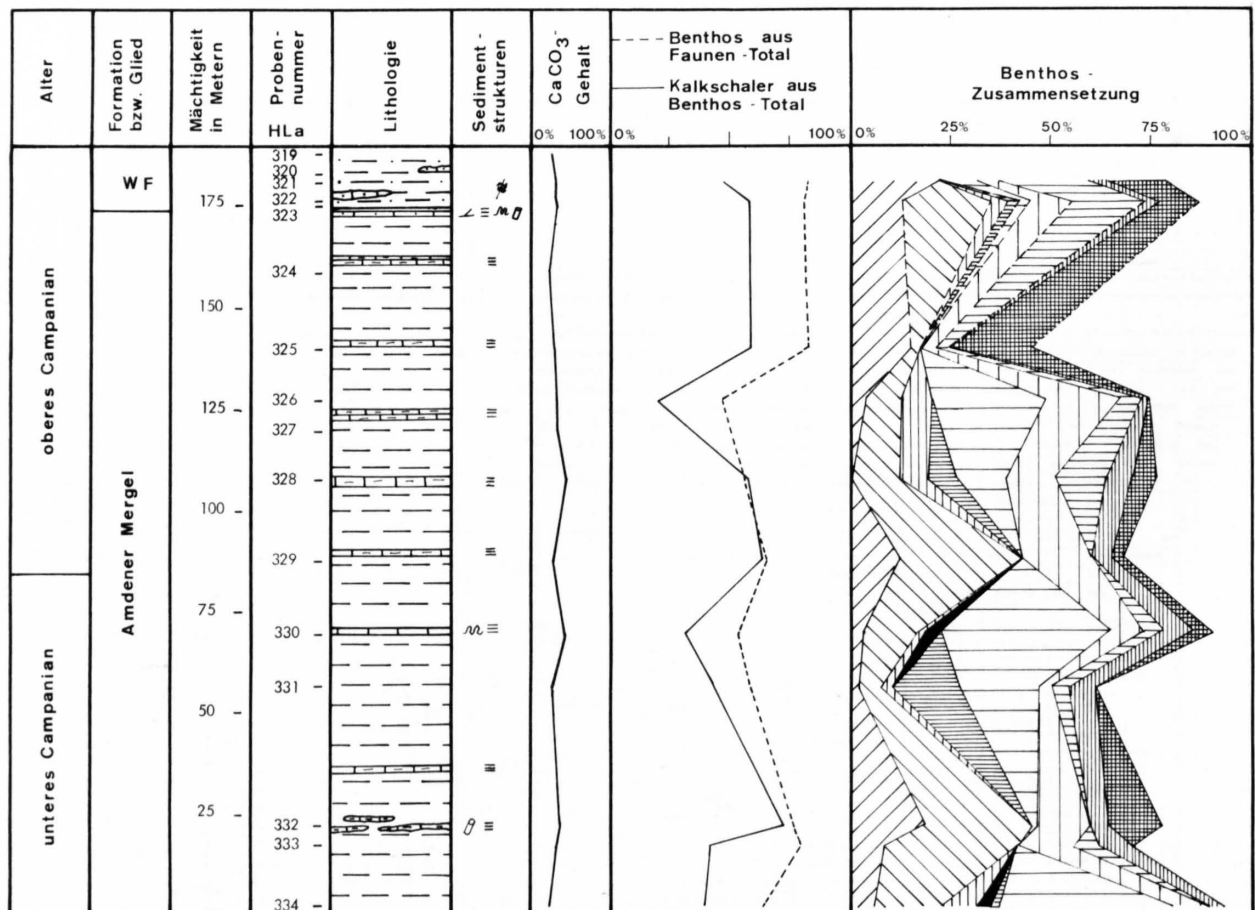


Fig. 15: Profil 11: Saum (Legende siehe S. 18).

u. Campanian		o. Campanian		Stufe	SAUM
G.elevata		G.calcarata		Zone	
334	333	332	331	Pr. Nummern	
330	329	328	327	Häufigkeit	
				Hls	Globotruncana tricarinata
					Globotruncana linneiana
					Globotruncana lapparenti
					Globotruncana fornicata
					Globotruncana bulloides
					Globotruncana carinata
					Globotruncana arca
					Rugoglobigerina rugosa
					Globotruncana globigerinoides
					Globotruncana elevata
					Heterohelix reussi
					Globotruncana ventricosa
					Globotruncana stuartiformis
					Ataxophragmium compactum
					Arenobulimina obliqua
					Dorothia oxycona
					Dorothia conula
					Gavelinella henbesti
					Gavelinella costata
					Gavelinella clementiana
					Gaudryina bronni
					Globorotalites michelinianus
					Gyroidinoides depressa
					Gyroidinoides nitida
					Stensioeina exsculpta
					Verneuilina limbata
					Tritaxia tricarinata
					Lenticulina muensteri
					Heterostomella austriana
					Ammodiscus cretacea
					Gaudryina laevigata
					Bathysiphon sp.
					Reophax sp.
					Heterostomella faveolata
					Allomorphina trochoides
					Haplophragmoides rugosa
					Cribratostomoides trinitatis
					Haplophragmoides eggeri
					Hyperammina sp.
					Ammobaculites sp.
					Ramulina aculeata
					Lenticulina rotulata
					Textularia subconica
					Dorothia ellisorae
					Arenobulimina d'orbigny
					Lenticulina pondi
					Lenticulina (S.) jarvisi
					Nodosaria sp.
					Spiroplectamina laevis
					Valvulineria sp.
					Conorbina cf. marginata
					Haplophragmoides excavata
					Trochammina sp.
					Gaudryina cretacea
					Lenticulina sp.
					Dentalina sp.
					Heterostomella leopolitana
					Pullenia coryelli
					Lenticulina (A.) elongata
					Præbulimina reussi
					Neoflabellina rugosa
					Neoflabellina sp.
					Triplasia murichsoni
					Lenticulina comptoni
					Verneuilina sp.
					Marginulina sp.
					Bolivinaopsis rosula
					Verneuilina cretosa
					Glaospira charoides
					Pullenia minuta
					Stensioeina pommerana

Fig. 16: Faunentabelle Saum (Legende siehe S. 18).

Profil 12: Unterbäch

Lokalität: 1,650 km S Stoos (Koordinaten: 692.790/202.120/1635).

Proben: HLa 381–393.

Mächtigkeit: Ca. 35 m.

Lithologie: Die Choltal-Schichten sind 4–6 m mächtig; Wechsellagerung zwischen hellgrauen, kalkigen Mergeln und seewerkalkähnlichen Bänken. – In den grauen bis graubraunen Amdener Mergeln finden sich im oberen Teil seewerkalkähnliche Gerölleinschlüsse (\varnothing bis 20 cm), vereinzelt auch graue kieselige Kalkgerölle. Weiter können, wenn auch selten, die üblichen Sandkalkbänke (vgl. übrige Profile) beobachtet werden.

Fauna: Relativ individuenreich, im Campanian aufgearbeitete *Globotruncana concavata* und *G. carinata*. Die aufgearbeiteten Seewerkalk-Gerölle (HLa 390) zeigen im Anschliff *Globotruncana lapparenti*, *G. linneiana*, *G. tricarinata*, *G. bulloides*, *G. concavata*.

Alter: HLa 381–383 = oberes Santonian; HLa 384–389 und 391–393 = unteres Campanian; HLa 390 = oberes Coniacian / unteres Santonian (Gerölle, welche in untercampane Amdener Mergel eingelagert sind).

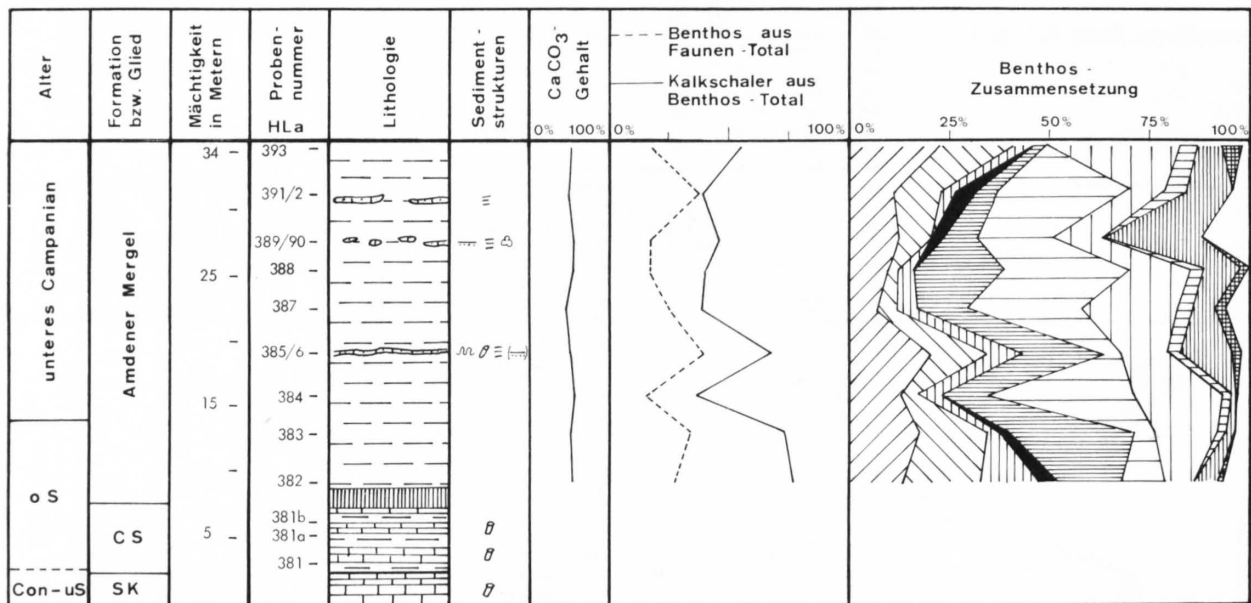


Fig. 17: Profil 12: Unterbäch (Legende siehe S. 18).

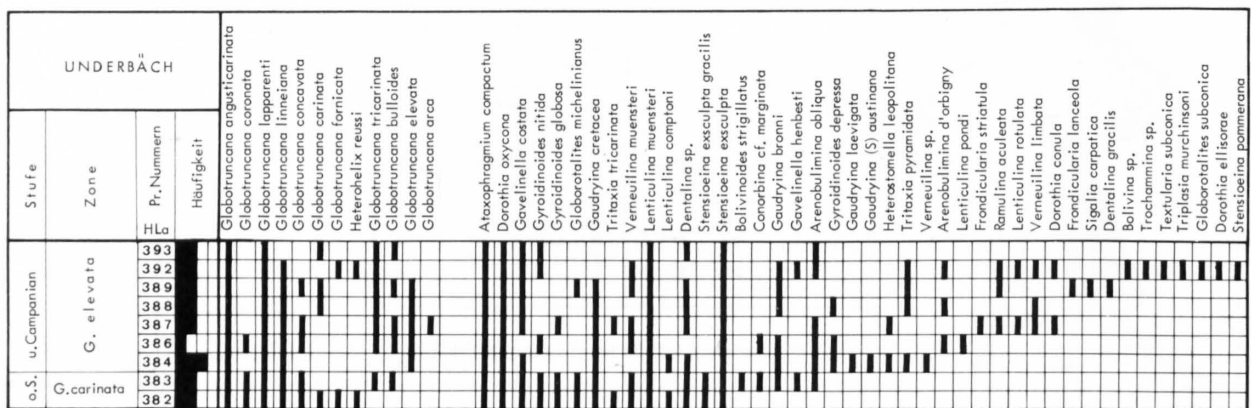


Fig. 18: Faunentabelle Unterbäch (Legende siehe S. 18).

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Benthos-Anzahl positiv mit den benthonischen Kalkschalern korrelierbar;
- Kalkgehalt und Benthos-Anteil: negative Korrelation;
- Kalkschaler-Maxima im oberen Santonian, unteren Campanian und oberen Teil des unteren Campanian.

Profil 13: Huserstock

Lokalität: 0,7 km SW Alp Unterbäch (Profil 12) (Koordinaten: 692.500/201.825/1800).

Proben: HLa 500–509.

Mächtigkeit: 30 m.

Lithologie: Monotone graubräunliche Mergel ohne siltige Einschaltungen; die Choltal-Schichten fehlen.

Fauna: Benthos-Zusammensetzung vergleichbar mit derjenigen aus Profil Unterbäch, jedoch keine Aufarbeitung von unterem bzw. oberem Santonian festzustellen.

Alter	Formation bzw. Glied	Mächtigkeit in Metern	Proben- nummer HLa	Lithologie	Sediment- strukturen	CaCO ₃ - Gehalt	
						0%	100%
o C	W F	30 -	501 -				
			500 -				
		20 -	502 -				
			503 -				
			504 -				
			505 -				
		10 -	506 -				
			507 -				
			508 -				
		5 -	509 -				
Con-uS	SK		510 -		x?		

Fig. 19: Profil 13: Huserstock (Legende siehe S. 18).

Alter: HLa 509–506 = oberes Santonian, mit *Globotruncana bulloides*, *G. angusticarinata*, *G. fornicata*, *G. carinata*, *G. linneiana*, *G. tricarinata*. HLa 505–500 = unteres Campanian, mit *Globotruncana arca*, *G. angusticarinata*, *G. carinata*, *G. coronata*, *G. fornicata*, *G. linneiana*, *G. stuartiformis*.

Profil 14: Fidisberg

Lokalität: Im Pässchen zwischen Fidisberg und Biet (Koordinaten: 706.250/210.250/1840).

Proben: HLa 210–232, 654–652.

Mächtigkeit: 40 m.

Lithologie: Monotone graue Mergel, gegen oben dunkelgrau werdend, mit äusserst seltenen 1–2 cm mächtigen Kalkbänklein; Mergel unten hart und splittrig, gegen oben sehr tonig und daher feinblättrig.

Fauna: Im unteren Teil sehr spärlich.

Alter: HLa 210–228 = oberes Santonian; HLa 229–654 = unteres Campanian; HLa 653–652 = oberes Campanian. Die Grenzziehung zwischen Santonian und Campanian ist fraglich, doch konnte kein früheres Auftreten der einkieligen Globotruncanen nachgewiesen werden.

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Die benthonischen Kalkschaler werden relativ zahlreich, sobald der absolute Benthos-Anteil steigt;
- der Benthos-Anteil ist negativ mit dem Kalkgehalt korrelierbar;
- Kalkschaler-Maxima im unteren Obersantonian, oberem Obersantonian und im unteren Campanian;
- in diesem Profil sind die Ataxophragmiinae ungewöhnlich häufig;
- *Gyroidinoides* und *Globorotalites* treten erst in den jüngsten Proben auf;
- Benthos-Anteil steigt im obersten Teil der Amdener Mergel, kurz vor dem Einsetzen der Wang-Fazies, sprunghaft an.

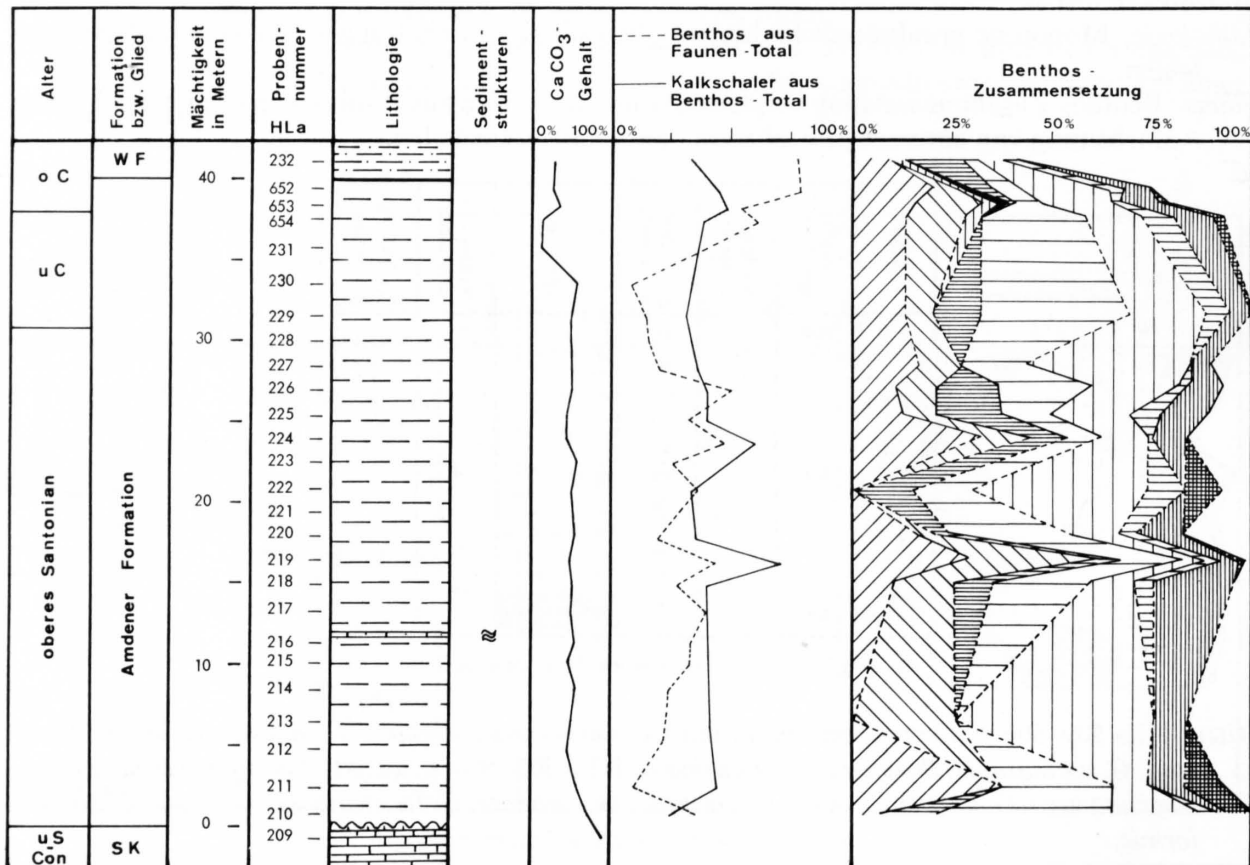


Fig. 20: Profil 14: Fidisberg (Legende siehe S. 18).

Profil 15: Schülberg

Lokalität: Im Pässchen zwischen Schülberg und Fidisberg (Koordinaten: 706.350/209.875/1760).

Proben: HLa 660–667, 755–784.

Mächtigkeit: 160 m.

Lithologie: Von unten nach oben können folgende Farbveränderungen in den Mergeln beobachtet werden: hellgrau–grau–bräunlichgrau; hellgraue Partien oft fleckig (auf Bioturbation zurückzuführen); viele 10 cm bis 1 m lange und 10–15 cm mächtige, linsenförmige oder knollige, sandige Kalk-Einschaltungen, z. T. Phacoide, seltener Bänke, letztere sind über 10 bis 50 m zu ver-

oberes Santonian		u. C.	o. C.	Stufe		FIDISBERG
Globotruncana carinata		G. elevata	G. calcarata	Zone		
		230	654	Pr. Nummern	Häufigkeit	
232				232		Globotruncana angusticarinata
652				652		Globotruncana tricarinata
653				653		Globotruncana coronata
654				654		Globotruncana lapparenti
						Globotruncana linneiana
						Heterohelix reussi
						Globotruncana concavata
						Globotruncana carinata
						Globotruncana fornicata
						Globotruncana bulloides
						Globotruncana cf. renzi
						Globotruncana globigerinoides
						Globotruncana stuartiformis
						Globotruncana arca
						Globotruncana ventricosa
						Globotruncana leupoldi
						Rugoglobigerina rugosa
						Globotruncana cf. contusa
						Ataxophragmium compactum
						Arenobulimina obliqua
						Dorothia oxycona
						Gaudryina laevigata
						Gaudryina sp.
						Tritaxia tricarinata
						Verneuilina muensteri
						Verneuilina sp.
						Lenticulina muensteri
						Stensioeina exsculpta gracilis
						Dentalina sp.
						Lenticulina comptoni
						Tritaxia pyramidata
						Gavelinella costata
						Bathysiphon sp.
						Lituotuba lituiformis
						Frondicularia archiaciana
						Frondicularia lanceola
						Verneuilina limbata
						Spiroplectammina navarroana
						Haplophragmoides excavata
						Arenobulimina d'orbigny
						Stensioeina exsculpta
						Reophax sp.
						Ammodiscus cretacea
						Arenobulimina sp.
						Gaudryina cretacea
						Dorothia conula
						Verneuilina cretosa
						Spiroplectammina laevis
						Neoflabellina ovalis
						Dentalina gracilis
						Haplophragmoides sp.
						Ammobaculites sp.
						Haplophragmoides kirki
						Bulimina sp.
						Trochammina sp.
						Ramulina aculeata
						Gaudryina bronni
						Gyroidinoides nitida
						Stensioeina pommerana
						Gavelinella clementiana
						Gavelinella henbesti
						Dorothia ellisorae
						Gyroidinoides globosa
						Globorotalites michelinianus
						Gaudryina (S.) austiniana
						Heterostomella leopolitana
						Triplasia murichsoni
						Spiroplectammina senona
						Conorbina cf. marginata
						Osangularia cordieriana
						Lituola sp.
						Bolivinaopsis rosula
						Nodosaria sp.
						Hyperammina sp.
						Glomospira charoides
						Lenticulina (A.) elongata
						Gavelinopsis eriksdalensis
						Pullenia cretacea
						Allomorphina trochoides
						Reophax texanus
						Lenticulina rotulata
						Haplophragmoides rugosa
						Eggerella sp.
						Cribrostomoides trinitatis

Fig.21: Faunentabelle Fidisberg (Legende siehe S. 18).

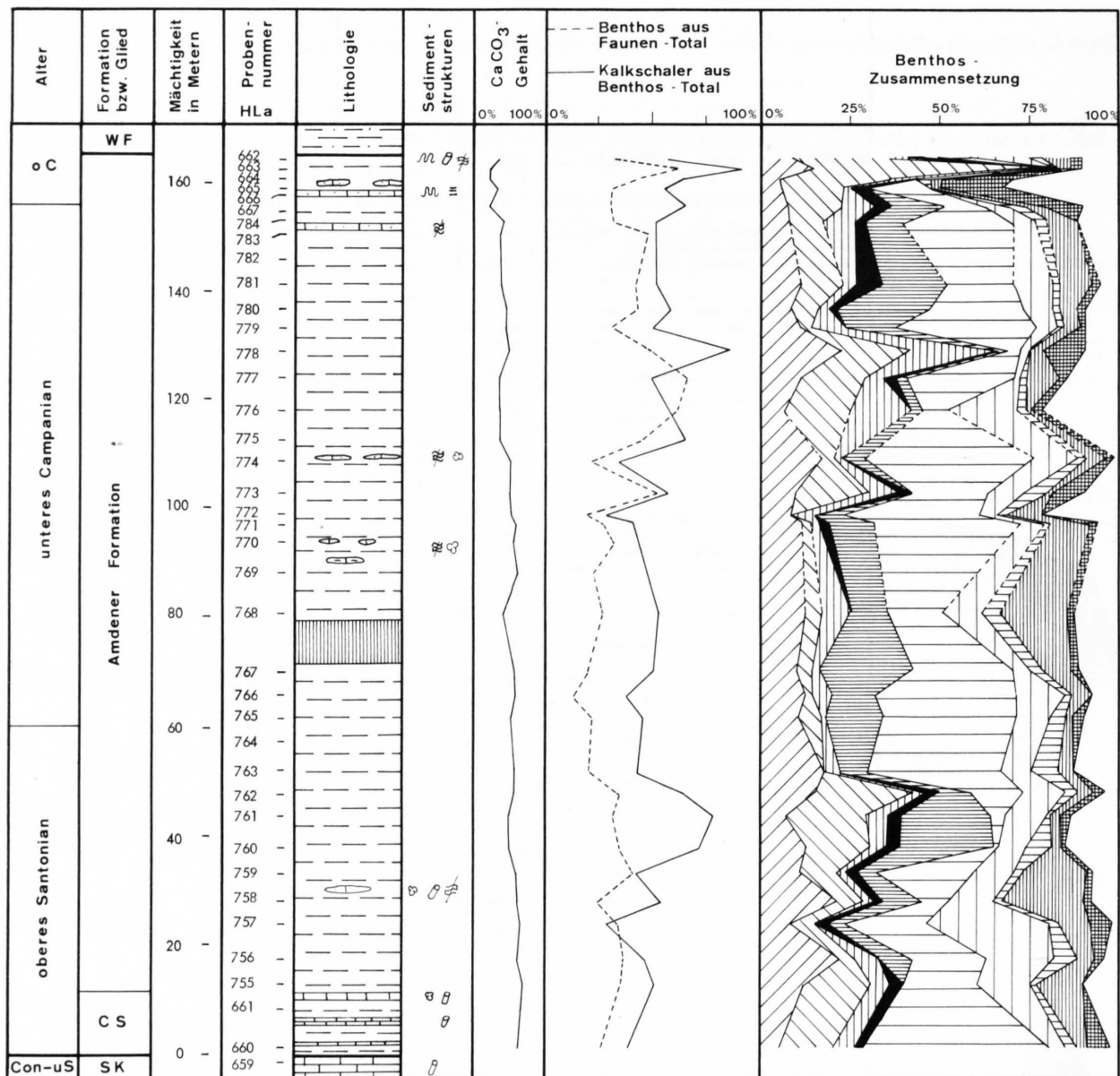


Fig. 22: Profil 15: Schülberg (Legende siehe S. 18).

folgen. Im Schutt finden sich Handstücke mit Longitudinal Ridges und Load Casts, während diese Strukturen nirgends im Anstehenden zu beobachten waren.

Fauna: Die Proben aus diesem Profil lieferten die besterhaltenen Faunen, die zugleich ausserordentlich arten- und individuenreich sind.

Alter: HLa 660–764 = oberes Santonian; HLa 765–667 = unteres Campanian; HLa 665–662 = oberes Campanian.

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Benthos-Anteil positiv korrelierbar mit der Anzahl der benthonischen Kalkschaler;
- Kalkgehalt und Benthos-Anteil negativ korreliert;
- Kalkschaler-Maxima im oberen Santonian, oberen Untercompanionian und oberen Campanian;
- die Verneuulininae verschwinden fast im oberen Untercompanionian, dafür tritt *Gavelinella* in grossen Mengen auf.

SCHÜLBERG	Stufe		a, C	unteres Campanian		oberes Santonian		
	Zone			Globotruncana elevata		G. carinata		
	Pr. Nummern	Häufigkeit						
	662		663	664	665	666	667	
	668		669	670	671	672	673	
	674		675	676	677	678	679	
	680		681	682	683	684	685	
	686		687	688	689	690	691	
	692		693	694	695	696	697	
	698		699	700	701	702	703	
	704		705	706	707	708	709	
	710		711	712	713	714	715	
	716		717	718	719	720	721	
	722		723	724	725	726	727	
	728		729	730	731	732	733	
	734		735	736	737	738	739	
	740		741	742	743	744	745	
	746		747	748	749	750	751	
	752		753	754	755	756	757	
	758		759	760	761	762	763	
	764		765	766	767	768	769	
	770		771	772	773	774	775	
	776		777	778	779	780	781	
	782		783	784	785	786	787	
	788		789	790	791	792	793	
	794		795	796	797	798	799	
	800		801	802	803	804	805	
	806		807	808	809	810	811	
	812		813	814	815	816	817	
	818		819	820	821	822	823	
	824		825	826	827	828	829	
	830		831	832	833	834	835	
	836		837	838	839	840	841	
	842		843	844	845	846	847	
	848		849	850	851	852	853	
	854		855	856	857	858	859	
	860		861	862	863	864	865	
	866		867	868	869	870	871	
	872		873	874	875	876	877	
	878		879	880	881	882	883	
	884		885	886	887	888	889	
	890		891	892	893	894	895	
	896		897	898	899	900	901	
	902		903	904	905	906	907	
	908		909	910	911	912	913	
	914		915	916	917	918	919	
	920		921	922	923	924	925	
	926		927	928	929	930	931	
	932		933	934	935	936	937	
	938		939	940	941	942	943	
	944		945	946	947	948	949	
	950		951	952	953	954	955	
	956		957	958	959	960	961	
	962		963	964	965	966	967	
	968		969	970	971	972	973	
	974		975	976	977	978	979	
	980		981	982	983	984	985	
	986		987	988	989	990	991	
	992		993	994	995	996	997	
	998		999	1000	1001	1002	1003	
	1004		1005	1006	1007	1008	1009	
	1010		1011	1012	1013	1014	1015	
	1016		1017	1018	1019	1020	1021	
	1022		1023	1024	1025	1026	1027	
	1028		1029	1030	1031	1032	1033	
	1034		1035	1036	1037	1038	1039	
	1040		1041	1042	1043	1044	1045	
	1046		1047	1048	1049	1050	1051	
	1052		1053	1054	1055	1056	1057	
	1058		1059	1060	1061	1062	1063	
	1064		1065	1066	1067	1068	1069	
	1070		1071	1072	1073	1074	1075	
	1076		1077	1078	1079	1080	1081	
	1082		1083	1084	1085	1086	1087	
	1088		1089	1090	1091	1092	1093	
	1094		1095	1096	1097	1098	1099	
	1100		1101	1102	1103	1104	1105	
	1106		1107	1108	1109	1110	1111	
	1112		1113	1114	1115	1116	1117	
	1118		1119	1120	1121	1122	1123	
	1124		1125	1126	1127	1128	1129	
	1130		1131	1132	1133	1134	1135	
	1136		1137	1138	1139	1140	1141	
	1142		1143	1144	1145	1146	1147	
	1148		1149	1150	1151	1152	1153	
	1154		1155	1156	1157	1158	1159	
	1160		1161	1162	1163	1164	1165	
	1166		1167	1168	1169	1170	1171	
	1172		1173	1174	1175	1176	1177	
	1178		1179	1180	1181	1182	1183	
	1184		1185	1186	1187	1188	1189	
	1190		1191	1192	1193	1194	1195	
	1196		1197	1198	1199	1200	1201	
	1202		1203	1204	1205	1206	1207	
	1208		1209	1210	1211	1212	1213	
	1214		1215	1216	1217	1218	1219	
	1220		1221	1222	1223	1224	1225	
	1226		1227	1228	1229	1230	1231	
	1232		1233	1234	1235	1236	1237	
	1238		1239	1240	1241	1242	1243	
	1244		1245	1246	1247	1248	1249	
	1250		1251	1252	1253	1254	1255	
	1256		1257	1258	1259	1260	1261	
	1262		1263	1264	1265	1266	1267	
	1268		1269	1270	1271	1272	1273	
	1274		1275	1276	1277	1278	1279	
	1280		1281	1282	1283	1284	1285	
	1286		1287	1288	1289	1290	1291	
	1292		1293	1294	1295	1296	1297	
	1298		1299	1300	1301	1302	1303	
	1304		1305	1306	1307	1308	1309	
	1310		1311	1312	1313	1314	1315	
	1316		1317	1318	1319	1320	1321	
	1322		1323	1324	1325	1326	1327	
	1328		1329	1330	1331	1332	1333	
	1334		1335	1336	1337	1338	1339	
	1340		1341	1342	1343	1344	1345	
	1346		1347	1348	1349	1350	1351	
	1352		1353	1354	1355	1356	1357	
	1358		1359	1360	1361	1362	1363	
	1364		1365	1366	1367	1368	1369	
	1370		1371	1372	1373	1374	1375	
	1376		1377	1378	1379	1380	1381	
	1382		1383	1384	1385	1386	1387	
	1388		1389	1390	1391	1392	1393	
	1394		1395	1396	1397	1398	1399	
	1400		1401	1402	1403	1404	1405	
	1406		1407	1408	1409	1410	1411	
	1412		1413	1414	1415	1416	1417	
	1418		1419	1420	1421	1422	1423	
	1424		1425	1426	1427	1428	1429	
	1430		1431	1432	1433	1434	1435	
	1436		1437	1438	1439	1440	1441	
	1442		1443	1444	1445	1446	1447	
	1448		1449	1450	1451	1452	1453	
	1454		1455	1456	1457	1458	1459	
	1460		1461	1462	1463	1464	1465	
	1466		1467	1468	1469	1470	1471	
	1472		1473	1474	1475	1476	1477	
	1478		1479	1480	1481	1482	1483	
	1484		1485	1486	1487	1488	1489	
	1490		1491	1492	1493	1494	1495	
	1496		1497	1498	1499	1500	1501	
	1502		1503	1504	1505	1506	1507	
	1508		1509	1510	1511	1512	1513	
	1514		1515	1516	1517	1518	1519	
	1520		1521	1522	1523	1524	1525	
	1526		1527	1528	1529	1530	1531	
	1532		1533	1534	1535	1536	1537	
	1538		1539	1540	1541	1542	1543	
	1544		1545	1546	1547	1548	1549	
	1550		1551	1552	1553	1554	1555	
	1556		1557	1558	1559	1560	1561	
	1562		1563	1564	1565	1566	1567	
	1568		1569	1570	1571	1572	1573	
	1574		1575	1576	1577	1578	1579	
	1580		1581	1582	1583	1584	1585	
	1586		1587	1588	1589	1590	1591	
	1592		1593	1594	1595	1596	1597	
	1598		1599	1600	1601	1602	1603	
	1604		1605	1606	1607	1608	1609	
	1610		1611	1612	1613	1614	1615	
	1616		1617	1618	1619	1620	1621	
	1622		1623	1624	1625	1626	1627	
	1628		1629	1630	1631	1632	1633	
	1634		1635	1636	1637	1638	1639	
	1640		1641	1642	1643	1644	1645	
	1646		1647	1648	1649	1650	1651	
	1652		1653	1654	1655	1656	1657	
	1658		1659	1660	1661	1662	1663	
	1664		1665	1666	1667	1668	1669	
	1670		1671	1672	1673	1674	1675	
	1676		1677	1678	1679	1680	1681	
	1682		1683	1684	1685	1686	1687	
	1688		1689	1690	1691	1692	1693	
	1694		1695	1696	1697	1698	1699	
	1700		1701	1702	1703	1704	1705	
	1706		1707	1708	1709	1710	1711	
	1712		1713	1714	1715	1716	1717	
	1718		1719	1720	1721	1722	1723	
	1724		1725	1726	1727	1728	1729	
	1730		1731	1732	1733	1734	1735	
	1736		1737	1738	1739	1740	1741	
	1742		1743	1744	1745	1746	1747	
	1748		1749	1750	1751	1752	1753	
	1754							

Profil 16: Chli Sternen

Lokalität: 50 m S Endstation Sternen-Skilift, Hoch Ybrig (Koordinaten: 703.400/206.150/1810).

Proben: HLa 676–681.

Mächtigkeit: 8 m.

Lithologie: Hellgraue bis leicht bräunliche, hellgrau anwitternde Mergel, je nach Karbonatgehalt z. T. schalig oder feinblättrig brechend; lediglich eine 3 cm mächtige Kalk-Einschaltung wurde beobachtet. Mergel sind teilweise mit mergeligen Einschaltungen in den Choltal-Schichten vergleichbar.

Fauna: Äusserst zahlreich und sehr gut erhalten, z. T. mit aufgearbeiteten Formen mit einer matrix-fremden Kammerfüllung.

Alter: HLa 676–678 = unteres Campanian; HLa 679–681 = oberes Campanian.

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Plankton-Anteil liegt zwischen 80 und 90%;
- Verneulininae stellen innerhalb des Benthos zahlenmässig die stärkste Gruppe;
- erstaunlich wenige Gavelinellen;
- kleines Kalkschaler-Maximum im oberen Campanian;
- relativ konstante Faunenverteilung.

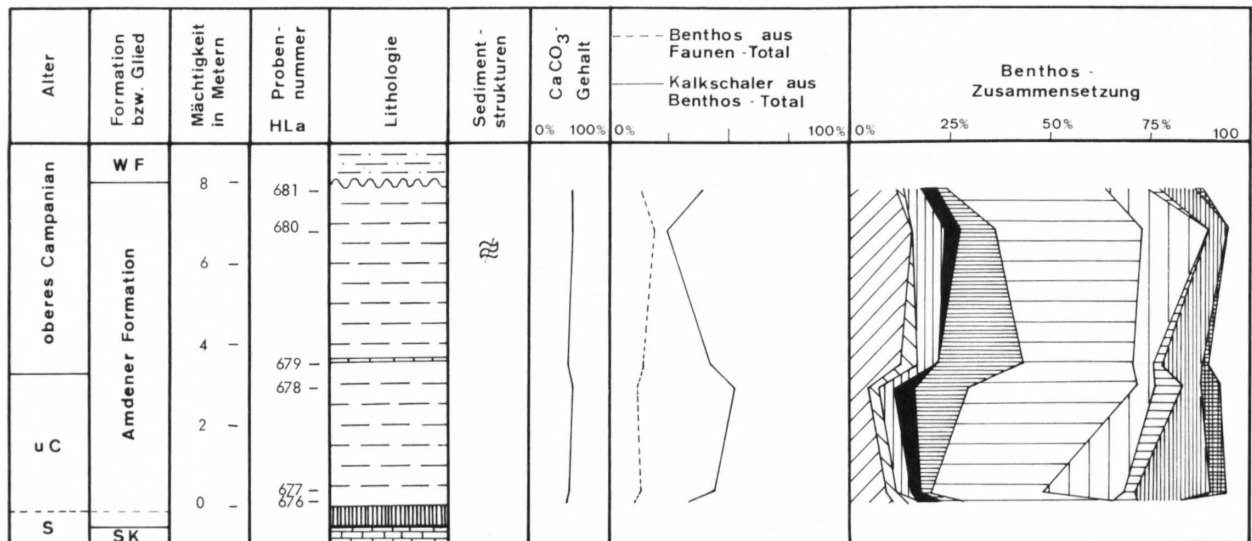


Fig. 24: Profil 16: Chli Sternen (Legende siehe S. 18).

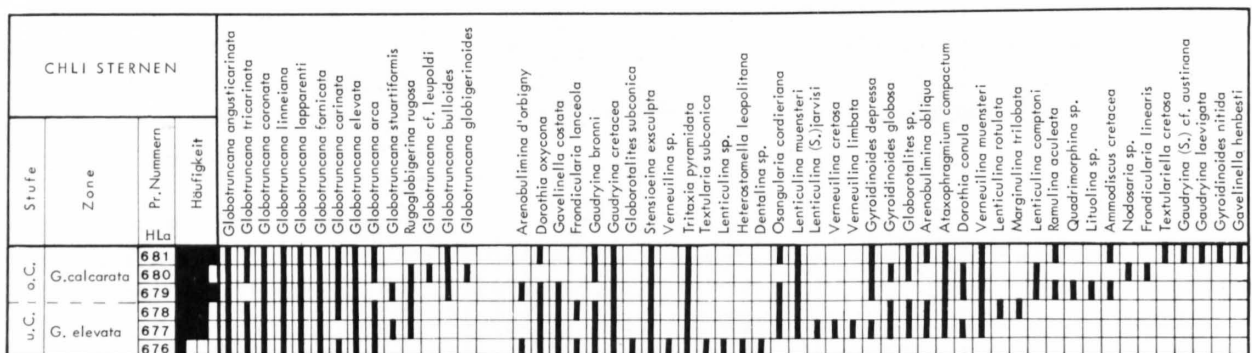


Fig. 25: Faunentabelle Chli Sternen (Legende siehe S. 18).

Profil 17: Hinter Sattellegg

Lokalität: In den Bachrünsen S Hinter Sattellegg (Koordinaten 707.700/219.600/1140).

Proben: HLa 302–317.

Mächtigkeit: Variiert von Schuppe zu Schuppe zwischen 5 und ca. 20 m.

Für die lithologische und faunistische Beschreibung wird auf KUHN (1972) verwiesen. Auch neue Profilaufnahmen brachten keine andere Altersverteilung als die von ihm gefundene. Somit lassen sich aus den Amdener Mergeln der Äusseren Einsiedler Schuppenzone nur santone Anteile nachweisen.

Profil 18: Rotwand

Lokalität: Am Fusse der Rotwand, N Fluhbrig (Koordinaten: 710.810/215.000/1220).

Proben: HLa 290–301.

Mächtigkeit: Ca. 80 m.

Lithologie: Graue bis dunkelgraue Mergel, hellgrau bis rostig anwitternd, mit häufig eingeschalteten Kalkbänken und -linsen; in den Schlämmrückständen z. T. relativ viel Kalk- und untergeordnet auch Quarzdetritus.

Fauna: Bei den Proben HLa 290–293 zerfielen die ehemals pyritisierten Formen wegen Limonitisierung grösstenteils schon bei der Aufbereitung. In einigen Proben ist jedoch nur ein Teil der Fauna pyritisiert. Dies lässt auf Aufarbeitung schliessen.

Alter: HLa 301–297 = unteres Campanian. *Globotruncana fornicata* aus den Proben HLa 296–294 sind bereits stark aufgewölbt. Möglicherweise befindet man sich schon im oberen Campanian, wo die Entwicklung der hochkonischen Formen beginnt.

Bemerkung zum Faunendiagramm:

- Benthos-Anteil und Zahl der benthonischen Kalkschaler: positive Korrelation.

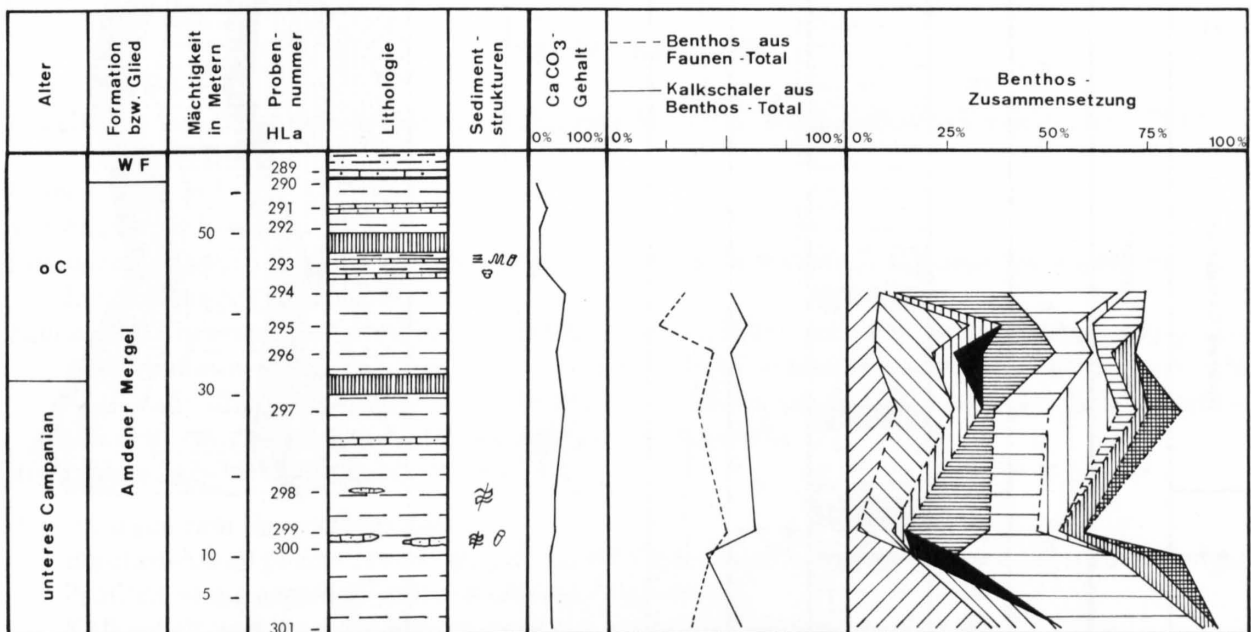


Fig. 26: Profil 18: Rotwand (Legende siehe S. 18).

ROTWAND				Häufigkeit	
Stufe	Zone	Pr. Nummern			
u. Campanian	G. elevata	HLa			
		294			
		295			
		296			
		297			
		298			
		299			
		300			
		301			
o. C	G. calcarata	294			
		295			
		296			
		297			
		298			
		299			
		300			
		301			
		302			

Globotruncana angusticarinata																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
-------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fig. 27: Faunentabelle Rotwand (Legende siehe S. 18).

Profil 19: Fluhbrig

Lokalität: Am Fusse des Fluhbrig (N-Hang) (Koordinaten: 710.650/214.150/1280).

Proben: HLa 260–274.

Mächtigkeit: 100 m.

Lithologie: Monotone graue Mergel, bei starker Tektonisierung dunkelgrau bis schwarz; graue sandige Einschaltungen etwas seltener als im benachbarten Profil Rotwand (dies ist möglicherweise auf die schlechteren Aufschlussverhältnisse zurückzuführen); in HLa 274 Nester von zusammen geschwemmten Inoceramen-Bruchstücken.

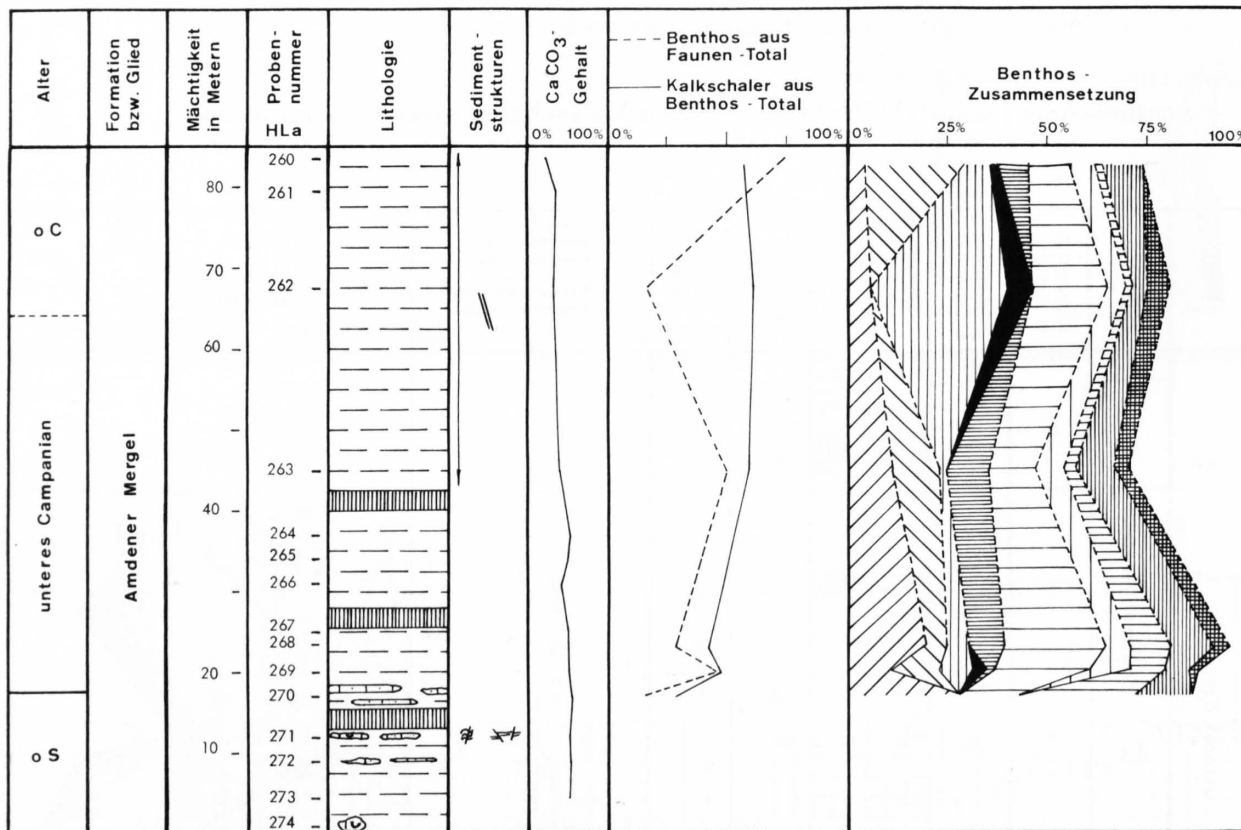


Fig. 28: Profil 19: Fluhbrig (Legende siehe S. 18).

Fauna: Nicht sehr zahlreich, aber teilweise sehr schön erhalten (HLa 260, 263, 269). Vor allem in den jüngsten Proben wurden einige pyritisierte, z. T. auch phosphorisierte Formen gefunden. Daneben treten in diesen Proben auch Lösungserscheinungen bei einigen Formen auf. Die Sandschaler aus HLa 260 sind extrem grobsandig.

Alter: HLa 270 = oberes Santonian; HLa 263–269 = unteres Campanian. Die Proben HLa 262–260 werden ins unterste Obercampanian gestellt, weil die Gattung *Rugoglobigerina* bereits häufiger auftritt.

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Karbonatgehalt negativ mit dem Benthos-Anteil zu korrelieren;
- Benthos-Zunahme, sobald die Zahl der benthonischen Kalkschaler steigt;
- Kalkschaler-Maximum im unteren Campanian.

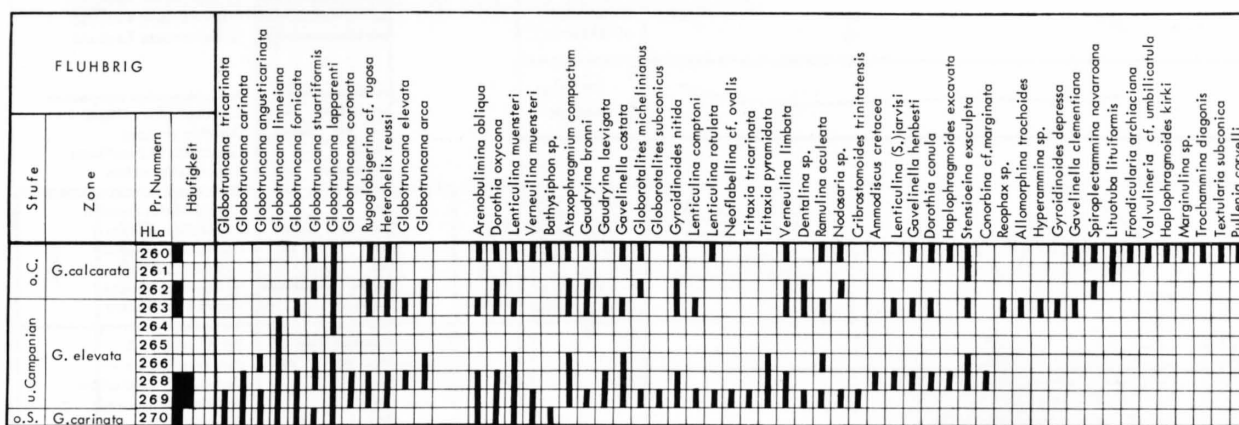


Fig. 29: Faunentabelle Fluhbrig (Legende siehe S. 18).

Profil 20: Bockmattli

Lokalität: Am Fusse der berühmten Kletterwand E des Wägitalersee (Koordinaten: 714.975/217.900/1420).

Proben: HLa 242–251.

Mächtigkeit: 120 m.

Lithologie: Monotone graue Mergel, stellenweise rostig anwitternd, mit seltenen knolligen Kalk-Einschaltungen (Phacoide).

Fauna: Relativ artenarm, aber fast durchwegs schön erhalten; in vereinzelten Proben sehr grosse Arenobuliminen und Lituolen (?). In diesem Profil ist *Coptocampylodon lineolatus* (ELLIOT) sehr häufig anzutreffen, während er in den anderen Profilen, mit ebenfalls sandigen Schlämmrückständen, zwar regelmässig, aber weniger zahlreich auftritt.

Alter: HLa 242–251 = oberes Santonian.

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Benthos-Anteil positiv korrelierbar mit der Zahl der benthonischen Kalkschaler (in den übrigen Profilen ist die gegenteilige Beobachtung zu machen);
- Kalkgehalt und Benthos-Menge: negative Korrelation (schwache Tendenz);
- undeutliches Kalkschaler-Maximum im unteren Obersantonian.

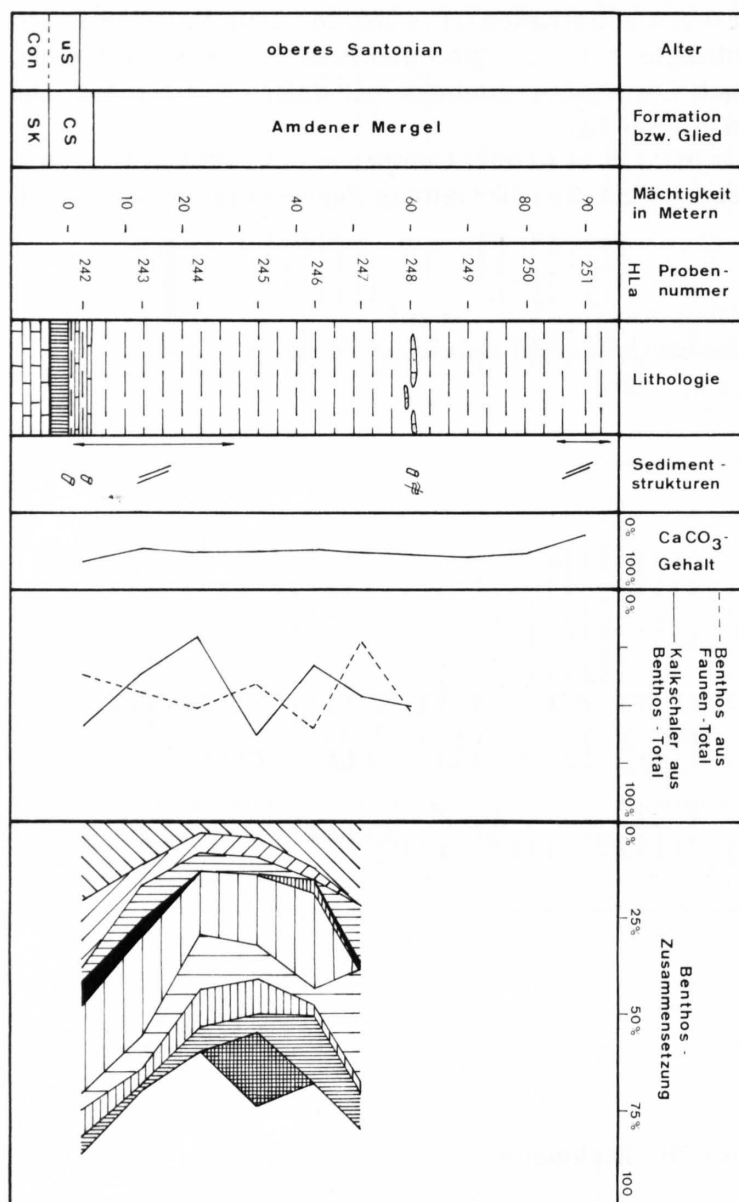


Fig. 30: Profil 20: Bockmattli (Legende siehe S. 18).

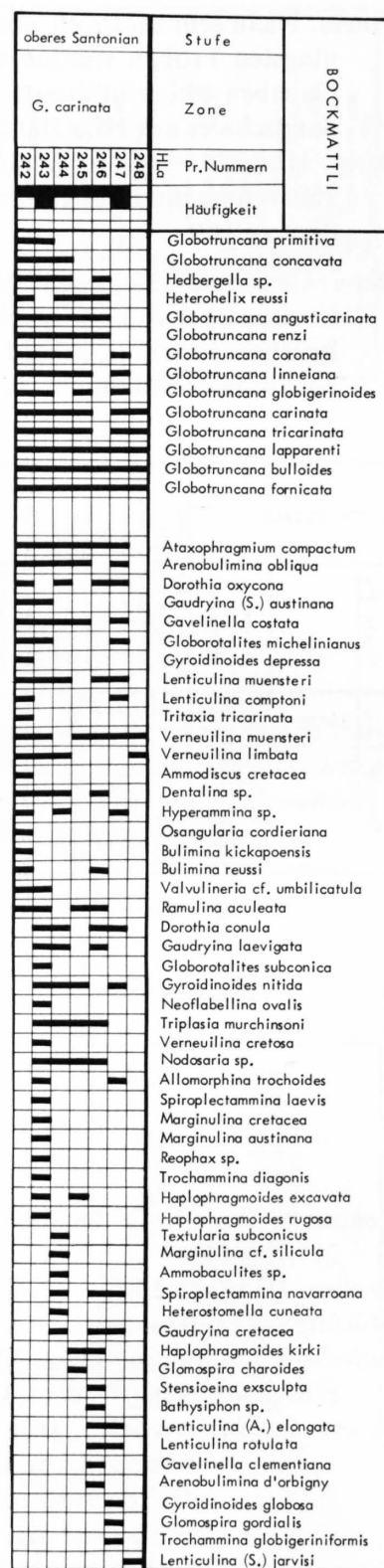


Fig. 31: Faunentabelle Bockmattli (Legende siehe S. 18).

Profil 21: Wägitalersee

Lokalität: Am E-Ufer des Sees, zwischen Vorderthal und Au (Koordinaten: 712.380/214.250/920).

Proben: HLa 276–279.

Mächtigkeit: 10 m, über dem Seewer Kalk sind nur die Choltal-Schichten aufgeschlossen.

Lithologie: Hellgraue, fleckige Kalkmergel in undeutlicher Wechsellagerung mit seewerkalkähnlichen Bänken.

Fauna: Benthos noch artenarm, aber die wichtigsten Kalk- und Sandschaler sind bereits vorhanden.

Alter: HLa 276–279 = unterstes Obersantonian.

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Positiv korrelierbar: Karbonatgehalt und Benthos-Anteil sowie Benthos-Menge und Zahl der Kalkschaler (undeutlicher Trend);
- ein Kalkschaler-Maximum im unteren Obersantonian.

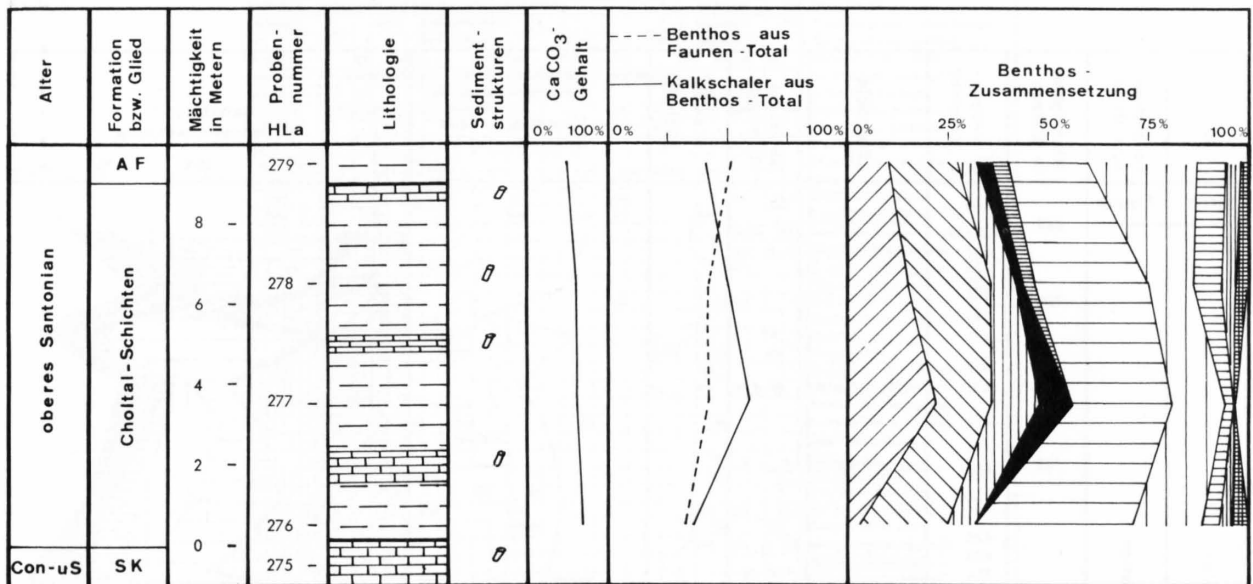


Fig. 32: Profil 21: Wägitalersee (Legende siehe S. 18).

WÄGITALERSEE					
o.S.	Stufe	Zone	Pr. Nummern	Häufigkeit	
			HLa		
			279		Globotruncana renzi
			278		Hedbergella sp.
			277		Globotruncana concavata
			276		Globotruncana carinata
					Globotruncana bulloides
					Globotruncana tricarinata
					Globotruncana lapparenti
					Globotruncana angusticarinata
					Globotruncana coronata
					Heterohelix reussi
					Globotruncana linneiana
					Globotruncana globigerinoides
					Ataxophragmium compactum
					Arenobulimina obliqua
					Verneuilina limbata
					Gaudryina laevigata
					Gavellinella costata
					Gyrogonoides nitida
					Lenticulina muersteri
					Tritaxia pyramidata
					Heterostomella cuneata
					Gaudryina cf. cretacea
					Globorotalites michelinianus
					Dorothia conula
					Lenticulina comptoni
					Allomorphina trochoides
					Stenioecina exsculpta gracilis
					Ammodiscus cretacea
					Dentalina sp.
					Gavellinella sp.
					Dorothia oxycona

Fig. 33: Faunentabelle Wägitalersee (Legende siehe S. 18).

Profil 22: Amden

Lokalität: Anrisse im Beerenwald und Zopfenbach, 300 m W Altschen Alp (Koordinaten: 732.790/224.660/1315).

Proben: HLa 445–408.

Mächtigkeit: 230 m.

Bemerkungen zur Typlokalität der Amdener Mergel: Die Amdener Schuppenzone ist als Typlokalität, besonders für die Obergrenze der Amdener Mergel, nicht ideal gewählt, denn über den Amdener Mergeln findet sich hier nicht die Wang-Formation, sondern eine tektonisch höhere Flyschserie. Zudem sind die Mergel, vor allem im oberen Teil, intensiv verschuppt und tektonisch stark beansprucht. Die Faunen sind daher eher schlecht erhalten und auch spärlich. Auch die Untergrenze ist nicht sehr gut aufgeschlossen.

Lithologie: Aufschlüsse mit *Choltal-Schichten* finden sich nur sporadisch auf den Alpweiden NE der Altschen Alp. – **Amdener Mergel:** Unten grünlichgraue, noch relativ kalkreiche Mergel mit vielen Frassspuren; stellenweise mit zentimetergrossen Inoceramen-Bruchstücken, lagig angereichert; Mergel gegen oben zusehends dunkler werdend, hin und wieder mit rostiger Anwitterung; wellig laminiert, wo sie nicht zu stark tektonisiert sind. Die sandigen Einschaltungen sind

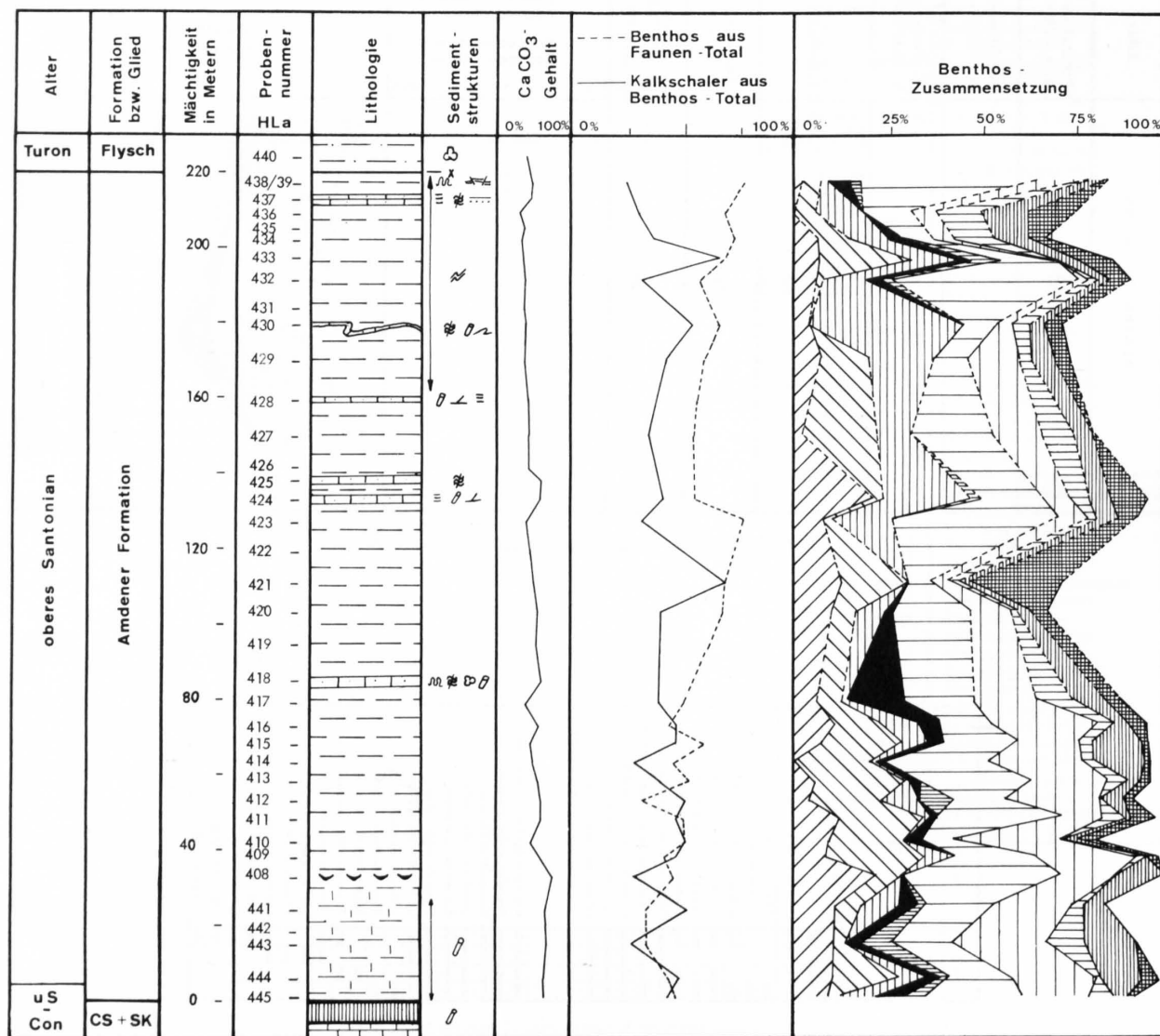


Fig. 34: Profil 22: Amden (Legende siehe S. 18).

innerhalb der Aufschlüsse persistierend. Sie können aber zwischen benachbarten Bachrunsen nicht mehr mit Sicherheit korreliert werden.

Fauna: Ziemlich artenreich aber individuenarm; in HLa 419–426 Coptocampylodonten häufig; Fauna in den Choltal-Schichten und den untersten Amdener Mergeln noch artenarm.

Alter: *Globotruncana carinata* tritt mit kleinen Unterbrüchen ab Probe HLa 444 bis 434 auf. *Globotruncana concavata* ist mit grösseren oder kleineren Unterbrüchen in den Proben HLa 445–421 zu finden. In den Proben HLa 435–439 sind keine Leitformen auszumachen. HLa 445–439 = ? oberes Santonian. HERB fand 1962 in Proben aus der Amdener Mulde *Globotruncana elevata* sowie *G. arca* und konnte somit nachweisen, dass auch in diesem Ablagerungsraum das Campanian von der voreozänen Erosion zumindest teilweise verschont blieb.

Bemerkungen zum Faunendiagramm:

- Benthos-Anteil und Zahl der Kalkschaler positiv korrelierbar;
- Karbonatgehalt und Benthos-Anteil negativ zu korrelieren;
- zwei Kalkschaler-Maxima im unteren Obersantonian und im oberen Obersantonian;
- *Stensioeina* relativ selten.

Profil 23: Ost-Säntis

Lokalität: Im Forsttobel, zwischen Fänerenspitz und Kamor (Koordinaten: 754.650/240.940/1145).

Proben: La 1970/14–56.

Mächtigkeit: Ca. 120 m.

Dieses Profil wurde im Rahmen einer Diplomarbeit (LANGENEGGER 1972) faunistisch bearbeitet. Es konnte aber nur ein Santon-Anteil nachgewiesen werden, da die jüngeren Abfolgen dieses Profils nicht aufgeschlossen sind. Die mit Dr. H. Eugster (Trogen) bei späteren Begehungen N des Kartierungsgebietes aufgesammelten Proben ergaben jedoch bei genaueren Untersuchungen eine schöne Campan-Fauna. Diese Proben (La 1972/69–113) wurden im Brüelbach, von Steig nach Chlus (Koordinaten 751.290/241.400/840 bis 752.100/241.300/910) sowie im Tobel Brand-Leugangen (Koordinaten 751.050/240.120/845 bis 751.750/240.150/1030) gesammelt. In beiden Aufschlüssen sind die Amdener Mergel, die tertiären Grünsande und Globigerinenmergel auf das komplizierteste miteinander verschuppt. Auf Grund dieser neuen Untersuchungen konnte nun nachgewiesen werden, dass auch hier unteres Campanian abgelagert wurde und von der oberkretazischen und tertiären Erosion verschont blieb.

Profil 24: Rudachbach

Lokalität: Am Weg Dornbirn nach Rudach über Güttele, im Vorarlberg (Koordinaten: 778.100/248.375/1020).

Proben: HLa 464–499.

Mächtigkeit: 360 m, Unter- und Obergrenze nicht aufgeschlossen.

Lithologie: Monotone graue Mergel, bei starker Tektonisierung dunkelgrau bis schwarz; sandige Kalk-Einschaltungen nicht zu beobachten; stellenweise in den Mergeln schöne parallele Laminationen und auffallende Konvolutionen, selten sind Schräglaminationen.

Fauna: Weil die Proben verhältnismässig hart sind, lassen sich die Faunen nicht gut isolieren. In HLa 475 blieben praktisch nur die robusten Sandschaler, wie Ataxophragmiinae und Verneuiliinae, erhalten. Dies ist wahrscheinlich weniger einer Änderung im Sedimentationsmilieu als der Tektonisierung zuzuschreiben.

Alter: HLa 498–492 = oberes Santonian; HLa 491–468 = unteres Campanian; HLa 467–464 = oberes Campanian.

Bemerkungen zum Faunendiagramm, negative Korrelation:

- Benthos-Anteil und Zahl der Kalkschaler;
- Karbonatgehalt und Benthos-Anteil;
- Kalkschaler-Maxima im oberen Santonian, zwei im unteren Campanian und im oberen Campanian.

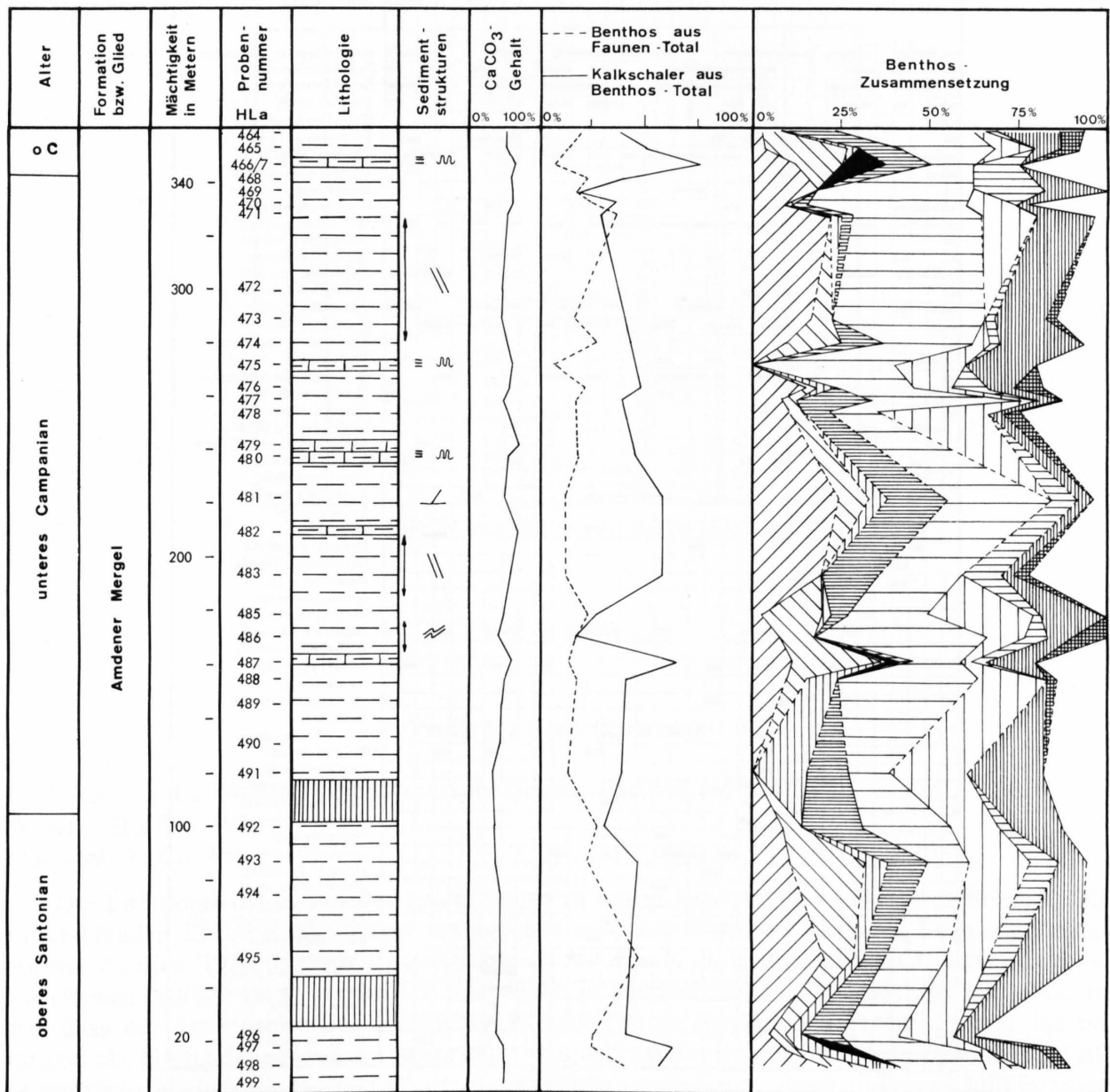


Fig. 36: Profil 24: Rudachbach (Legende siehe S. 18).

o.Santonian	unteres Campanian	o.C.	Stufe	RUDACHBACH
G. carinata	Globotruncana elevata	G. calcarata	Zone	
496	491	484	Pr. Nummern	
497	490	485	Häufigkeit	
498	489	486		
499	488	487		
500	487	488		
501	486	489		
502	485	490		
503	484	491		
504	483	492		
505	482	493		
506	481	494		
507	480	495		
508	479	496		
509	478	497		
510	477	498		
511	476	499		
512	475	500		
513	474	501		
514	473	502		
515	472	503		
516	471	504		
517	470	505		
518	469	506		
519	468	507		
520	467	508		
521	466	509		
522	465	510		
523	464	511		
524	463	512		
525	462	513		
526	461	514		
527	460	515		
528	459	516		
529	458	517		
530	457	518		
531	456	519		
532	455	520		
533	454	521		
534	453	522		
535	452	523		
536	451	524		
537	450	525		
538	449	526		
539	448	527		
540	447	528		
541	446	529		
542	445	530		
543	444	531		
544	443	532		
545	442	533		
546	441	534		
547	440	535		
548	439	536		
549	438	537		
550	437	538		
551	436	539		
552	435	540		
553	434	541		
554	433	542		
555	432	543		
556	431	544		
557	430	545		
558	429	546		
559	428	547		
560	427	548		
561	426	549		
562	425	550		
563	424	551		
564	423	552		
565	422	553		
566	421	554		
567	420	555		
568	419	556		
569	418	557		
570	417	558		
571	416	559		
572	415	560		
573	414	561		
574	413	562		
575	412	563		
576	411	564		
577	410	565		
578	409	566		
579	408	567		
580	407	568		
581	406	569		
582	405	570		
583	404	571		
584	403	572		
585	402	573		
586	401	574		
587	400	575		
588	399	576		
589	398	577		
590	397	578		
591	396	579		
592	395	580		
593	394	581		
594	393	582		
595	392	583		
596	391	584		
597	390	585		
598	389	586		
599	388	587		
600	387	588		
601	386	589		
602	385	590		
603	384	591		
604	383	592		
605	382	593		
606	381	594		
607	380	595		
608	379	596		
609	378	597		
610	377	598		
611	376	599		
612	375	600		
613	374	601		
614	373	602		
615	372	603		
616	371	604		
617	370	605		
618	369	606		
619	368	607		
620	367	608		
621	366	609		
622	365	610		
623	364	611		
624	363	612		
625	362	613		
626	361	614		
627	360	615		
628	359	616		
629	358	617		
630	357	618		
631	356	619		
632	355	620		
633	354	621		
634	353	622		
635	352	623		
636	351	624		
637	350	625		
638	349	626		
639	348	627		
640	347	628		
641	346	629		
642	345	630		
643	344	631		
644	343	632		
645	342	633		
646	341	634		
647	340	635		
648	339	636		
649	338	637		
650	337	638		
651	336	639		
652	335	640		
653	334	641		
654	333	642		
655	332	643		
656	331	644		
657	330	645		
658	329	646		
659	328	647		
660	327	648		
661	326	649		
662	325	650		
663	324	651		
664	323	652		
665	322	653		
666	321	654		
667	320	655		
668	319	656		
669	318	657		
670	317	658		
671	316	659		
672	315	660		
673	314	661		
674	313	662		
675	312	663		
676	311	664		
677	310	665		
678	309	666		
679	308	667		
680	307	668		
681	306	669		
682	305	670		
683	304	671		
684	303	672		
685	302	673		
686	301	674		
687	300	675		
688	299	676		
689	298	677		
690	297	678		
691	296	679		
692	295	680		
693	294	681		
694	293	682		
695	292	683		
696	291	684		
697	290	685		
698	289	686		
699	288	687		
700	287	688		
701	286	689		
702	285	690		
703	284	691		
704	283	692		
705	282	693		
706	281	694		
707	280	695		
708	279	696		
709	278	697		
710	277	698		
711	276	699		
712	275	700		
713	274	701		
714	273	702		
715	272	703		
716	271	704		
717	270	705		
718	269	706		
719	268	707		
720	267	708		
721	266	709		
722	265	710		
723	264	711		
724	263	712		
725	262	713		
726	261	714		
727	260	715		
728	259	716		
729	258	717		
730	257	718		
731	256	719		
732	255	720		
733	254	721		
734	253	722		
735	252	723		
736	251	724		
737	250	725		
738	249	726		
739	248	727		
740	247	728		
741	246	729		
742	245	730		
743	244	731		
744	243	732		
745	242	733		
746	241	734		
747	240	735		
748	239	736		
749	238	737		
750	237	738		
751	236	739		
752	235	740		
753	234	741		
754	233	742		
755	232	743		
756	231	744		
757	230	745		
758	229	746		
759	228	747		
760	227	748		
761	226	749		
762	225	750		
763	224	751		
764	223	752		
765	222	753		
766	221	754		
767	220	755		
768	219	756		
769	218	757		
770	217	758		
771	216	759		
772	215	760		
773	214	761		
774	213	762		
775	212	763		
776	211	764		
777	210	765		
778	209	766		
779	208	767		
780	207	768		
781	206	769		
782	205	770		
783	204	771		
784	203	772		
785	202	773		
786	201	774		
787	200	775		
788	199	776		
789	198	777		
790	197	778		
791	196	779		
792	195	780		
793	194	781		
794	193	782		
795	192	783		
796	191	784		
797	190	785		
798	189	786		
799	188	787		
800	187	788		
801	186	789		
802	185	790		
803	184	791		
804	183	792		
805	182	793		
806	181	794		
807	180	795		
808	179	796		
809	178	797		
810	177	798		
811	176	799		
812	175	800		
813	174	801		
814	173	802		
815	172	803		
816	171	804		
817	170	805		

Profil 25: Elm (Blattengrat)

Lokalität: Im oberen Teil des Flisenbaches, einem Seitenzufluss zum Raminer Bach (Koordinaten: 734.770/198.580/1405).

Proben: HLa 697–709.

Mächtigkeit: 50 m.

Für die lithologische Beschreibung dieses Profils wird auf BISIG (1957) verwiesen. Nachdem von ihm, WEGMANN (1961) und RÜEFLI (1959) die Globotruncanen aus diesem Gebiet, soweit sie sich im Dünnschliff erkennen lassen, beschrieben werden, wurde versucht das Benthos aus diesen tektonisch verschieferten und leicht metamorphen Mergeln zu schlämmen. Jegliches Aufbereiten war jedoch vergeblich. Die Rückstände erwiesen sich als steril; selbst die aus den Schliffen beschriebenen Globotruncanen waren nicht zu finden. Alter nach BISIG: oberes Santonian bis oberes Campanian.

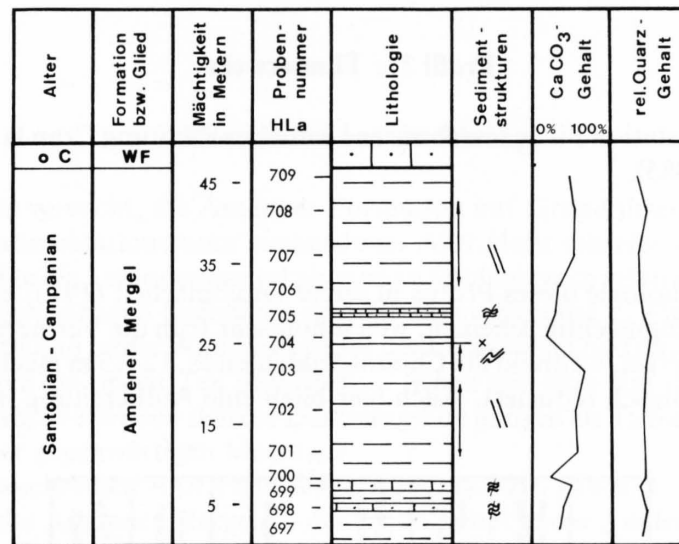


Fig. 38: Profil 25: Elm (Blattengrat) (Legende siehe S.18).

Profil 26: Stelli (Calanda)

Lokalität: Ca. 1,2 km SSW Alp Salaz (Koordinaten: 755.830/199.390/1830).

Proben: HLa 683–693.

Mächtigkeit: Ca. 35 m.

Die Lithologie dieses Profiles hat LAMBERT in seiner Diplomarbeit (1971) beschrieben. Die bankbildenden Kalk-Einschaltungen ermöglichen es, dieses Profil der Amdener Formation zuzuordnen, da diese Einschaltungen petrographisch mit den Kalk-Einschaltungen aus den oben beschriebenen Profilen gut zu vergleichen sind. Dabei ist beim Betrachten der Schliffe zu berücksichtigen, dass mit der einsetzenden schwachen Metamorphose (beginnende Zeolith-Fazies) das ursprüngliche Korngefüge durch die beginnende Sammelkristallisation bereits weitgehend zerstört ist. Es war nicht möglich, die Faunen aus den Kalkschiefern zu isolieren. Auch im Dünnschliff konnten die wenigen fraglichen Fossilien nicht mehr bestimmt werden.

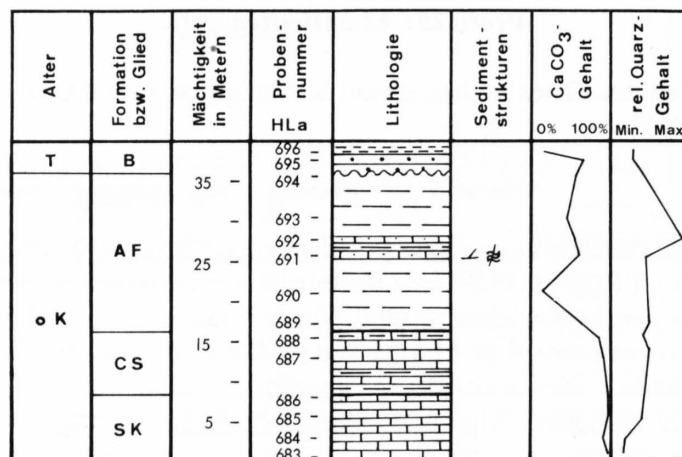


Fig. 39: Profil 26: Stelli (Calanda) (Legende siehe S. 18).

Profil 27: Flimserstein

Lokalität: Von der Endstation Fil de Cassons ca. 1 km E, in Richtung Crap la Tgina (Koordinaten: 737.930/193.525/2385).

Proben: HLa 715–720.

Mächtigkeit: Ca. 10 m.

FELDER hat die Lithologie dieses Profils in seiner Diplomarbeit (1973) beschrieben. Über den Seewer Kalken, die geringmächtig scheinen, weil schon sehr früh die Vermergelung einsetzt, liegen nur ca. 5 m Amdener Mergel, während die Choltal-Schichten ca. 12–15 m mächtig sind. Dieses Profil ist wahrscheinlich tektonisch reduziert. Auch hier blieb eine Aufbereitung mit H₂O₂ und Beloran erfolglos.

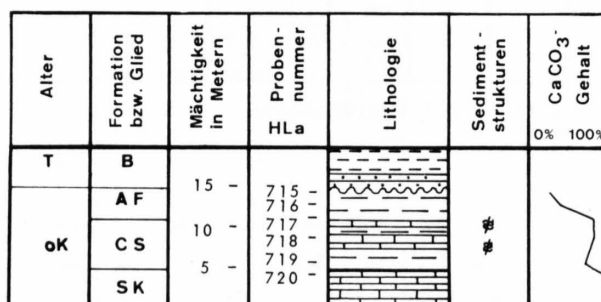


Fig. 40: Profil 27: Flimserstein (Legende siehe S. 18).

Zusammenfassung der wichtigsten lithologischen Ergebnisse aus den Profilbeschreibungen

(Vgl. auch Abschnitte V «Entwicklung der Detrituszufuhr» und X «Paläogeographie».)

Die hellgrauen, grauen bis bräunlichgrauen Mergel der Amdener Formation zeigen über den gesamten helvetischen Raum nur geringfügige faunistische und lithologische Veränderungen. Die sandigen Kalk-Einschaltungen in den Profilen Ost-Säntis, Amden, Elm, Bockmattli, Rotwand, Fluhbrig, Schülberg, Stelli, N des Stierenbaches, Diegisbalm, Flüeli Ranft und untergeordnet auch am Fidisberg, Underbäch, Wilerhorn und Rawilpass sehen makroskopisch ebenfalls in allen Profilen praktisch gleich aus.

Der Karbonatgehalt liegt in den Mergeln durchschnittlich zwischen 40 und 50%, in den Choltal-Schichten sowie in den südlichen (Chli Sternen) und westlichen Profilen (Rawilpass, Ammertengrat, Wilerhorn) zwischen 60 und 70%. Dies zeigt, dass während der Sedimentation der Amdener Mergel nur geringfügige Veränderungen – bedingt durch zeitweises Auftreten von Strömungen und Turbulenzen – zu beobachten sind. Figur 51 zeigt eine schematische Zusammenstellung fast aller aufgesammelten Profile mit ihrem lithologischen Habitus, den stratigraphischen Kontaktverhältnissen sowie den Alterskorrelationen.

V. Sedimentologie

Historisches und Einführung

Schon früh wurde versucht, die Amdener Formation auf Grund ihres lithologischen Habitus einem bestimmten Sedimentationsraum zuzuordnen. ARN. HEIM schreibt 1909 (in BÖHM & HEIM, p. 12/13): «Ich betrachte die Leibodenmergel als eine an Globigerinen relativ arme Tiefseefacies. Die nächstverwandten gegenwärtigen Sedimente sind die Blauschlammte. ... Eine höchst eigentümliche und unerklärte Erscheinung ist die Wildflyschfacies der Leistmergel und das gelegentliche Auftreten von exotischen Blöcken im oberen Teil derselben. ... Sehen wir jetzt von der lokalen, unerklärten "Wildflysch"-Facies ab, so erweisen sich die Leistmergel im ganzen als Tiefseesedimente, vom Typus des Blauschlammes der gegenwärtigen Meere...»

1907 bzw. 1909 beschreiben ARN. HEIM & OBERHOLZER bzw. BÖHM & ARN. HEIM erstmals sehr genau die Lithologie der Amdener Mergel an der Typlokalität in der Amdener Mulde. HERB (1962, 1965) und KUHN (1972) übernehmen, ohne Neues hinzuzufügen, diese lithologischen Beschreibungen und teilweise auch die Fazies-Interpretationen. HERB gelingt es allerdings 1962, die «Wildflyschfacies», welche 1909 von ARN. HEIM noch den Amdener Mergeln zugeordnet wurde, als Einheit eines höheren tektonischen Stockwerkes zu identifizieren.

Im folgenden sollen nun die typischen sedimentologischen Merkmale der Amdener Mergel (Internstrukturen, Bankung und Schichtung) neu beschrieben werden. Zusammen mit den faunistischen Daten sollen sie zu einer etwas differenzierteren Interpretation des Faziesraumes führen.

Schichtungs- und Bankungsverhältnisse sowie Sedimentstrukturen in der Amdener Formation

Unregelmässig feinelaminierte bis laminierte Lutite¹ (Laminae 2–10 mm mächtig) bilden die Hauptmasse der Amdener Formation. Die Lutite zeigen meistens nur parallele oder unregelmässige Lamination, wobei die Schichtungsphänomene der Lutite in einigen Profilen stellenweise, z. T. sogar durchgehend, durch Druckschieferung überlagert werden, so dass Primärstrukturen häufig nicht mehr zu identifizieren sind. Selten sind jedoch Parallel-Laminationen, welche an Warven erinnern, sowie Schräglamination. Beide Strukturen wurden nur im Profil Rudachbach im Vorarlberg beobachtet. Bioturbation ist in den Choltal-Schichten und teilweise auch in den untersten Amdener Mergeln (Amden, N Stierenbach) weit verbreitet, höher oben verschwinden sie fast ganz.

¹ Nomenklatur nach FOLK 1959: *Lutit*: Korngrösse < 0,004 mm, *Siltit*: Korngrösse 0,004–0,063 mm.

In die Lutite sind – vor allem im mittleren und oberen Teil – sporadisch Kalksiltite¹ mit scharfer, oft schwach gewellter Unter- bzw. Obergrenze eingelagert (Fig. 41). Diese 1–15 cm mächtigen Einschaltungen können meistens nur über 10–30 m, selten über 50 und mehr Meter horizontal verfolgt werden. Gelegentlich treten sie nur noch als zentimeter- bis meterlange Linsen (z. T. Phacoide) auf. Die seitlichen Übergänge von den Siltiten (Sandkalkbänke) zu den Lutiten (Mergel) sind oft fließend; die Bankung verliert sich allmählich. Die Strukturen der Siltite hingegen sind etwas abwechslungsreicher (Fig. 42 a–h) und – abgesehen von den Profilen aus leicht metamorphen Gebieten (Stelli, Flimserstein, Calanda) – immer gut erhalten. Weitverbreitet sind Parallel-Lamination, Lamination, Konvolution und Bioturbation, etwas seltener Mudpebbles und Mudlumps, Phacoide, Gradierung und Schrägschichtung. Load Casts und Longitudinal Ridges wurden nur an Handstücken aus dem Schutt im Profil Schülberg beobachtet. In den meisten Profilen konnten, falls eine Wechsellagerung zwischen Lutiten und Siltiten überhaupt zu beobachten war, nur zwei bis drei Wechsel gefunden werden. Einzige Ausnahme bilden die nördlicheren Profile, wo gegen 5–7 solcher Lutit/Siltit-Folgen zu finden sind (Fig. 41).

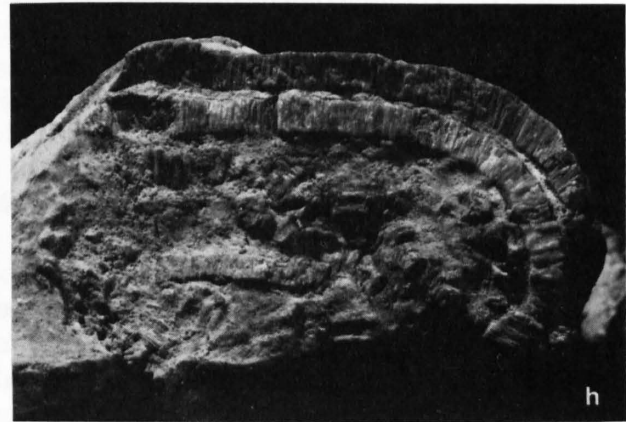
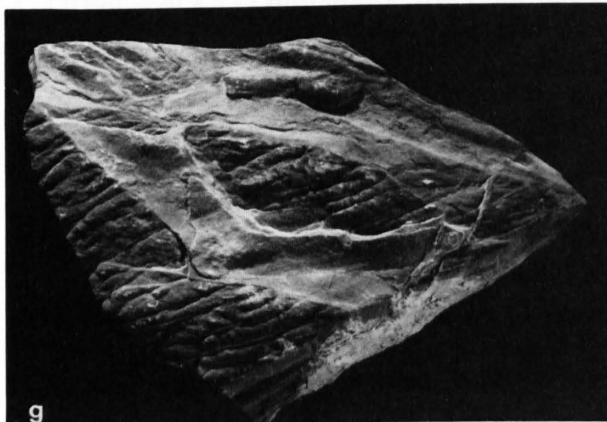
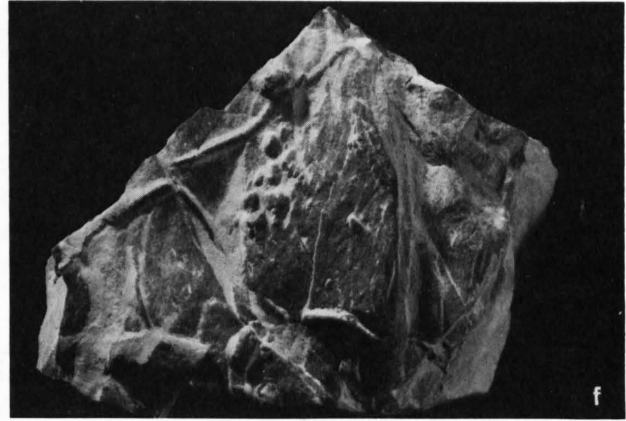
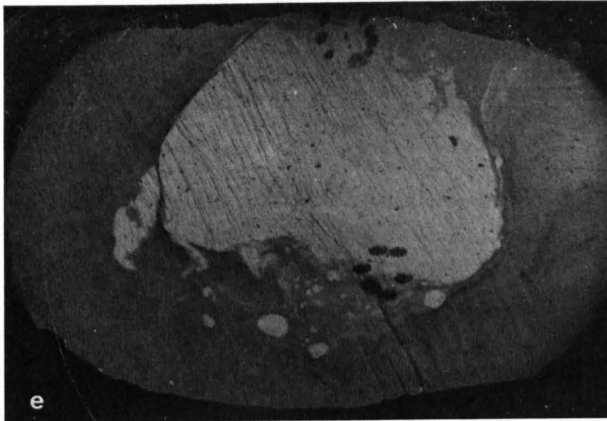
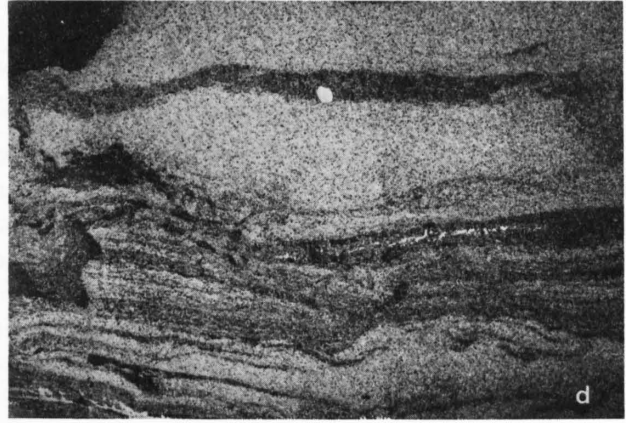
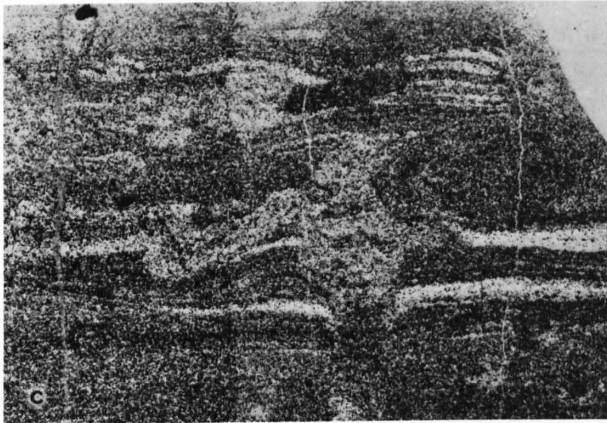
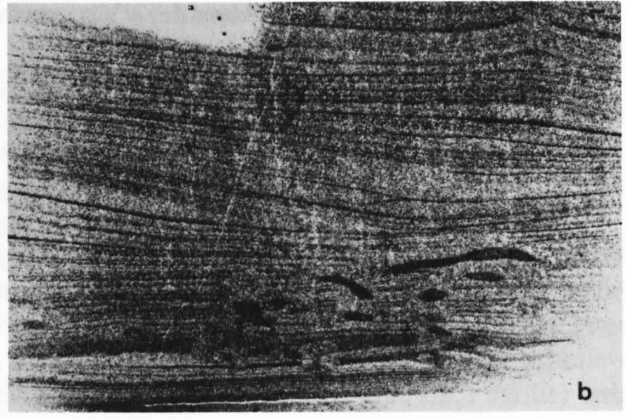
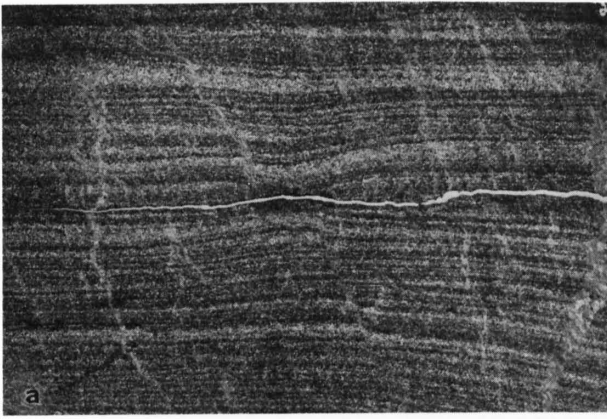
¹ Nomenklatur nach FOLK 1959: *Lutit*: Korngrösse < 0,004 mm, *Siltit*: Korngrösse 0,004–0,063 mm.



Fig. 41: Wechsellagerung der Siltite und Lutite (Profil Ost-Säntis).

Fig. 42: Sedimentstrukturen in der Amdener Formation.

- a) Parallel-Lamination aus den Siltiten der Amdener Mergel, Profil Trepsenalp, HLa 258, 4 × vergr.
- b) Schräglamination aus den Siltiten, Profil Amden, HLa 428, ca. 4 × vergr.
- c) Konvolution in den Siltiten, mit Frassgang, Profil Rotwand, HLa 293, ca. 5 × vergr.
- d) Frassspur und gestörte Lamination in den Siltiten, Profil Rotwand, HLa 294, ca. 4 × vergr.
- e) Mudlumps aus dem Profil Underbäch, HLa 390/1, ca. 2 ½ × vergr.
- f) Frassspuren aus dem Profil Schülberg, HLa 757, ¾ nat. Grösse.
- g) Longitudinal Ridges (aus dem Schutt), Profil Schülberg, 2/5 nat. Grösse.
- h) Inoceramen-Bruchstücke, in Nestern zusammengeschwemmt, Profil Schülberg, ca. 2 ½ × vergr.



Zum Problem der «Verflyschung» der Amdener Formation

Im einführenden Kapitel zur Sedimentologie (S.49) wird ein Zitat von ARN. HEIM angeführt, welches eine Interpretationsmöglichkeit der Kalksiltit-Einschaltungen aufzeigt. Sie werden bis heute allgemein als Indiz für eine beginnende «Verflyschung», die sich aber erst richtig während der Sedimentation der Wang-Formation entwickelt, betrachtet.

Der Begriff «Flysch», 1827 von STUDER eingeführt, wurde zuerst nur als lithostratigraphische Formationsbezeichnung verstanden. Heute wird dieser Ausdruck, ohne an ein bestimmtes Alter gebunden zu sein, vor allem dazu verwendet, um einen bestimmten Sedimentationstyp zu charakterisieren. Nachdem der Flysch heute ausschliesslich in letzterem Sinn interpretiert wird, sollte er nicht weiter für Sedimentationsphänomene, wie sie im oberen Teil der Amdener Formation anzutreffen sind (siltige Kalkbänke in laminierten Lutiten), verwendet werden, denn:

- die Siltite treten meistens nicht als durchgehende Bänke auf;
- Gradierungen sind selten; die Korngrösse ist in allen Siltiten gut sortiert, wobei dies möglicherweise auf das monotone Korngrössenangebot zurückzuführen ist;
- es wurden keine vollständigen Flyschzyklen gefunden.

Die meisten dieser nicht persistierenden Bänke können viel eher mit «winnowing» erklärt werden, wobei bodennahe Strömungen, z. T. auf engen Raum beschränkte Turbulenzen (HSU 1964), die feine Tonfraktion in Schwebe bringt und sie wegtransportiert. Dadurch wird eine selektive Anreicherung des gröberen siltigen Materials bewirkt, und es entstehen dabei contouritähnliche Einschaltungen (HOLLISTER & HEEZEN 1972). Nicht nur die Sedimentstrukturen, sondern auch die sehr ähnliche mineralogische Beschaffenheit der Siltite und Lutite weisen auf diese Entstehungsmöglichkeit. Es ist allerdings nicht von der Hand zu weisen, dass der Wechsel von Lutit und Siltit – wenn auch sehr selten – auf kleine lokale Turbidite zurückzuführen ist.

Mineralogische Untersuchungen

In den Lutiten erfolgte die Identifikation der gesteinsbildenden Mineralien mittels der Röntgendiffraktometrie. Die akzessorischen Mineralien wurden in den Schlämmrückständen und Smear Slides beobachtet und z. T. zur sicheren Bestimmung angereichert und geröntgt. Die Mineralien der Siltite wurden im Dünnschliff bestimmt und in Zweifelsfällen röntgenographisch nachgewiesen.

Minerale der Lutite

- *detritisch*: Quarz, Feldspat, ein Teil des Calcites, teilweise auch Tonmineralien, Glaukonit. Akzessorisch: Turmalin, Zirkon, Glimmer (Muskovit und Biotit).
- *authigen*: Tonmineralien (Illit/Chlorit), Calcit, Dolomit, Pyrit, Glaukonit (?), Phosphorit (?), Goethit, Hämatit.

Minerale der Siltite

- *detritisch*: Quarz, Feldspat (Plagioklas), Calcit, z. T. Tonmineralien, Glaukonit, Pyrit (z. T.), Siderit (?). Akzessorisch: Zirkon, Turmalin, Rutil, Hellglimmer und Biotit.
- *authigen*: Tonmineralien (Illit/Chlorit), Calcit, Dolomit, Quarz, Pyrit, Glaukonit (?), Goethit, Phosphorit (?).

?Stilpnomelan und Chlorit (metamorphe Neubildungen) wurden nur in den Profilen Stelli und Flimserstein beobachtet. Die petrographische Zusammensetzung dieser Kalksiltite verändert sich über den ganzen Untersuchungsbereich kaum, so dass sich eine tabellarische Zusammenstellung der mineralogischen Daten aufdrängt. In Tabelle 3 werden die einzelnen Prozentgehalte mit ihren Mini-

Tabelle 3: Mineralogische Zusammensetzung der Siltite aus den Amdener Mergeln

Siltite aus den Profilen Amden, Rotwand, Fluhbrig, Schülberg, Underbäch, N des Stierenbaches, Diegisbalm und Rawilpass

Mineralien	durchschnittl. Prozentsatz	Bemerkungen	Korngösse	Kornform
Quarz und Feldspat (detritisch)	15-25%	Minimum 5%: Amden Maximum 40%: Fluhbrig	alle detritischen Komponenten \mp gleichkörnig: \varnothing 0.03-0.06 mm	Detritus: eckig bis kantengerundet
Kalzit (detritisch)	30-40%	Schätzungen erschwert durch die Neubildungen		
autigener Quarz	1-3%	eher selten		
autigener Kalzit	bis 10%	Umkristallisation ?	idiomorphe Rhomben doppelt so gross wie Detritus	z.T. idiomorph
autigener Dolomit	1-5%			
Tonmineralien	bis 25%			
Siderit	1%	möglicherweise nur detritisch	\varnothing 0.01 (falls körnig)	feindispers selten körnig
Glaukonit Phosphorit	1%	Maximum 5% , Glaukonit selten in Goethit umgewandelt, dunkle Körner zeigen helle Ränder	\varnothing 0.02-0.05	z.T. gut gerundet
Pyrit	1-5%	teilweise lagig angereichert oder Nester bildend	\varnothing 0.02-0.05	idiomorph framboidal gerundet
Akzessorien	1%	Turmalin, Rutil, Zirkon, Hellglimmer, Biotit längliche Mineralien eingeregelt		
Fossilien	max. 5%	Calcisphaeruliden oder Globigerinen, können aber fehlen		

mal- und Maximalwerten sowie die durchschnittliche Korngrösse der entsprechenden Mineralien aufgeführt. Darin sind alle Untersuchungsergebnisse der Kalksiltite aus den Profilen Amden, Rotwand, Fluhbrig, Schülberg, Underbäch, N des Stierenbaches, Diegisbalm und Rawilpass berücksichtigt.

Fazies-Verfälschungen zwischen Amdener Formation und Wang-Formation

Schon 1909 lehnt ARN. HEIM (BÖHM & HEIM 1909, p. 14) nach einer Exkursion ins Drusberg-Gebiet eine Fazies-Verfälschung zwischen der Amdener Formation und Wang-Formation ab. Auch nach Neubegleichen und Diskussionen mit P. STACHER (in Vorb.) konnten keine seitlichen Fazies-Übergänge von den Amdener Mergeln zur Wang-Formation erkannt werden. Weder in der E-W noch in der N-S Abwicklung wurden entsprechende Hinweise gefunden.

In den südlichsten noch erhaltenen Profilen der Amdener Mergel dauerte die Sedimentation bis ins untere Obercampanian. In diesen Profilen setzt die Wang-Formation im oberen Obercampanian ein. Weiter südlich, wo die Amdener Mergel bereits primär fehlen oder erodiert wurden, bevor die Sedimentation der Wang-Formation begann, zeigen die ältesten Wang-Anteile meistens obercampanes Alter. Allerdings ist die Unterteilung des Campanian, besonders des oberen Campanian, in der Wang-Formation mangels Leitformen nicht immer eindeutig.

Hingegen sind in einigen Profilen (z. B. Schülberg, Saum usw.) allmähliche stratigraphische Übergänge von der typisch tonigen Amdener- zur typisch sandigen Wangfazies festzustellen. Dieses Übergangsglied wird der Wang-Formation zugerechnet und Wang-Basisschichten (W_0b) genannt. Es ist charakterisiert durch Wechsellagerung von Amdener Mergeln und Wang-Schiefern bzw. -Kalken.

Entwicklung der Detrituszufuhr von den Seewer Kalken zur Wang-Formation

Aus der praktisch reinen biogenen Fazies der Seewer Kalke entwickeln sich durch detritische Zufuhr von Tonmineralien, Karbonat und wenig Quarz die mergeligen Zwischenlagen der Choltal-Schichten. Diese Zufuhr setzt zeitweise wieder aus. Während dieser Zeitabschnitte läuft die Sedimentation vom Typ der Seewer Kalke weiter, wobei die nichtdetritischen Intervalle gegen oben zusehends, wenn auch langsam, geringmächtiger werden und schliesslich ganz ausbleiben. Danach beginnt die Ablagerung der Amdener Mergel mit mehr oder weniger kontinuierlicher Detrituszufuhr.

Die mineralogische Zusammensetzung des Detritus verändert sich über das ganze Profil kaum. Die prozentuale Zusammensetzung hingegen kann mehr oder weniger stark schwanken, wobei an diesen Schwankungen praktisch nur die Karbonat- und Tongehalte beteiligt sind; nimmt der Karbonatgehalt in den Lutiten ab, steigt der Tongehalt und umgekehrt.

Der Quarzgehalt zeigt innerhalb des Profils nur geringfügige Unterschiede, nimmt aber gegen die Wang-Formation leicht zu (vgl. Profil 10: N des Stierenbaches), wobei er von 1 bis 2% im unteren Teil der Amdener Mergel auf maximal 5% im oberen Teil ansteigt. In den sandigen Kalken ist eine Korngrössenzunahme von den Amdener Mergeln zur Wang-Formation zu beobachten (von \varnothing 0,04–0,06 mm auf \varnothing 0,08–0,09 mm, STACHER, in Vorb.).

Allgemein ist der Sandeinfluss in den zentralschweizerischen Profilen sowie in Amden am grössten und nimmt gegen S, W und E ab. Dabei steigt der Quarzgehalt nie über 5%, während der Karbonat-Detritus den grössten Anteil der Sandfraktion stellt (30–40%).

Im Vorarlberg (Rudachbach) ist der Einfluss des Ton-Detritus bedeutender als in allen anderen Profilen, während in den südlichen Profilen (vor allem «Chli Sternen») und beschränkt auch in den westschweizerischen Profilen der Detritusanteil allgemein viel geringer ist. Die primären Mächtigkeitsabnahmen in diesen Profilen sind ein Hinweis hierfür (vgl. Fig. 51).

Faziesentwicklung von den Choltal-Schichten zur Wang-Formation

Während in den Seewer Kalken Spuren grabender Organismen eher selten sind (mit lokalen Ausnahmen), begünstigt die geringe, aber nährstoffreiche Detrituszufuhr zur Zeit der Sedimentation der Choltal-Schichten ihre Verbreitung. Die zunehmende Menge an Detritus in den Amdener Mergeln verursacht jedoch wieder ein weitgehendes Verschwinden dieser Fauna. Somit sind Bioturbationsphänomene nur in den Choltal-Schichten und z. T. auch in den unteren Amdener Mergeln häufig zu beobachten, während sie in den Seewer Kalken und im mittleren und oberen Teil der Amdener Mergel praktisch fehlen. Sobald die ständige Durchwühlung der obersten Sedimentschicht durch diese Organismen abnimmt, wird die Durchlüftung schlechter, und sofort tritt etwas Pyrit (1–2%)

auf. Diese Beobachtung führt zum Schluss, dass von den Choltal-Schichten zu den Amdener Mergeln ein Milieuwechsel – allerdings erst während der frühen Diagenese – stattgefunden haben muss. Diese Veränderungen sind jedoch nur in einigen wenigen Profilen (u. a. Rotwand und Fluhbrig) anhand der pyritisierten Faunen zu belegen. Erst die leicht bituminösen und verkieselten Horizonte der Wang-Formation lassen auf deutlich verschiedene Diagenese-Bedingungen schliessen (vgl. Tab. 4).

Tabelle 4: Faziesentwicklung von den Choltal-Schichten zur Wang-Formation

Formation/Member	Sedimentationsmilieu	Milieu im Bodenschlamm	Bemerkungen
Wang-Formation	oxydierend z. T. reduzierend	reduzierend	bituminöse Horizonte → reduzierend
Amdener Formation	oxydierend	oxydierend z. T. reduzierend	Schlammwühler verschwinden wegen grösserer Detrituszufuhr
Choltal-Schichten	oxydierend	oxydierend	aerobes Milieu → Ansiedlung von Schlammwühlern

VI. Makrofauna

Das für diese Arbeit gesammelte Probenmaterial zeigt in den Schlämmrückständen nur vereinzelte pyritisierte Ammoniten- und Gastropodenreste, einen Brachiopoden (ein einziges Exemplar!) sowie Inoceramen-Bruchstücke, wobei letztere stellenweise sehr häufig sind. Bei den Profilaufnahmen stellte sich allerdings heraus, dass die pyritisierten Faunen eine sehr beschränkte regionale Verbreitung haben, denn sie finden sich nur – von ENE gegen WSW – in einigen wenigen Proben der Profile Amden, Rotwand, Fluhbrig, Schülberg, und N des Stierenbaches. Diese meistens artenarmen Faunen sind zudem durchwegs sehr schlecht erhalten und eignen sich demzufolge nicht für stratigraphische Untersuchungen.

MAYER-EYMAR (1890) und BLUMER (1905) beschreiben als erste austernreiche Horizonte aus den Amdener Mergeln im Ost-Säntis, welche sie als *Pycnodonta vesicularis*-Bänke bzw. als Austernbänke bezeichnen. Weitere solcher Vorkommen werden von ARN. HEIM & OBERHOLZER (1907) sowie HERB (1962) aus Amden und von JEANNET (1923) aus der Schülberg-Region beschrieben. 1933 bzw. 1935 beobachteten OBERHOLZER bzw. OCHSNER diese horizontal maximal über 10 bis 20 m verfolgbaren Horizonte auch im Trepsental. Bei den Profilaufnahmen wurden zwar keine an Austern angereicherten Horizonte, dafür sehr reiche Inoceramen-Lagen gefunden. Vor allem im unteren Teil der Amdener Mergel waren sie besonders häufig anzutreffen. Diese Bivalven fanden sich in den Profilen der Amdener Mulde, des Schülberges und Fluhbrigs sowie im Forsttobel bei Brülisau.

Wie bereits im historischen Überblick erwähnt, suchten vor allem ARN. HEIM und ROLLIER mit beachtlichem Erfolg nach guten Fossilfundstellen. HEIMS pyritisierte Zwergfauna aus Amden wurde von BÖHM (BÖHM & HEIM 1909) bestimmt, während ROLLIER (1923) ausführliche Fossillisten aus den Amdener Mergeln westlich von Eichberg bei Wildhaus anführt. Im folgenden werden zur Vervollständigung die Fossillisten von BÖHM & ARN. HEIM (1909) und ROLLIER (1923) angeführt.

BÖHM bestimmte folgende Gattungen und Arten:

«Leibodenmergel» (Emscherian):

Ammoniten:

Baculites oberholzeri BÖHM
Desmoceras cf. diphyloides FORBES
Gaudryceras cf. mite v. HAUER

Echinodermen:

Spatangiden

Gastropoden:

Cinulina (Avellana) fabaeformis BÖHM
Chenopus sp.
Drepanocheilus vagans BÖHM
Eutrochus escheri BÖHM

Lunatia cf. geinitzi D'ORBIGNY
Margaritella ganzi BÖHM
Margaritella lensiformis BÖHM
Nerinea sp.
Pyrgulifera cf. acinosa ZEKELI
Spinigera sp.
Trochus trilix BÖHM
Trochus (Ziziphinus) studeri BÖHM

Bivalven:

Inoceramus sp.
Nucula stachei ZITTEL
Ostrea sp.

«Leistmergel» (Aturien, besonders Campanian):

Spongien:

Ventriculites escheri RAUFF

Ammoniten:

Baculites sp.
Gaudryceras sp.
Hamites sp.
Phylloceras sp.
Tetragonites subepigonum BÖHM

Echinodermen:

Micraster brongnarti HÉBERT
Spatangiden

Gastropoden:

Astrarium arbenzi BÖHM
Bullinella heimi BÖHM
Cerithium baumgaertneri BÖHM
Cinula (Avellana) sp.
Discohelix cf. simplex HOLZAPFEL
Drepanocheilus vagans BÖHM
Lunatia cf. stoliczkai HOLZAPFEL

Margarita radiatula FORBES
Margaritella ganzi BÖHM
Margaritella lensiformis BÖHM
Natica protensa BÖHM
Pyrgulifera helvetica BÖHM
Ringicula sp.
Scala sp.
Solariella alpina BÖHM
Tornatellaea subdoliolum BÖHM
Trochus granifer BÖHM
Turritella sp.

Bivalven:

Axinus arnoldi BÖHM
Cardium sp.
Inoceramus sp.
Nucula sp.
Trigonia sp.

Scaphopoden:

Dentalium sp.

ROLLIERS Fossillisten (1923) aus den senonen «Leistmergeln» unterscheiden sich wesentlich von BÖHMS Untersuchungsergebnissen. Bei seinen Bestimmungen liegt der Schwerpunkt auf den verschiedenen Bivalven-Arten, während BÖHM bzw. HEIM wahrscheinlich schon beim Aufsammeln den Gastropoden mehr Aufmerksamkeit schenkten.

«Leistmergel» (Senonian):

Ammoniten:

Baculites incurvatus DUJARDIN, D'ORBIGNY & SCHLÜTER
Baculites sp.
Scaphites binodosus ROEMER

Echinodermen:

Micraster cor columbarium DÉSOR

Gastropoden:

Lispodesthes schlotheimii ROEMER
Turritella multistriata REUSS

Bivalven:

Arca (Barbatia) sp.
Arcopagia numismalis D'ORBIGNY
Cardium (Granocardium) cf. productum SOWERBY

Goniomya designata GDF.
Leguminaria truncatula REUSS
Liopistha aequivalis GDF.
Inoceramus balticus BÖHM
Inoceramus cuvieri MANTELL
Inoceramus inconstans WOOD
Inoceramus cf. mytiloides MANTELL
Inoceramus sp.
Ostrea (Actinostreon) acanthonota COQUAND
Ostrea clarata NILSSON
Lopha lunata NILSSON
Neithea sexcostatus WOOD
Chlamys sp.
Tellina subdecussata ROEMER
Thracia grandis REIS

Viele der aufgeführten Gattungen leben heute noch und sind als Flachwasserbewohner, einige sogar als ausgesprochene Warmwasserbewohner bekannt (*Ostrea* z.T., *Nerinea*, *Margarithes*, *Lopha* und *Trigonia*), während *Lopistha* (*Promyacea*), *Nucula* und *Dentalina* vorwiegend im tieferen Wasser vorkommen. Charakteristisch für viele der heute noch lebenden Formen ist, dass sie als Epi- oder Endobenthonten ein weiches schlammiges Sediment als Unterlage bevorzugen. Hingegen ist über die Lebensweise der in BÖHMs Bestimmungen öfters auftretenden Opisthobranchia (*Bullinella*, *Cinula*, *Ringicula*, *Tornatellea*) immer noch wenig bekannt.

Mit diesen wenigen, eher allgemeinen Angaben über vergleichbare noch lebende rezente Vertreter sollten keine Rückschlüsse auf das Ablagerungsmilieu der Amdener Mergel gemacht werden. Umsomehr als in beiden Publikationen (BÖHM & HEIM 1909, ROLLIER 1923) keine Antworten auf die folgenden Fragen zu finden sind, welche für eine Interpretation unerlässlich wären:

- a) Sind die Zwergfaunen Jugendpopulationen, oder spielte die Fraktionierung bei der Aufarbeitung eine Rolle, oder handelt es sich um ökologisch bedingten Zwergwuchs (z. B. Algenwiesen-Biocoenosen)?
- b) Wie sind die einzelnen Gattungen und Arten mengenmässig in der gesamten Faunenvergesellschaftung vertreten? Wurden sie über einen Aufschluss verstreut oder aus Fossilnestern gesammelt?

Weiter tauchte die Frage auf, ob die pyritisierten Kleinstformen richtig bestimmt wurden.

Von den bereits an der Kreide/Tertiär-Grenze ausgestorbenen, nektonisch lebenden Gattungen (*Tetragonites*, *Phylloceras*, *Baculites* und *Inoceramus*) wird angenommen, dass sie eher in tieferem Wasser (offenmeerische Bedingungen) lebten. Aber auch von ihnen können keine genaueren Fazieshinweise erwartet werden, da nichts über die Häufigkeit ihres Auftretens in den Amdener Mergeln bekannt ist.

Die Tatsache, dass nur in einigen wenigen Profilen eine Makrofauna gefunden wurde, lässt an die zwei folgenden alternativen Interpretationsmöglichkeiten denken, wobei allerdings keine der beiden schlüssig zu beweisen ist:

1. Entweder lebten die Tiere als Epöken auf Tangen oder in ökologischen Nischen am Ort der späteren Einbettung,
2. oder die bereits pyritisierte Zwergfauna wurde vom seichteren in tieferes Wasser transportiert, z. B. vom Schelf auf den Kontinentalabhang.

Gegen die erste Interpretation sprechen u. a. die aus den Mikrofaunen-Untersuchungen resultierenden Tiefenangaben (100–300 m in den jüngsten Amdener Mergeln der nördlichen Profile). Zudem sprechen die oben angeführten Seichtwasserformen gegen grössere Tiefen als 60 m. Möglicherweise bewirkten aber gerade diese relativ grossen Tiefen eine Verzweigung der Faunen (?). Gegen die zweite Interpretationsmöglichkeit spricht, dass auch bei den aufgearbeiteten Mikrofaunen keine Seichtwasserformen gefunden wurden. Zudem scheint eine Aufarbeitung von pyritisiertem Material eher unwahrscheinlich. Weiter fehlen für den Transport vom Schelf auf den Kontinentalabhang weitgehend die sedimentologischen Beweise, denn nirgends können Rinnen oder ehemalige submarine Kanäle beobachtet werden. Dies kann aber möglicherweise mit der einheitlichen Korngrösse und der monotonen mineralogischen Zusammensetzung der Amdener Mergel in Zusammenhang gebracht werden. So können Unebenheiten in der Topographie vollständig verschwinden, wenn sich der Mineralbestand und die Korngrösse während verschiedener Ablagerungszeiten nicht verändern. Wahrscheinlich waren die Strömungen für eine Umlagerung der Makrofaunen zu gering.

VII. Mikrofauna

Einleitung

Bereits 1878 erwähnt ESCHER in seiner «Geologischen Beschreibung der Sentisgruppe» Foraminiferen als eine der Fossilgruppen aus der Amdener Formation, ohne allerdings genauere Bestimmungen dieser Mikroformen zu geben. Diese auf der Gesteinsoberfläche als Pünktchen erscheinenden Foraminiferen veranlassen HEIM (1905), die mächtigen Mergelpakete als «Körnchenschiefer» zu bezeichnen.

KAUFMANN findet 1877 «Nonioniden und Textilarien» in den Seewer Schichten und bezeichnet die Calcisphaeruliden als *Lagena ovalis* und *Lagena sphaerica*. Als nächste beschreiben HEIM (1910) und ROLLIER (1912) aus den Oberkreide-Mergeln (Niveau nicht bekannt) verschiedene Arten der Gattungen *Globigerina*, *Rotalia* und *Textularia*. Diese ersten mikrofaunistischen Untersuchungen wurden an Dünnschliffen oder Anschliffen gemacht. Noch 1944 untersucht BOLLI die Globotruncana-Abfolge in der Amdener Formation nur mit Hilfe dieser Methoden.

Erst LANGE (1956) und einige Jahre später auch HERB (1962) lösen mit verschiedenen Aufbereitungsmethoden die benthonischen und planktonischen Foraminiferen zur sicheren Bestimmung aus den Amdener Mergeln heraus. Sie geben erstmals ausführliche Fossilisten für die Amdener Formation. In THIERSTEIN (1969, 1971) und KUHN (1972) wird neben den planktonischen und benthonischen Foraminiferen (letztere sind in KUHN (1972) in guten Abbildungen zusammengestellt) zum ersten Mal das kalkige Nannoplankton aus dem Santonian des Helvetikums detailliert beschrieben und illustriert (THIERSTEIN 1971).

In den Arbeiten von HERB (1965) und KUHN (1972) werden die Foraminiferen nicht nur beschrieben, sondern auch zu ökologischen Interpretationen beigezogen. Unter anderem kommt HERB (1965) zu folgenden Schlüssen:

«Allgemein kann vom Seewerkalk bis in den obersten Teil der Leistmergel eine Zunahme des Tongehaltes der Sedimente beobachtet werden. Parallel hiezu liegt ein Wechsel von einer praktisch rein pelagischen zu einer gemischt planktonisch/benthonischen oder überwiegend benthonischen Mikrofauna vor. Es darf somit auf eine Abnahme der Ablagerungstiefe dieser Sedimente, besonders im Bereich der Amdenerschichten, geschlossen werden.»

Auch KUHN (1972) kommt nach seinen Untersuchungen in der Äusseren Einsiedler Schuppenzone zu ähnlichen Schlüssen.

Planktonische Foraminiferen

Aus den Mergeln der Amdener Formation wurden folgende planktonische Foraminiferen bestimmt:

Globotruncana angusticarinata GANDOLFI
Globotruncana arca (CUSHMAN)
Globotruncana bulloides VÖGLER
Globotruncana carinata DALBIEZ
Globotruncana concavata (BROTZEN)
Globotruncana coronata BOLLI
Globotruncana elevata (BROTZEN)
Globotruncana fornicata PLUMMER
Globotruncana globigerinoides BROTZEN
Globotruncana lapparenti BROTZEN
Globotruncana leupoldi BOLLI

Globotruncana linneiana (D'ORBIGNY)
Globotruncana primitiva DALBIEZ
Globotruncana renzi GANDOLFI
Globotruncana stuartiformis DALBIEZ
Globotruncana tricarinata (QUEREAU)
Globotruncana ventricosa WHITE
Heterohelix reussi (CUSHMAN)
Rugoglobigerina rugosa (PLUMMER)
Sigalia decoratissima (DE KLASZ)
Sigalia carpatica SALAJ & SAMUEL
Ventilabrella glabrata (CUSHMAN)

Wie diese Liste zeigt, gehören die meisten planktonischen Vertreter zur Gattung *Globotruncana*, seltener sind Arten der Gattung *Heterohelix* und *Rugoglobigerina*. Als Durchläufer sind *Globotruncana bulloides*, *G. lapparenti*, *G. linneiana*, *G. tricarinata* und *G. globigerinoides* in allen Profilen und praktisch in jeder Probe zu beobachten.

Marginulina cretacea CUSHMAN
Marginulina curvatura CUSHMAN
Marginulina silicula (PLUMMER)
Marginulina jarvisi CUSHMAN
Neoflabellina deltoidea (WEDEKIND)
Neoflabellina gibbera (WEDEKIND)
Neoflabellina cf. numismalis (WEDEKIND)
Neoflabellina praerugosa HILTERMANN
Neoflabellina ovalis (WEDEKIND)
Neoflabellina rugosa (D'ORBIGNY)
Neoflabellina suturalis CUSHMAN

Osangularia cordieriana (D'ORBIGNY)
Praebulimina kickapoensis COLE
Praebulimina proluxa CUSHMAN & PARKER
Praebulimina reussi MORROW
Pulvinulinella texana CUSHMAN
Pullenia coryelli WHITE
Pullenia minuta CUSHMAN
Pseudoglandulina cf. manifesta (REUSS)
Pyrulina cylindroides (ROEMER)
Vaginulina cf. selmaensis CUSHMAN
Valvulineria cf. umbilicatula (D'ORBIGNY)

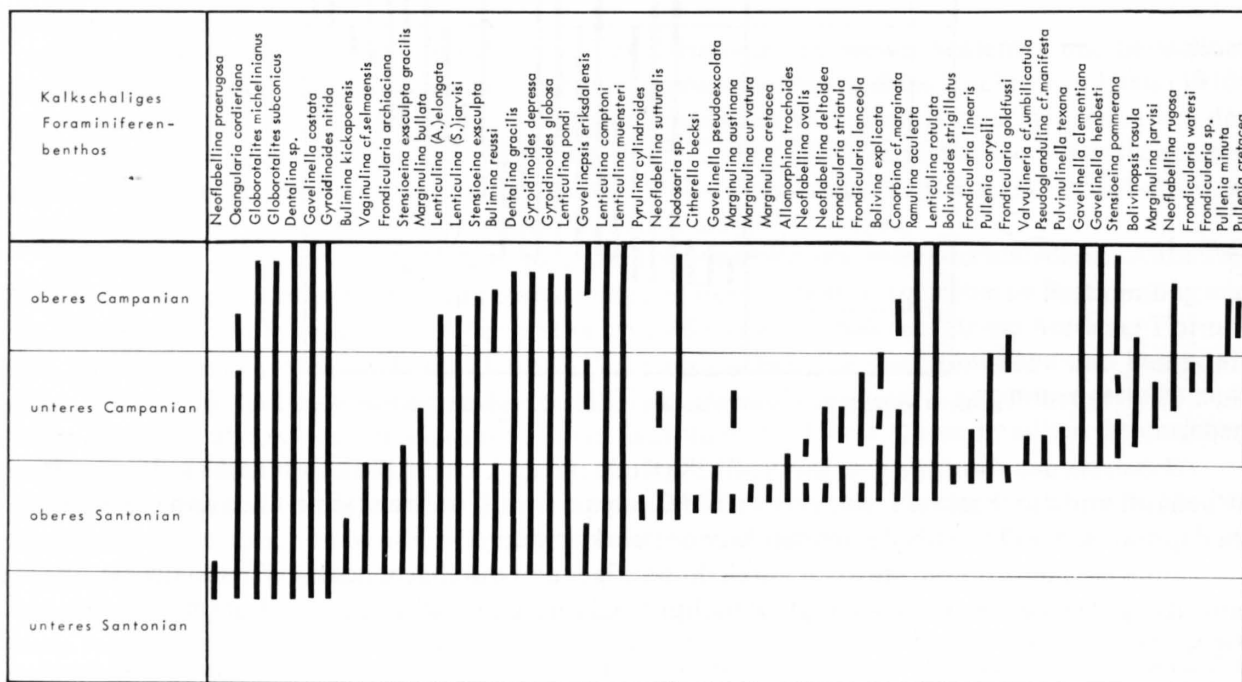


Fig. 44: Verbreitung der kalkschaligen benthonischen Foraminiferen in der Amdener Formation.

Sandschaliges Benthos

Häufige Arten:

Arenobulimina obliqua (D'ORBIGNY)
Arenobulimina d'orbignyi (REUSS)
Ataxophragmium compactum BROTZEN
Bathysiphon sp.
Dorothia conula REUSS
Dorothia oxycona (REUSS)
Gaudryina bronni (REUSS)
Gaudryina cretacea (KARRER)
Gaudryina laevigata FRANKE
Gaudryina rugosa D'ORBIGNY
Triplasia munchinsoni (FRANKE)
Tritaxia frankei CUSHMAN
Tritaxia pyramidata REUSS
Tritaxia tricarinata (REUSS)
Verneuilina cretacea CUSHMAN
Verneuilina limbata CUSHMAN
Verneuilina muensteri REUSS

Seltenere Arten:

Ammobaculites coprolithiformis (SCHWAGER)
Ammobaculites fragmentarius CUSHMAN

Ammodiscus cretacea (REUSS)
Bolivinaopsis rosula (EHRENBERG)
Cribrostomoides trinitatensis CUSHMAN & JARVIS
Dorothia trochus (D'ORBIGNY)
Dorothia ellisorae (CUSHMAN)
Eggerella trochoides (REUSS)
Gaudryina foeda (REUSS)
Gaudryina (Siphogaudryina) austriana CUSHMAN
Glomospira charoides (JONES & PARKER)
Glomospira gordialis (JONES & PARKER)
Haplophragmium grande REUSS
Haplophragmoides advenus CUSHMAN
Haplophragmoides excavata CUSHMAN & WATERS
Haplophragmoides eggeri CUSHMAN
Haplophragmoides kirki WICKENDEN
Haplophragmoides rugosa CUSHMAN & WATERS
Heterostomella austriana CUSHMAN
Heterostomella faveolata (MARSSON)
Heterostomella leopolitana (OLSZEWSKI)
Hyperammina sp.
Lituola sp.
Lituotuba lituiformis (BANDY)

Reophax texanus CUSHMAN & WATERS
Reophax sp.
Spiroplectammina laevis (ROEMER)
Spiroplectammina senona BROTZEN
Spiroplectammina navarroana CUSHMAN

Textularia subconica FRANKE
Textulariella cretosa CUSHMAN
Trochammina diagonis (CARSEY)
Trochammina globigerinoides PARKER & JONES

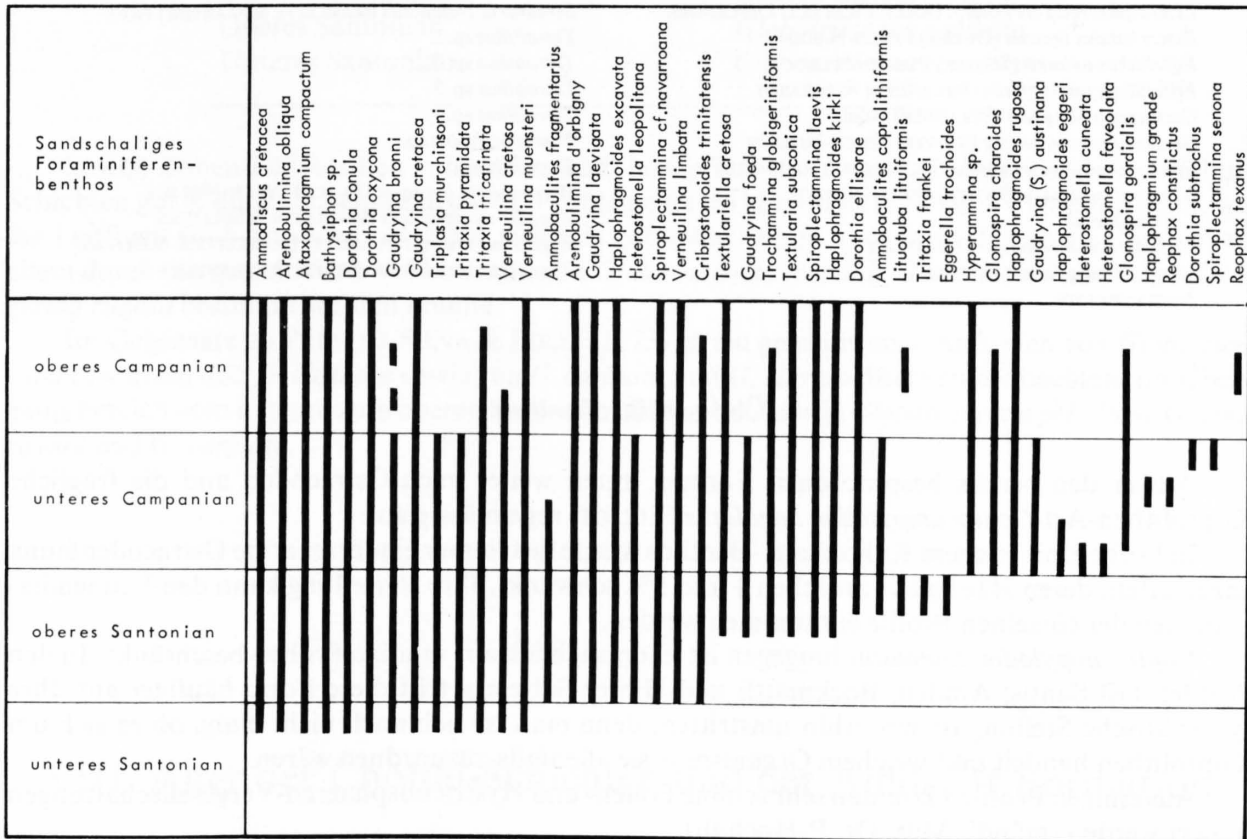


Fig. 45: Verbreitung der sandschaligen Foraminiferen in der Amdener Formation.

Diese Fossilisten zeigen, dass die häufig auftretenden Gattungen den Familien Nodosariidae (*Lenticulina*, *Dentalina*), Anomaliniidae (*Gavelinella*, *Stensioeina*), Osangulariidae (*Gyroidinoides*, *Globorotalites*) und Ataxophragmiidae (*Dorothia*, *Arenobulimina*, *Gaudryina*, *Tritaxia*, *Verneuilina*, *Heterostomella*, *Ataxophragmium*) zuzurechnen sind. Die in Klammern aufgeführten Gattungen werden in den Diagramm-Darstellungen der einzelnen Profile (Nrn. 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24 und 26) einzeln oder in kleinere Gruppen (Unterfamilie Verneulininae) zusammengefasst aufgetragen. Die übrigen benthonischen Foraminiferen finden sich in diesen Darstellungen – wegen ihrer geringen Individuenzahl – unter der Signatur «restliche Benthonten».

Aus den generellen Verbreitungstabellen des kalkschaligen und sandschaligen Benthos (Fig. 44 und 45) ist ersichtlich, dass innerhalb des bestimmten Benthos nur wenige Formen, wie *Gavelinella*, *Stensioeina*, *Neoflabellina* und *Bolivinoidea*, als Leitfossilien in Frage kommen (vgl. Abschnitt «Zonierung mit Hilfe der Foraminiferen»).

Kalkiges Nannoplankton

Das kalkige Nannoplankton ist im untersuchten Profil «N des Stierenbaches» kärglich und meistens schlecht erhalten. Wie der Nannoplankton-Tabelle (Fig. 14) zu entnehmen ist, treten von den 35 Arten nur etwa 10 regelmässig auf, und diese sind zugleich etwas häufiger als die übrigen. Daraus konnten folgende Arten bestimmt werden:

Arkhangelskiella sp. 1
Arkhangelskiella sp. 2
Biscutum sp.
Braarudosphaera bigelowi (GRAU & BRAARUD) DEFLANDRE
Cretarhabdus conicus BRAMLETTE & MARTINI
Cretarhabdus decorus (DEFLANDRE) BRAMLETTE & MARTINI
Cribrosphaerella ehrenbergi (ARKHANGELSKY) DEFLANDRE
Discorhabdus ignotus (GORKA) PERCH-NIELSEN
Eiffellithus eximius (STOVER) PERCH-NIELSEN
Eiffellithus turriseiffeli (DEFLANDRE) REINHARDT
Gartnerago obliquum (STRADNER) NOËL
Glaukolithus compactus (STOVER) PERCH-NIELSEN
Glaukolithus diplogrammus (DEFLANDRE) REINHARDT
Glaukolithus fessus (STOVER) PERCH-NIELSEN
Lithastrinus sp.
Lucianorhabdus cayeuxi DEFLANDRE
Micula staurophora VEKSHINA
Nannoconus sp.

Parhabdolithus embergeri (NOËL) STRADNER
Prediscosphaera cretacea (ARKHANGELSKY) GARTNER
Prediscosphaera spinosa (BRAMLETTE & MARTINI) GARTNER
Reinhardtites anthophorus (DEFLANDRE) PERCH-NIELSEN
Rhagodiscus sp.
Stephanolithion laffittei NOËL
Stradneria crenulata (BRAMLETTE & MARTINI) NOËL
Tetralithus sp. 1
Tetralithus sp. 2
Tetralithus sp. 3
Tetralithus sp. 4
Thoracosphaera sp.
Tranolithus sp.
Watznaueria barnesae (BLACK) PERCH-NIELSEN
Zygodiscus sigmoides BRAMLETTE & SULLIVAN
Zygotolithus crux (DEFLANDRE) BRAMLETTE & SULLIVAN
Zygotolithus tarboulensis SHAFIK & STRADNER

Übrige Mikrofossilien

Ausser den bereits besprochenen Formen treten weiter auch Ostracoden und die fragliche Kopolithen-Art *Coptocampylodon lineolatus* (ELLIOT) regelmässig auf.

In Proben mit reichem Kalkschaler-Benthos wurde fast immer eine artenarme Ostracodenfauna angetroffen, deren Häufigkeit zwischen 1 und 5% schwankt. Ihre Verteilung kann den Faunendiagrammen der einzelnen Profile entnommen werden.

Coptocampylodon lineolatus hingegen ist hauptsächlich auf sandige Proben beschränkt. In den Profilen Ost-Säntis, Amden, Bockmattli und Hinter Sattellegg tritt diese Form häufiger auf. Ihre systematische Stellung ist weiterhin umstritten, denn man ist sich noch nicht einig, ob es sich um Kopolithen handelt und welchem Organismus sie allenfalls zuzuordnen wären.

Aus einigen Profilen konnten sehr schöne Pollen- und Hystriosphären-Vergesellschaftungen isoliert werden (mündl. Mitt. Dr. P. Hochuli).

Zonierung mit Hilfe der Foraminiferen

Nur wenige Formengruppen kommen als gute Leitfossilien in Frage. Bei den benthonischen Foraminiferen sind dies *Stensioeina*, *Neoflabellina*, *Bolivinoidea*, *Gavelinella* und *Bolivina*. *Neoflabellina*, *Bolivinoidea* und *Bolivina* sind mit Vorsicht zu verwenden, weil sie nur vereinzelt auftreten. Die Neoflabellinen sind oft nur in Bruchstücken erhalten. Es verbleiben somit nur *Gavelinella* und *Stensioeina*, welche – mehr oder weniger häufig – durchwegs vorhanden sind. Die meisten Profile fallen in den Zeitabschnitt oberes Santonian bis unteres Campanian, welcher etwa der Lebensdauer von *Gavelinella costata* und *Stensioeina exsculpta* entspricht, den beiden häufigsten Arten aus den oben genannten Gattungen. Im untersten Campanian tritt dann erstmals die skulpturierte *Gavelinella clementiana* auf. Es ist ungewiss, wie gut sie sich bei schlechter Faunenerhaltung von *Gavelinella pseudoexcolata*, ihrer skulpturierten Vorgängerin, abtrennen lässt. Daher taugt sie für diese Arbeit nicht als eigentliche Leitform, sondern dient höchstens als erster Zeithinweis. Auch die Abgrenzung von *Stensioeina exsculpta* gegen die untercampane *Stensioeina pommerana* kann aus demselben Grund nicht immer einwandfrei durchgeführt werden. Somit bleiben als einzige wirkliche Leitfossilien nur die Globotruncanen, mit *Globotruncana primitiva*, *G. concavata*, *G. carinata*, *G. elevata*, *G. stuartiformis*, *G. ventricosa* und *G. leupoldi*. Als weiteres Zeitkriterium gilt die relative Menge der *Rugoglobigerina rugosa* – eine Auffassung, die auch von M^{me} M. Caron, Fribourg, vertreten wird (mündl. Mitteilung). Für die Zonierung der Amdener Formation wird der Zonierungsvorschlag von PREMOLI-SILVA & BOLLI (1973) von Leg 15 des DSDP, mit den folgenden Stufenkorrelationen, verwendet:

Stufe	Zone
Oberes Campanian	<i>Globotruncana calcarata</i>
Unteres Campanian	<i>Globotruncana elevata</i>
Oberes Santonian	<i>Globotruncana carinata</i>
Unteres Santonian	<i>Globotruncana concavata</i>

Soweit Zonen-Leitfossilien vorhanden sind, lassen sich die Amdener Mergel und die Choltal-Schichten gut in dieses Schema einpassen. Probleme treten höchstens im oberen Campanian auf, wo die Leitform *Globotruncana calcarata* nirgends gefunden wurde und somit das obere Campanian allein durch das gemeinsame Vorkommen von *Globotruncana leupoldi*, *G. ventricosa* und *Rugoglobigerina rugosa* bestimmt werden konnte.

Im Gegensatz zu PREMOLI-SILVA & BOLLI (1973) ist ein gemeinsames Auftreten von *Globotruncana concavata* und *G. carinata* sowie von *G. carinata* und *G. elevata* öfters zu beobachten. Im Übergangsbereich vom unteren zum oberen Santonian finden sich häufig *Globotruncana primitiva*, *G. concavata* und *G. carinata*.

VIII. Alter der Choltal-Schichten und der Amdener Formation

(Vgl. Abschnitt VII: Zonierung mit Hilfe der Foraminiferen.)

Die *Choltal-Schichten* repräsentieren in den meisten Profilen das untere Santonian, den Übergangsbereich Unter-/Obersantonian und das unterste Obersantonian. In den Profilen, wo in den Choltal-Schichten nur obersantonisches Alter nachgewiesen wurde, fehlt *Globotruncana primitiva*, und nur *G. concavata* und *G. carinata*, oder sogar nur letztere allein, sind vorhanden. Zu Beginn der Sedimentation der Amdener Mergel konnte somit weder in N-S-Richtung noch in E-W-Richtung ein heterochrones Einsetzen dieser Fazies beobachtet werden.

Die Obergrenze der *Amdener Formation* liegt im Hauptverbreitungsgebiet (Fluhbrig, Rotwand, Fidisberg, Schülberg, Niederbauen-Gebiet) sowie im Osten (Vorarlberg) und auch im Süden (Satteli, Chli Sternen) im unteren Obercampanian.

In fünf Profilen aus dem nördlichen Südhelvetikum (Grabser Voralp, Hinter Sattellegg, Bockmattli, Rotzloch und Kleine Melchaa) kann nur Santonian nachgewiesen werden. Dies ist wahrscheinlich auf die ungünstigen Aufschlussverhältnisse, die tektonische Situation sowie auf die vor-eozäne Erosion zurückzuführen.

In den restlichen Profilen kann nur Santonian bis unteres Campanian ausgeschieden werden (Rawilpass, Wilerhorn, Flüeli Ranft, Diegisbalm, Beckenried, Underbäch und Huserstock), wobei als Grund für das Fehlen oder Nichterkennen der obersten Anteile auch die schlechte Faunenerhaltung angeführt werden kann (zur Altersverteilung in den einzelnen Profilen vgl. auch Fig. 51).

Das untere Santonian ist, sofern es überhaupt in den Choltal-Schichten nachgewiesen werden kann, in allen Profilen sehr geringmächtig.

IX. Ökologie

Einleitung

Neben der Altersdatierung der Amdener Formation ist die ökologische Faziesuntersuchung ein weiteres Ziel der vorliegenden Arbeit. In den Publikationen von HERB (1965) und KUHN (1972) wird für die Bestimmung der Ablagerungstiefe in erster Linie das Plankton/Benthos-Verhältnis beigezogen. Weiter betrachtet KUHN (1972) die Art der Benthos-Vergesellschaftung und vergleicht sie mit ähnlichen, bereits beschriebenen Faunen (La Jolla, Kalifornien, SLITER 1968). Als Beweis für eine relativ grosse Wassertiefe des Sedimentationsraumes der Amdener Mergel führt er die Seltenheit der Neoflabellinen an (OHMERT 1969).

Im nächsten Abschnitt sollen diese von KUHN und HERB bereits erwähnten Kriterien (Plankton/Benthos-Verhältnis, Art der Benthos-Vergesellschaftung) zum Teil noch eingehender besprochen und zusätzlich noch weitere, ökologisch bedeutsame Zusammenhänge aufgeführt werden.

Wichtige ökologische Kriterien

Die folgenden sechs Merkmale scheinen für die ökologische Interpretation von Foraminiferenfaunen – speziell der Oberkreide – charakteristisch zu sein:

1. das Verhältnis planktonische/benthonische Foraminiferen,
2. der Heterohelicien- und Hedbergellen-Anteil in der gesamten Plankton-Population,
3. die Zahl der Benthos-Gattungen und -Arten,
4. der prozentuale Anteil der Sandschaler,
5. charakteristische Benthos-Gattungen und -Familien,
6. die Schalenmorphologie.

Dazu werden im folgenden aus den wichtigsten Arbeiten einführende Bemerkungen zusammengestellt:

1. Das Verhältnis planktonische/benthonische Foraminiferen gilt als wichtiger Tiefenhinweis (PHLEGER & PARKER 1951, EICHER 1969). In der vorliegenden Arbeit wird der Benthos- bzw. der Plankton-Anteil als Prozentsatz der Gesamtfaua ausgedrückt. In den beiden zitierten Arbeiten wird ein steigender Plankton-Anteil mit grösseren Wassertiefen in Verbindung gebracht. So kann nach PHLEGER & PARKER im Golf von Mexiko bei Tiefen über 500 m ca. 80%, bei Tiefen über 900 m bis 90% Plankton in der Gesamtpopulation gefunden werden, während auf dem seichten Schelf nur noch maximal 20% Plankton anzutreffen ist.

2. Auch der Anteil der Heterohelicien und Hedbergellen am Gesamtplankton kann von Bedeutung sein. Nach DOUGLAS & SLITER (1966), EICHER & WORSTELL (1970) und SLITER (1972) scheinen sie gegenüber neritischen oder sonstigen schlechten Bedingungen toleranter zu sein als die Globotruncaniden. So finden sie sich als erste Planktonformen bei einer Transgression bzw. als letzte bei einer Regression, wobei ihr Vorkommen aber keineswegs nur auf seichtes Wasser beschränkt ist.

HART & CARTER (1975) zeigen, dass die Hedbergellen überhand nehmen, sobald ein Kaltwasser-einfluss vorhanden ist. Somit kann in der Kreide eine Unterteilung des Planktons in gekielte und ungekielte Gattungen helfen, Paläobreite, Paläotemperatur und Paläoströmungen zu interpretieren.

3. Die Zahl der Benthos-Gattungen und -Arten allein kann nicht als Tiefenindex verwendet werden, denn schon geringe Milieuveränderungen, wie plötzliche Detrituszufuhr oder Wassertemperatur-Änderungen oder Schwankungen im Redoxpotential können die Faunenzusammensetzung wesentlich beeinflussen. In den heutigen Ozeanen ist dennoch auf dem Kontinentalschelf allgemein

eine Zunahme des Artenreichtums (Diversität) mit zunehmender Tiefe festzustellen. Am oberen Kontinentalabhang bleibt die Zahl der Gattungen und Arten zuerst noch gleich wie auf dem äusseren Schelf, nimmt dann jedoch mit zunehmender Wassertiefe wieder ab (BANDY & ARNAL 1957, EICHER 1969, PHLEGER 1960, CHIERICI et al. 1962, FRERICHS 1970).

In PHLEGER (1960) werden folgende Zahlen für die Zeit nach dem Miozän bis heute für die verschiedenen Meeresbereiche angegeben:

<i>innerer Schelf</i> (20–60 m):	5 bis 15 Gattungen 15 bis 25 Arten davon 10–25% Sandschaler
<i>äusserer Schelf</i> (60–100 m):	20 bis 30 Gattungen 30 bis 40 Arten davon ca. 5% Sandschaler
<i>oberer Kontinentalabhang</i> (100–1000 m):	20 bis 30 Gattungen 30 bis 40 Arten ca. 5% der Population Sandschaler

Die Beobachtungen von CHIERICI et al. (1962) in der Adria und FRERICHS (1970) im Becken von Adaman stimmen ziemlich gut mit denjenigen von PHLEGER überein. Hingegen fand EICHER (1969) bei Untersuchungen im Gebiet des Greenhorn-Kreidemeeres in Ost-Colorado die meisten benthonischen Arten im Lagunen- und inneren Schelfbereich. Dies kann jedoch mit den teilweise extremen Milieubedingungen (Faulschlamm-Fazies) erklärt werden.

4. In derselben Publikation stellt EICHER (1969) fest, dass die Sandschaler ihre maximale Verbreitung im Marsch- und Lagunengebiet haben und dass sie gegen den Kontinentalabhang fast ganz verschwinden. Entsprechende Beobachtungen machen CARALP, LAMY & PUYOS (1970). Dabei untersuchten sie zusätzlich auch die Vergesellschaftungen der Tiefseefaunen. Sie fanden beim Auszählen der Faunenproben aus dem Golf von Gascogne folgende Zusammenhänge zwischen Wassertiefe und agglutinierendem Benthos:

<i>Wassertiefe:</i>	<i>Agglutinierendes Benthos:</i>
120–200 m	10–40%
200–1700 m	1–8%
1700–4000 m	bis 40%

5. Als letztes sollen die für die verschiedenen Tiefen charakteristischen benthonisch lebenden Familien, Gattungen und Arten aufgeführt werden. Während bei den agglutinierenden Formen generell schon die Familienvergesellschaftung von Bedeutung ist, müssen beim kalkschaligen Benthos die Gattungen oder noch besser die Arten bestimmt werden, um gezielte Aussagen über die Wassertiefe machen zu können (LOWMAN 1949, CARALP et al. 1970 und MURRAY 1973).

Bei den Sandschalern dominieren im Schelfbereich und auch am oberen Kontinentalabhang Formen aus den beiden Familien Ataxophragmiidae und Textulariidae – allerdings mit kontinuierlich abnehmender Individuenzahl gegen das offene Meeresbecken. Auf dem Abhang kommen vereinzelte Lituoliden, Saccaminiden und Astrorhiziden neu hinzu. In der Abyssalebene verschwinden die Textulariidae und Saccaminidae. Dafür zeigen sich die Astrorhizidae, Lituolidae, Hormosinidae und gewisse Ataxophragmiidae als wichtigste Elemente bei den agglutinierenden Formen. Bei den Kalkschalern sind unter anderem die verschiedenen Arten der Gattungen *Uvigerina*, *Trifarina*, *Bulimina*, *Eponides*, *Pullenia*, *Gyroidina*, *Bolivina*, *Cassidulina* und *Planulina* von Bedeutung (CARALP et al. 1970).

6. Aberrante Schalenmorphologie muss nicht unbedingt mit der Tiefe verknüpft sein. Sie ist vielmehr abhängig von der Salinität, der Nahrungsmenge, dem Sauerstoffgehalt, der Wasserbewegung und Wassertrübung, der Populationsdichte, der Sedimentunterlage sowie der Temperatur (HALLAM 1965). Interessant ist in diesem Zusammenhang eine Bemerkung in PHLEGER (1960), der auf ein Experiment von J. S. Bradshaw verweist, wonach Faunen unter optimalen Bedingungen im allgemeinen viel kleinwüchsiger sein können als jene, welche unter weniger günstigen Bedingungen leben.

Aber auch der Erhaltungszustand kann helfen, das Milieu zu rekonstruieren. So können zum Beispiel angelöste Foraminiferen, zusammen mit den oben erwähnten Kriterien, nützlich sein, um die Ablagerungstiefe zu bestimmen. Allerdings werden die Individuen je nach Schalendicke, Porosität und Verzierung unterschiedlich stark angelöst (SLITER 1975). Auch das Schalenmaterial (Calcit, Aragonit oder agglutiniertes Material) spielt dabei eine wichtige Rolle.

Pyritisierte und phosphoritisierte Formen geben spezifische Hinweise über das Ablagerungs- oder vor allem über das Diagenese-Milieu. Aber auch hier scheinen bestimmte Formen besonders anfällig zu sein.

Spezifische Tiefenindikatoren

Die folgende Liste soll zeigen, in welchen Meeresbereichen die heute noch vorkommenden Foraminiferen-Gattungen leben, wobei bei der Zusammenstellung darauf geachtet wurde, nur diejenigen zu berücksichtigen, welche auch tatsächlich in den untersuchten Proben gefunden wurden oder ihnen wenigstens sehr nahe stehen. Diese Liste wurde nach MURRAY (1973) zusammengestellt.

- Ammobaculites*: Marsch – innerer Schelf, warm-tropisch.
- Bolivina* und *Bulimina*: bathyal-marginal, 1–30°, schlammig.
- Cribr stomoides*: Schelf 0–150 m, (?) 15° C, sandig.
- Eggerella*: Lagune und innerer Schelf 0–100 m, arktisch bis warm.
- Gaudryina*: Schelf und oberes Bathyal 50–460 m, warm, sandig.
- Gavelinopsis*: Schelf und Bathyal 0–1000 m, warm.
- Gyroidina* (*Gyroidinoides*): Schelf und Bathyal, kalt, schlammig.
- Karrerella* (*Dorothia*): äusserer Schelf und Bathyal ab 100 m, 10° C, schlammig.
- Lenticulina*: äusserer Schelf und Bathyal ab 100 m, kalt, schlammig.
- Pullenia*: 150–600 m, 10° C, schlammig.
- Reophax*: Schelf 0–150 m, arktisch bis tropisch.
- Textularia*: Schelf und oberes Bathyal 50–640 m, arktisch bis tropisch, sandig.
- Trochammina*: I. Gruppe: Marsch, 0–30° C, schlammig.
II. Gruppe: Schelf bis Bathyal 0–2000 m, kalt bis warm.

Von den in der Liste aufgeführten Formen treten in den Amdener Mergeln und Choltal-Schichten nur *Gaudryina*, *Gyroidinoides*, *Dorothia*, *Lenticulina* und beschränkt auch *Reophax* häufiger auf. Alle diese Formen leben heute im tieferen Schelf und im Bathyalbereich.

Interpretation der Ökologie mittels der Mikrofauna

Die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind zur besseren Übersicht in Tabelle 5 zusammengestellt. Für Detail-Informationen wird auf die Faunentabellen und Faunendiagramme in den Profilbeschreibungen verwiesen. Zur Interpretation werden vor allem die im Abschnitt IX (wichtige ökologische Kriterien) aufgeführten Resultate aus Untersuchungen an rezenten Proben zu Vergleichszwecken beigezogen.

Verhältnis planktonische/benthonische Foraminiferen

Beim Betrachten der Werte aus den verschiedenen Profilen fällt auf, dass der Plankton-Anteil in den südlichen (Chli Sternen, Nr. 16), westlichen (Wilerhorn, Nr. 3) und östlichen (Rudachbach, Nr. 24) Profilen zwischen 70 und 90% liegt. In den übrigen Profilen schwankt er im unteren Abschnitt der Amdener Mergel zwischen 60 und 70% und geht dann in den obersten Amdener Mergeln

Tabelle 5: Zusammenfassung der Resultate aus den Mikrofaunen-Untersuchungen

Profile	durchschnittl. Karbonatgehalt in %	durchschnittl. Planktongehalt in %	durchschnittl. Benthosgehalt in %	durchschnittl. Kalkschaler-gehalt in %	bei Benthos-zunahme	bei Kalkgehalt-abnahme	Kalkschaler-Maximum	Aufgear-beitete Formen	Plankton - Arten-anzahl	Kalkschaler-Arten-anzahl	Sandschaler-Arten-anzahl	Artenanzahl Plankton/Benthos	Kalkschaler-Artenzahl zur Sandschaler-Artenzahl
Rudachbach	55%	S. 70% C. 80%	S. 30% C. 20%	40% Min. 20% Max. 75%	K(A)	unten B(A) oben B(Z)	o.S. u.C. u.C. o.C.		15	32	28	15/60	K > S
Amden	40-50%	u.OS. 60% o.OS. 35%	u.OS. 40% o.OS. 65%	40 %	u.OS. K(Z)	unten B(Z) oben B(A)	u.OS. o.OS.		13	34	37	13/71	S > K
Bockmattli	45%	55%	45%	40%	K(A)	B(Z)	u.OS.		14	25	30	14/55	S > K
Wägitalersee	45%	58%	42%	50%	K(Z)	B(Z)	u.OS.		12	9	10	12/19	S > K
Rotwand	40%	60-65%	35-40%	55%	K(Z)	B(Z)	C.	+	13	19	26	13/45	S > K
Fluhbrig	50%	60%	40%	50%	K(Z)	B(Z)	u.C.	+	12	21	21	12/42	S = K
Fidisberg	40%	u.OS. 75% o.OS. 60% u.OC. 25%	u.OS. 25% o.OS. 40% u.OC. 75%	45%	K(Z)	z. Teil B(A) B(Z)	u.OS. u.OS. u.C.	+	18	26	40	18/66	S > K
Schülberg	55% o. Teil 35%	u.UC. 70% o.UC. 60%	u.UC. 30% o.UC. 40%	45-65%	K(Z) z. Teil K(A)	B(Z)	u.OS. u.C. o.OC.	+	18	50	38	18/88	S < K
Chli Sternen	60%	88%	12%	40%	K(A)	B(A)	C.	+	15	21	19	15/40	S < K
Underbäch	50-55%	75%	25%	45-60%	K(Z)	B(Z)	o. S. u. C. o. C.	+	12	22	20	12/42	S < K
N des Stierenbaches	40-50%	o.S. + u.OC. 60% o.C. 25 %	o.S. + u.OC. 40% o.C. 75 %	45-50%	K(Z) o. Teil K(A)	B(Z) z. Teil B(A)	u.OS. o.OS. u.C. o.UC.	+	17	38	43	17/81	S > K
Saum	35%	30%	70%	50%	K(Z)	B(A)	u.C. o.UC.		13	26	31	13/57	S > K
Satteli	35%	S. + u.UC. 55% o.UC. 70%	S. + u.UC. 45% o.UC. 30%	65%	K(Z)	o.S. B(Z) u.C. B(A)	o.S. u.C.		15	30	28	15/58	K > S
Diegisbalm	40%	S. 65% C. 50%	S. 35% C. 50%	30%	K(Z)	B(A)	C.		11	13	15	11/28	S > K
Rotzloch		70-80%	20-30%										
Flüeli Ranft		S. 60% C. 45%	S. 40% C. 55%					+					
Wilerhorn		87%	13%										

C. = Campanian
o.C. = oberes Campanian
u.C. = unteres Campanian
o.OC. = oberes Obercampanian

u.OC. = unteres Obercampanian
o.UC. = oberes Untercampanian
u.UC. = unteres Untercampanian
S. = Santonian

o.S. = oberes Santonian
o.OS. = oberes Obersantonian
u.OS. = unteres Obersantonian
o.US. = oberes Untersantonian

B = Benthos
K = benthonische Kalkschaler
S = Sandschaler
(A) = Abnahme
(Z) = Zunahme

stellenweise bis auf 35–25% zurück. Vergleiche mit Untersuchungen von PHLEGER & PARKER (1951) und EICHER (1969) zeigen, dass die Ablagerungstiefe dieser oberkretazischen Sedimente zwischen 100 und 1000 m lag (vgl. Abschnitt X: Paläogeographische Interpretation).

Artenreichtum in der Amdener Formation

Die Faunentabellen zeigen, dass der Artenreichtum im Benthos von unten nach oben in den Amdener Mergeln zunimmt. Das trifft – allerdings nicht sehr ausgeprägt – auch von S nach N zu. Die Artenzahl ist jedoch von der Faunenerhaltung, der ausgelesenen Individuenzahl und, falls die Gesamtmenge der Arten innerhalb eines Profils betrachtet wird, auch von der Probenanzahl, stark abhängig.

Bei der Probenaufbereitung und später auch beim Auslesen der Faunen konnte festgestellt werden, dass in kalksandigen Proben mehr Sandschaler- als Kalkschaler-Arten auftreten. Das bedeutet, dass die Zahl der Kalkschaler abnimmt, sobald größerer Karbonat-Detritus (\varnothing bis 0,05 mm) zugeführt wird. Dies trifft für die Profile Amden (Nr. 22), Bockmattli (Nr. 20), Rotwand (Nr. 18), Fidisberg (Nr. 14), Saum (Nr. 11), N des Stierenbaches (Nr. 10) und Diegisbalm (Nr. 7) zu. Deutlich weniger Sandschaler- als Kalkschaler-Arten weisen die Profile Rudachbach (Nr. 24), Schülberg (Nr. 15), Underbäch (Nr. 12), Chli Sternen (Nr. 16) und Satteli (Nr. 8) auf. Dies lässt vermuten, dass die Anzahl der Sand- und Kalkschaler-Arten – neben den oben erwähnten Kriterien – auch von der Sedimentbeschaffenheit abhängig ist. Somit sollten Tiefenangaben, welche auf die Artenanzahl der einen oder der anderen Gruppe abgestellt sind, kritisch beurteilt werden.

Häufige Kalkschaler- und Sandschaler-Familien

Die Analysen der Faunenlisten sowie die Faunendiagramme zeigen, dass alle häufig auftretenden Kalkschaler in die Familien der Anomaliniidae, Nodosariidae und Osangulariidae fallen, während die meisten Sandschaler zur Familie Ataxophragmiidae gehören. Formen aus der Familie Textulariidae sind nur noch sporadisch anzutreffen. Bereits treten aber, wenn auch nicht sehr zahlreich, Formen der Familien Ammodiscidae, Hormosinidae, Astrorhizidae und Lituolidae, welche mehrheitlich auf tieferes Wasser – Kontinentalabhang bis Abyssalebene – beschränkt sind, auf. Dies lässt sich relativ gut mit den Untersuchungen von CARALP et al. (1970) an rezenten Tiefwasserfaunen vergleichen.

Heterohelicien- und Hedbergellen-Anteil

Die Heterohelicien und Hedbergellen sind, mit zwei Ausnahmen, durchwegs selten. Ihr Anteil am Plankton übersteigt fast nie 5%. Nur die Proben HLa 210 und 211, aus den ältesten Anteilen des Profils Fidisberg (Nr. 14), enthalten in der feinsten Schlämmfraktion (0,063–0,125 mm) 80 bis 90% kleinwüchsige Hedbergellen und Heterohelicien, jedoch nur wenige in der nächst größeren Fraktion.

Es ist schwierig, eine Erklärung für das häufige Auftreten dieser kleinen Formen zu finden, da es sich dabei um ein lokales Phänomen handelt. Eine Interpretationsmöglichkeit wäre, hier Auftrieb kalten Tiefwassers (up-welling) anzunehmen.

Beziehung zwischen Karbonatgehalt und Benthos-Anteil

Bei sinkendem Karbonatgehalt ist, mit wenigen Ausnahmen, eine Zunahme des Benthos gegenüber dem Plankton festzustellen. Zudem fällt auf, dass bei einem Anstieg des Benthos meistens nur die Zahl der Kalkschaler wächst. Einzig im Profil Chli Sternen (Nr. 16) werden mit sinkendem Karbonatgehalt die Benthos-Werte, wenn auch nur geringfügig, kleiner. Diese Tendenz ist nur mit einer

verminderten Karbonat-Detrituszufuhr zu erklären. Während einer solchen kalksandarmen Sedimentation treten die Kalkschaler wieder vermehrt auf. Die Menge an tonigem Detritus hingegen scheint sie kaum in ihrer Verbreitung zu hemmen.

Aufarbeitung

Wie aus den Faunentabellen der Profile Schülberg (Nr. 15), Underbäch (Nr. 12) und Saum (Nr. 11) ersichtlich ist, sind aufgearbeitete planktonische Leitfossilien (*Globotruncana concavata*, *G. carinata*) keine Seltenheit. Aufgearbeitetes Benthos muss dort vermutet werden, wo neben kalkigen Mikrofossilien ein Teil der Fauna pyritisiert oder phosphoritisiert ist (Rotwand, Nr. 18, und Fluhbrig, Nr. 19). Dies trifft auch zu, wenn in derselben Probe vereinzelte Foraminiferen eine Sedimentfüllung aufweisen, die von derjenigen der übrigen verschieden ist (Schülberg, Nr. 15). Die unregelmässigen Benthos-Verteilungen in den Faunendiagrammen könnten ebenfalls auf eine gewisse Aufarbeitung deuten. Aufgearbeitete Seichtwasser-Faunen sind allerdings nirgends sicher nachzuweisen.

Erhaltung

Angelöste Foraminiferen sind selten und treten nur im Zusammenhang mit Pyritisierung auf. Somit sind Anlösungserscheinungen ausschliesslich diagenetisch bedingt. Die schwankende Individuenzahl ist nicht nur vom z. T. diagenetisch beeinflussten Erhaltungszustand, sondern auch von den beschränkten Aufbereitungsmöglichkeiten der Proben und vom Tektonisierungsgrad abhängig. Allgemein liefern Proben aus Profilen mit geringeren Sedimentationsraten (vgl. Abschnitt X «Paläogeographische Interpretation») individuenreichere Faunen.

Faunenentwicklung vom Coniacian (oberer Teil der Seewer Kalke) bis ins obere Campanian (unterer Teil der Wang-Formation)

Anschliffe sowie Dünnschliffe aus den Seewer Kalken zeigen eine praktisch rein planktonische Fauna, bestehend aus Globotruncanen und Calcisphaeruliden. Die Globotruncanen und die wenigen benthonischen Foraminiferen und Ostracoden sind öfters in Nestern zusammengeschwemmt. Von den benthonischen Foraminiferen konnten nur Verneuilinen, Textularien und Lenticulinen einigermaßen zuverlässig im Dünnschliff erkannt werden. Die Bestimmung anderer Taxa bleibt dagegen problematisch. Weiter finden sich in den Seewer Kalken sporadisch Frassspuren von Echinodermen und anderen grabenden Organismen. In den Choltal-Schichten wird die Bioturbation häufiger und auch das Benthos bereits etwas zahlreicher. Während der Sedimentation der Amdener Mergel nimmt der Artenreichtum des Benthos weiter zu und erreicht sein Maximum im unteren Campanian. In den nördlichen Profilen (siehe Kapitel «Plankton/Benthos-Verhältnis», S. 66, und Tab. 5) ist im oberen Teil der Amdener Formation der Plankton-Anteil z. T. leicht sinkend. In der Wang-Formation bleibt dieser Prozentsatz, je nach paläogeographischer Lage des Profils, ungefähr gleich oder nimmt gegenüber den obersten Amdener Mergeln wieder geringfügig ab. Vergleiche der Faunenlisten aus der Wang-Formation und der Amdener Formation zeigen, dass die Benthos-Faunen sehr ähnlich sind. Zahlenmässige Vergleiche liegen jedoch keine vor, da die Faunen in der Wang-Formation meistens individuenärmer sind. Für die Verbreitung der einzelnen Benthos-Arten innerhalb der Amdener Formation wird auf die Figuren 44 und 45 sowie auf die betreffenden Profildarstellungen verwiesen.

In Figur 46 sind die Plankton-, Kalkschaler- und Karbonatgehalte der wichtigsten Profile zusammengefasst. Auf den ersten Blick fallen keine eindeutigen Entwicklungstendenzen auf. Der Karbonatgehalt ist, abgesehen von einigen wenigen Proben, sehr gleichmässig und zeigt nur geringfügige Schwankungen. Bei diesen stark abweichenden Proben handelt es sich im allgemeinen um verwitterte oder tektonisierte Gesteine. In letzteren konzentriert sich der Calcit in feinen Lamellen oder Calcitplättchen, welche ein lithologisches Merkmal der Amdener Mergel sind. Bei der Karbonatbestimmung wurden solche Plättchen sorgfältig herausgelesen.

Auch die Plankton-Maxima in den einzelnen Profilen sind so unregelmässig verteilt, dass sie untereinander nicht korreliert werden können. Dabei sind die stark schwankenden Kurven zum Teil auf Proben, woraus nur zwischen 100 und 200 Individuen ausgezählt wurden, zurückzuführen. Diese Fehlerquelle besteht vor allem bei Proben mit geringer Faunenausbeute.

Einzig die benthonischen Kalkschaler weisen in ihrem Kurvenverlauf eine gewisse Regelmässigkeit auf. Neben anderen kann je ein korrelierbares Maximum im oberen Santonian und im unteren Campanian erkannt werden. Daraus ist zu schliessen, dass während dieser Maxima der Zufluss von kalksandigem Detritus geringer war, denn aus den Karbonatkurven kann ebenfalls eine geringfügige Abnahme des Karbonatgehaltes zur Zeit dieser Maxima herausgelesen werden.

In Figur 47 sind ausgewählte Sandschaler (Verneulininae, *Ataxophragmium* und *Dorothia*) aus den verschiedenen Profilen untereinander verglichen.

Die Verneulininae – als häufigste Gruppe, z. T. mit bedeutenden Anteilen – zeigen Maxima an der Untersantonian/Obersantonian-Grenze, im oberen Santonian und knapp über der Santonian/Campanian-Grenze. In allen gutdokumentierten Profilen sind ferner im Campanian drei Maxima nachzuweisen. *Dorothia* zeigt, allerdings weniger stark ausgeprägt, ungefähr dieselben Tendenzen wie die Verneulininae. *Ataxophragmium* dagegen weist eine den Verneulininae gegenläufige Tendenz auf; d. h. nimmt die eine Gruppe zahlenmässig ab, ist die andere stärker vertreten und umgekehrt.

In Figur 48 sind die Verteilungen der drei häufigsten Kalkschaler-Gattungen *Gavelinella*, *Stensioeina* und *Gyroidinoides* in den verschiedenen Profilen aufgetragen. *Gavelinella*, welche stellenweise über 60% der Population stellt, zeigt einen eindeutig gegenläufigen Trend zur Gruppe Verneulininae. Ihre Maxima finden sich im untersten und obersten Obersantonian, knapp über der Santonian/Campanian-Grenze, im oberen Teil des Untercampanian sowie im unteren Obercampanian. Sind in einer Probe sehr viele Gavelinellen vorhanden, finden sich praktisch keine anderen Kalkschaler mehr. *Gyroidinoides* und *Stensioeina*, beide etwa mit derselben Verbreitung, zeigen hin und wieder gegenläufige Tendenzen zu *Gavelinella*.

Diese praktisch weder nach der einen noch der anderen Seite gerichteten, sondern oszillierenden Häufigkeiten verdeutlichen, dass von den Choltal-Schichten zu den obersten Amdener Mergeln, ja sogar bis in die Wang-Formation hinein, keine wesentlichen Veränderungen im Sedimentationsmilieu stattgefunden haben dürften.

Die Ergebnisse dieser Faunenuntersuchungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- In den nördlichen Profilen ist eine zunehmende Verflachung des Sedimentationsraumes von den unteren zu den oberen Amdener Mergeln festzustellen. Es kann angenommen werden, dass die Wassertiefe während der Sedimentation der Choltal-Schichten sowie in den südlichen, westlichen und östlichen Profilen der Amdener Mergel zwischen 500 bis 1000 m lag. Ferner, dass sie in den nördlichen Profilen im Verlaufe der Zeit auf 300 bis 100 m zurückging.
- Die verschiedenen Kalkschaler-Maxima können nur mit verminderter Kalksand-Detrituszufuhr während dieser Zeitabschnitte erklärt werden.

Für diese Interpretationen wurde in erster Linie das Verhältnis planktonische/benthonische Foraminiferen beigezogen, während die Häufigkeit der verschiedenen Benthos-Gattungen sowie die Faunenvergesellschaftung diese Interpretationen wohl bestätigten, aber nicht die entscheidenden Indizien lieferten.

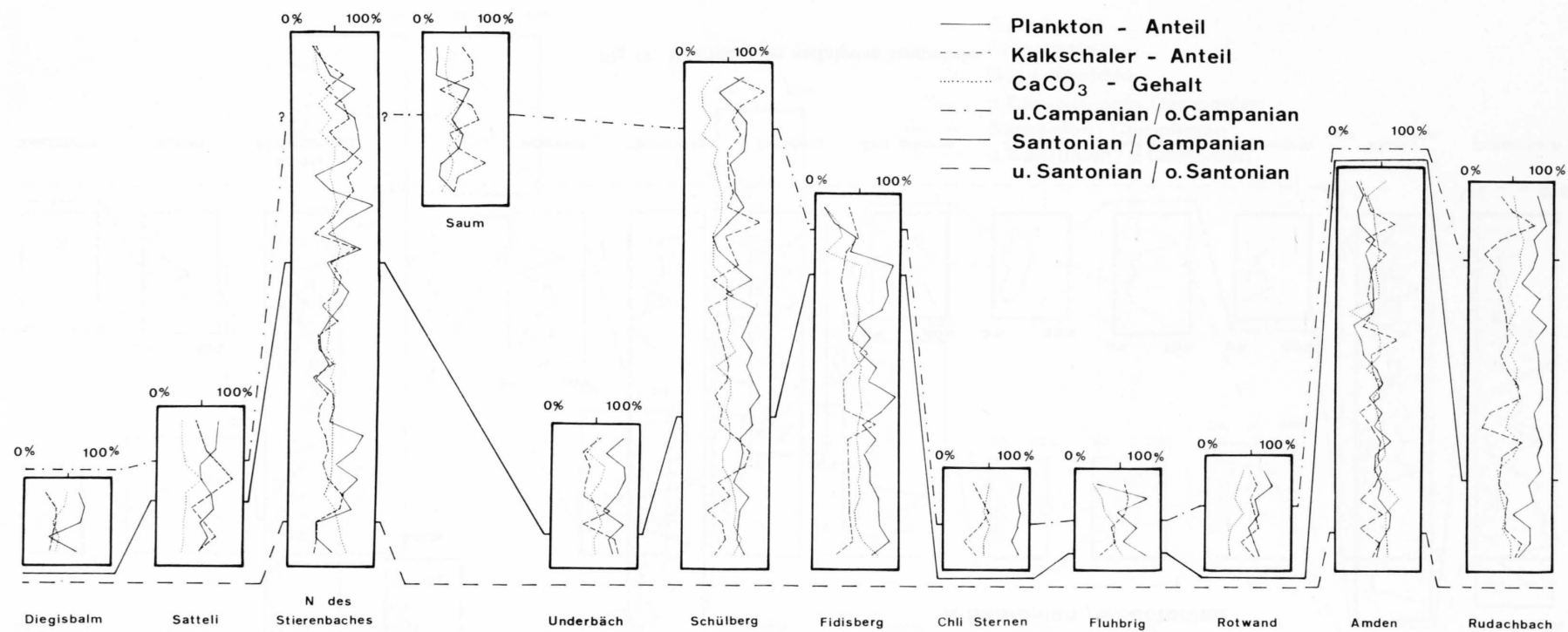


Fig. 46: Plankton-, Kalkschaler- und CaCO₃-Gehalt.

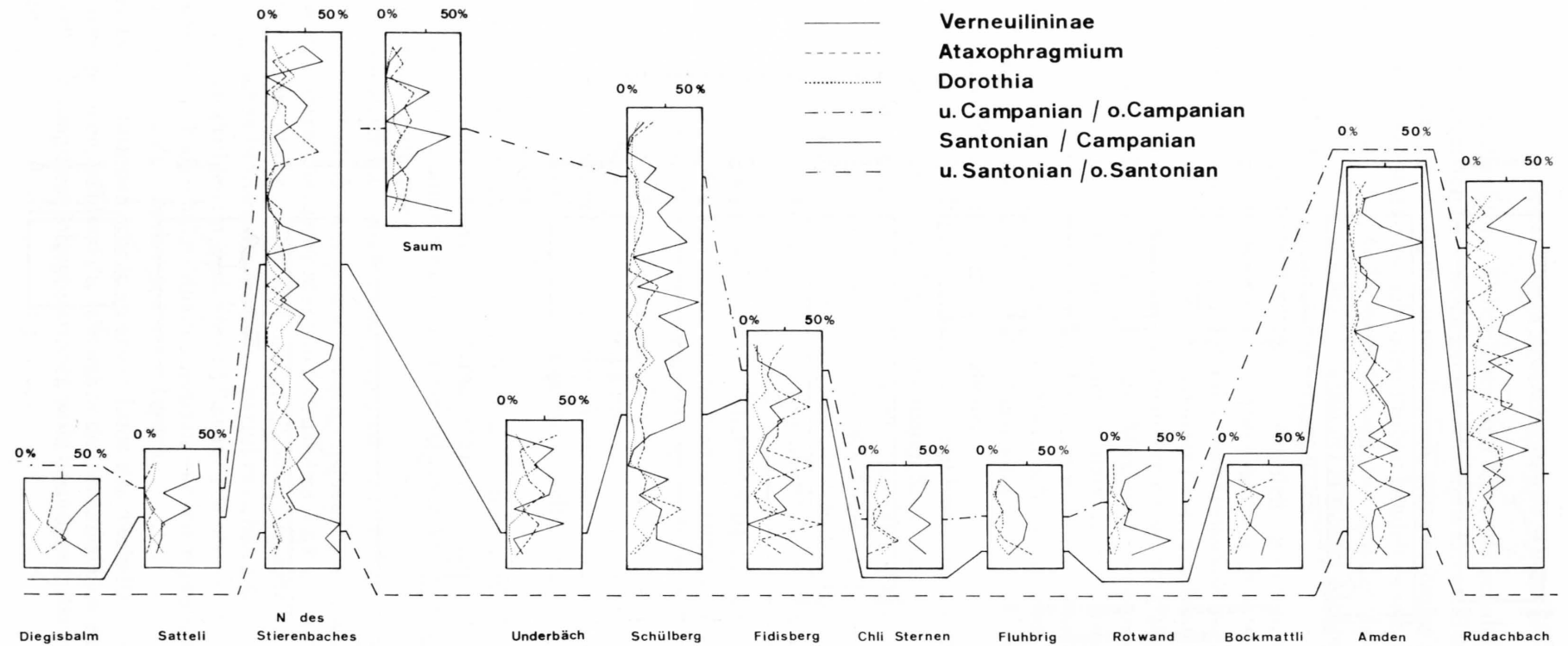


Fig. 47: Häufigkeit der wichtigsten Sandschaler.

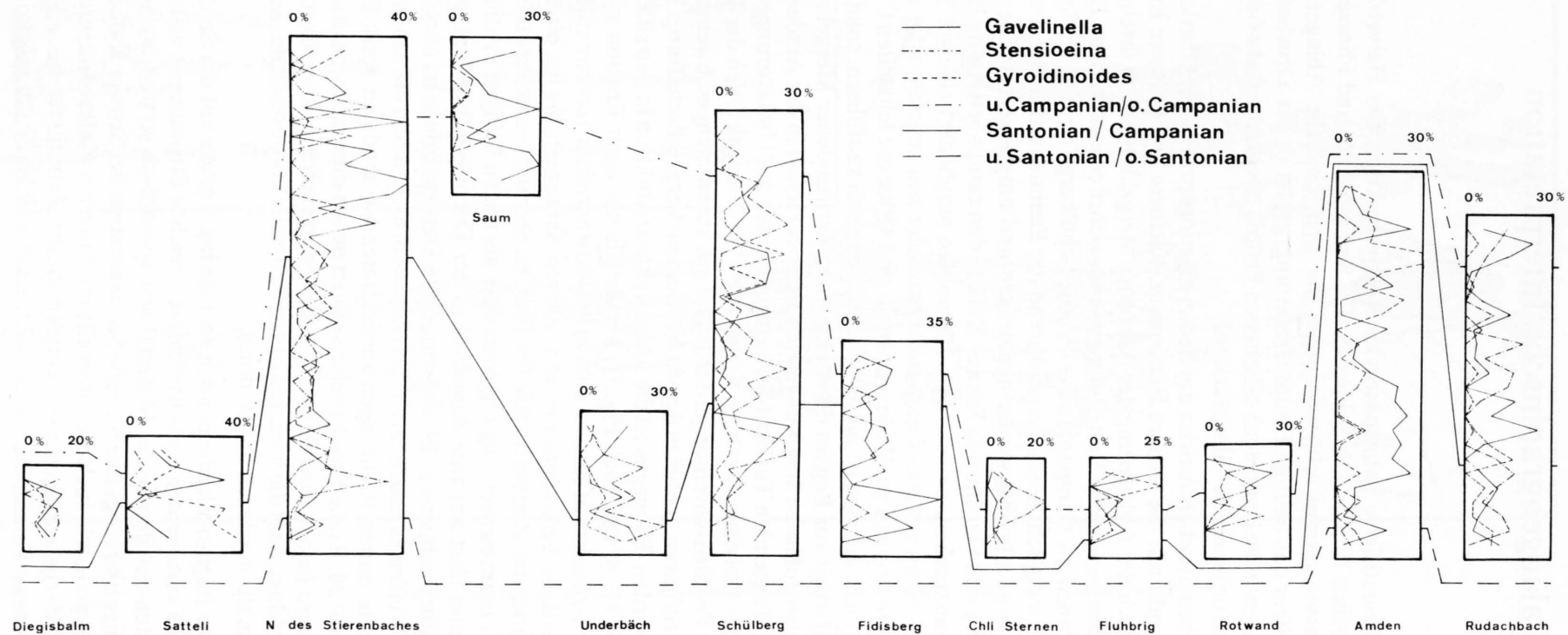


Fig.48: Häufigkeit der wichtigsten Kalkschaler.

X. Paläogeographische Interpretation

Figur 49 zeigt eine schematisierte palinspastische Rekonstruktion des Helvetikums mit der Lokalisierung der beschriebenen Profile. Die beiden Profile Stelli (Nr. 26) und Flimserstein (Nr. 27) aus dem Parautochthon lassen darauf schliessen, dass der ursprüngliche Ablagerungsraum der Amdener Formation weit über das heutige Hauptverbreitungsgebiet in der Drusberg-Decke nach Norden reichte. Somit haben nur die heute noch erhaltenen Profile oberkretazische (im S) und alttertiäre (im N) Erosionsphasen unbeschadet überstanden.

Figur 50 zeigt einen schematischen Aufriss des Sedimentationsprofils der Oberkreide. Die eingezeichnete Erosionsfläche gibt nur die tertiäre Erosion an. Kleinere und grössere Erosionsphasen während und unmittelbar nach der Ablagerung der Amdener Mergel können in ihrem Ausmass, genauen Zeitpunkt sowie in ihrer regionalen Verteilung nirgends sicher erfasst werden. Die aufgearbeiteten santonen Globotruncanen im Campanian der Profile Schülberg (Nr. 15), Underbäch (Nr. 12) und Saum (Nr. 11) beweisen lediglich, dass schon während der Sedimentation der Amdener Mergel weitere, nördlichere Vorkommen bereits wieder abgetragen und umgelagert wurden. Als weiterer Beweis für eine Aufarbeitung sind Gerölle von Seewer Kalk in den campanen Amdener Mergeln des Profils Underbäch (Nr. 12) anzusehen, wobei dieses Phänomen möglicherweise mit Staffelbrüchen am Kontinentalabhang, welche im unteren Campanian entweder neu angelegt oder nur reaktiviert wurden, in Zusammenhang zu bringen ist. Wahrscheinlich sind selbst die fehlenden Choltal-Schichten im Profil 14 (Fidisberg) nicht auf eine primäre Schichtlücke zurückzuführen, sondern ihr Fehlen ist einer lokalen Erosionstätigkeit vor Beginn der Ablagerung der Amdener Mergel zuzuschreiben. Auch die Anzeichen für geostrophische Strömungen (contour currents) in der Amdener Formation sowie die allerdings selten auftretenden Turbidit-Strukturen deuten auf Umlagerungen während der Sedimentation. Weiter ist der meistens unruhige Verlauf der Verteilungskurven der Benthos-Arten (siehe Darstellungen in den Profilbeschreibungen) teilweise auf zusammengeschwemmte, also dislozierte Populationen zurückzuführen, wobei in den Mikrofaunen-Vergesellschaftungen keine Seichtwasser-Formen gefunden wurden. Hingegen ist die Mächtigkeitsreduktion in den südlichen Profilen (Chli Sternen Nr. 16, Satteli Nr. 8, vgl. auch Fig. 51) keinesfalls mit einer Erosion zu erklären. Die geringe Mächtigkeit ist hier vielmehr auf eine verminderte Detrituszufuhr zurückzuführen, da in diesen Profilen eine kontinuierliche Sedimentation vom oberen Santonian bis ins obere Campanian durch Faunen gut dokumentiert ist. Zudem tritt im Profil «Chli Sternen» vermehrt Bioturbation auf. Zusätzlich ist die Benthos-Zusammensetzung regelmässiger als in den übrigen Profilen (vgl. Profildarstellungen, Fig. 24). Beides lässt auf eine Abnahme in der Detrituszufuhr bzw. zurücktretende Aufarbeitung in diesen Profilen schliessen. Eine verminderte Detrituszufuhr ist aber nicht nur nach Süden, sondern auch nach Westen zu beobachten. Das beweisen nicht allein die Mächtigkeitsabnahmen, sondern die ebenfalls in diesen Richtungen zurücktretenden sandigen Kalk-Einschaltungen (vgl. Fig. 51). Im Osten (Profil 24, Rudachbach) verschwindet neben diesen Einschaltungen auch fast aller Quarzdetritus; dabei wird jedoch unvermindert tonige Schwebefracht zugeführt. Alle diese Beobachtungen führen zum Schluss, dass die wichtigste Detritusquelle nordöstlich des Sedimentationsgebietes der Amdener Formation gelegen haben muss.

Die Detrituszufuhr – zu Beginn allerdings noch sehr gering – setzte mit der Sedimentation der Choltal-Schichten ein. Dabei vermochten die schwebefrachtreichen Strömungen während der Ablagerung der Choltal-Schichten das detritische Material erst sporadisch so weit ins Meer hinaus zu transportieren, dass die ruhige und langsame biogene Sedimentation der Seewer Kalke unterbrochen wurde. Diese detritischen Phasen, wie auch die Intervalle mit biogener Kalksedimentation, dauerten unterschiedlich lang. Die Mergelzwischenlagen können einige Zentimeter bis einige Dezimeter mächtig sein, während die seewerkalkähnlichen Bänke meistens 10 bis 30 cm mächtig sind. Für die

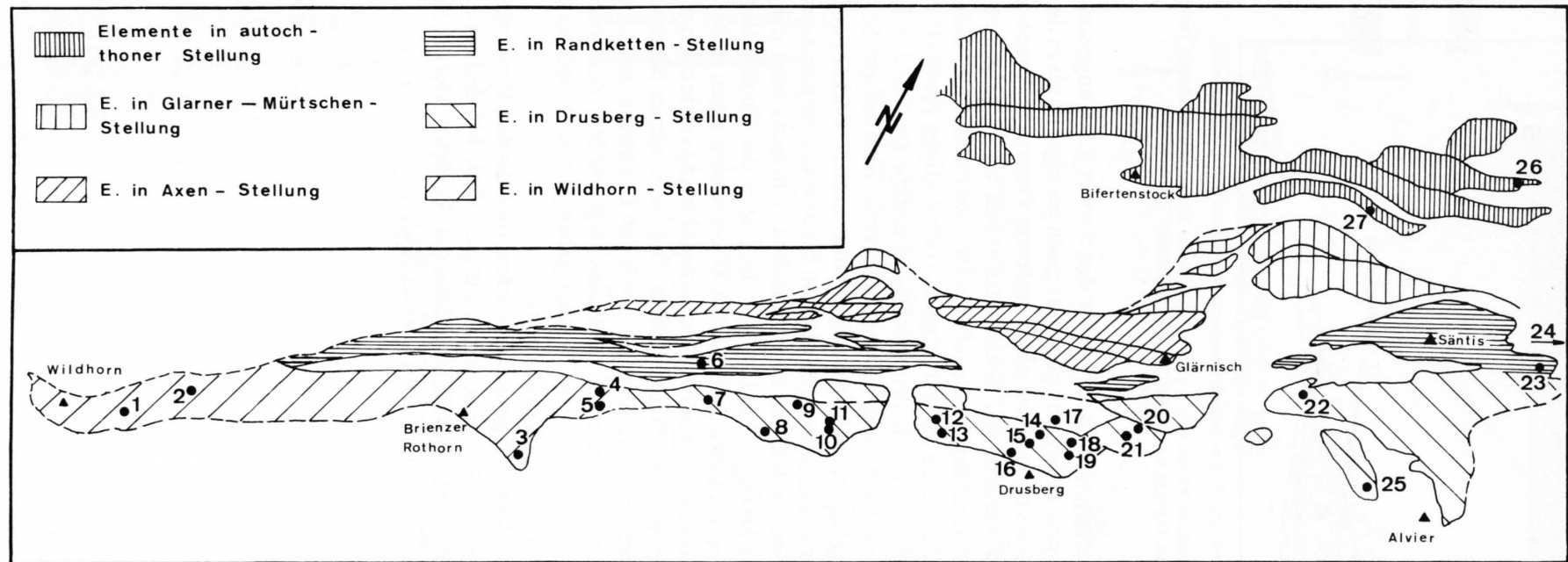


Fig. 49: Paläogeographisches Schema des Helvetikums nach TRÜMPY 1969 (nach Westen erweitert).

- | | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------|
| 1 = Rawilpass | 10 = N des Stierenbaches | 19 = Fluhbrig |
| 2 = Ammertengrat | 11 = Saum | 20 = Bockmattli |
| 3 = Wilerhorn | 12 = Underbäch | 21 = Wägitalersee |
| 4 = Flüeli Ranft | 13 = Huserstock | 22 = Amden |
| 5 = Kleine Melchaa | 14 = Fidisberg | 23 = Ost-Sântis |
| 6 = Rotzloch | 15 = Schülberg | 24 = Rudachbach |
| 7 = Diegisbalm | 16 = Chli Sternen | 25 = Elm |
| 8 = Satteli | 17 = Hinter Sattelegg | 26 = Stelli |
| 9 = Beckenried | 18 = Rotwand | 27 = Flimserstein |

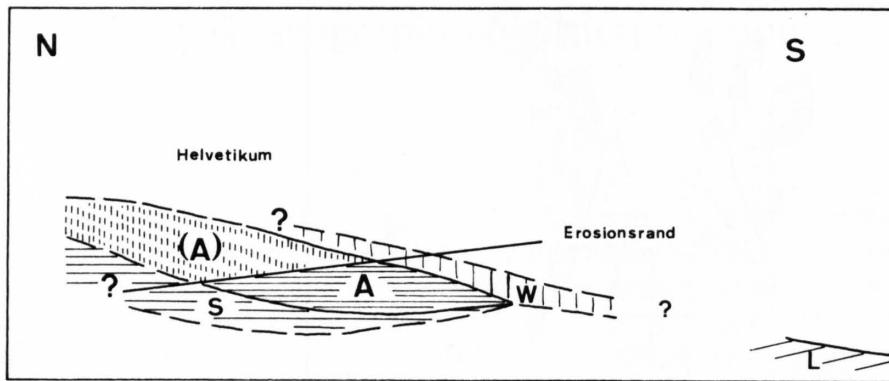


Fig. 50: Paläogeographisches Profil durch den zentralschweizerischen Raum (mit Erosionsrand).

S = Seewer Kalk und Choltal-Schichten. – A = Amdener Formation. – (A) = Aufriss des Erosionsdreieckes der Amdener Mergel. – W = Wang-Formation. – L = Leimern-Schichten.

kalkigen Lagen werden dieselben Sedimentationsraten wie für den Seewer Kalk angenommen, während die Akkumulation in den detritischen Zwischenlagen zwar noch geringer ist als in den Amdener Mergeln, aber bereits einige Male (ca. 2–4mal) höher als in ersteren. Genauere Angaben zur Sedimentationsrate können keine gemacht werden, weil diese detritischen und kalkigen Intervalle zu kurz sind, als dass darin eine Faunenentwicklung festzustellen wäre. Die durchschnittlich errechnete Sedimentationsrate für die Amdener Mergel lag im mächtigsten vollständigen Profil (N des Stierenbaches) etwa bei 2 cm/1000 Jahre, während das geringmächtigste komplette Profil (Chli Sternen) eine Akkumulationsrate von nur 0,07 cm/1000 Jahre aufweist. Der erste Wert entspricht etwa jenen, welche man heute von hemipelagischen Serien im Mittelmeer kennt. Letzterer deutet auf eine reduzierte Sedimentzufuhr während der Zeitspanne oberes Santonian bis oberes Campanian und ist etwa mit den Akkumulationsraten in den Seewer Kalken zu vergleichen. Übrigens zeigt die Fazies der Amdener Mergel in diesem Profil (Chli Sternen) Anklänge an die Fazies der Choltal-Schichten.

Die aus den Plankton/Benthos-Verhältnissen geschätzten Wassertiefen lagen in den südlichen (Chli Sternen), westlichen (Wilerhorn) und östlichen Profilen (Rudachbach) sowie auch während der Sedimentation der Choltal-Schichten zwischen 500 und 1000 m. In den Amdener Mergeln der übrigen Profile ist gegen oben eine Tiefenabnahme festzustellen. Nach den Faunenuntersuchungen kann für diesen Bereich nur eine Tiefe zwischen 100 und 300 m veranschlagt werden. Zusammen mit den lithologischen Faziesuntersuchungen sprechen diese Tiefenangaben für eine Sedimentation der Amdener Mergel auf dem oberen Kontinentalabhang (slope).

Über Subsidenzraten können keine Angaben gemacht werden, weil aus den Resultaten der Faunenuntersuchungen die Wassertiefen zu wenig genau herauszulesen sind. Möglicherweise ist eine Hebung, vor allem im nördlichen Teil des Sedimentationsraumes der Amdener Mergel, nicht auszuschliessen (Hinweis: Gerölle von Seewer Kalk im Profil Underbäch).

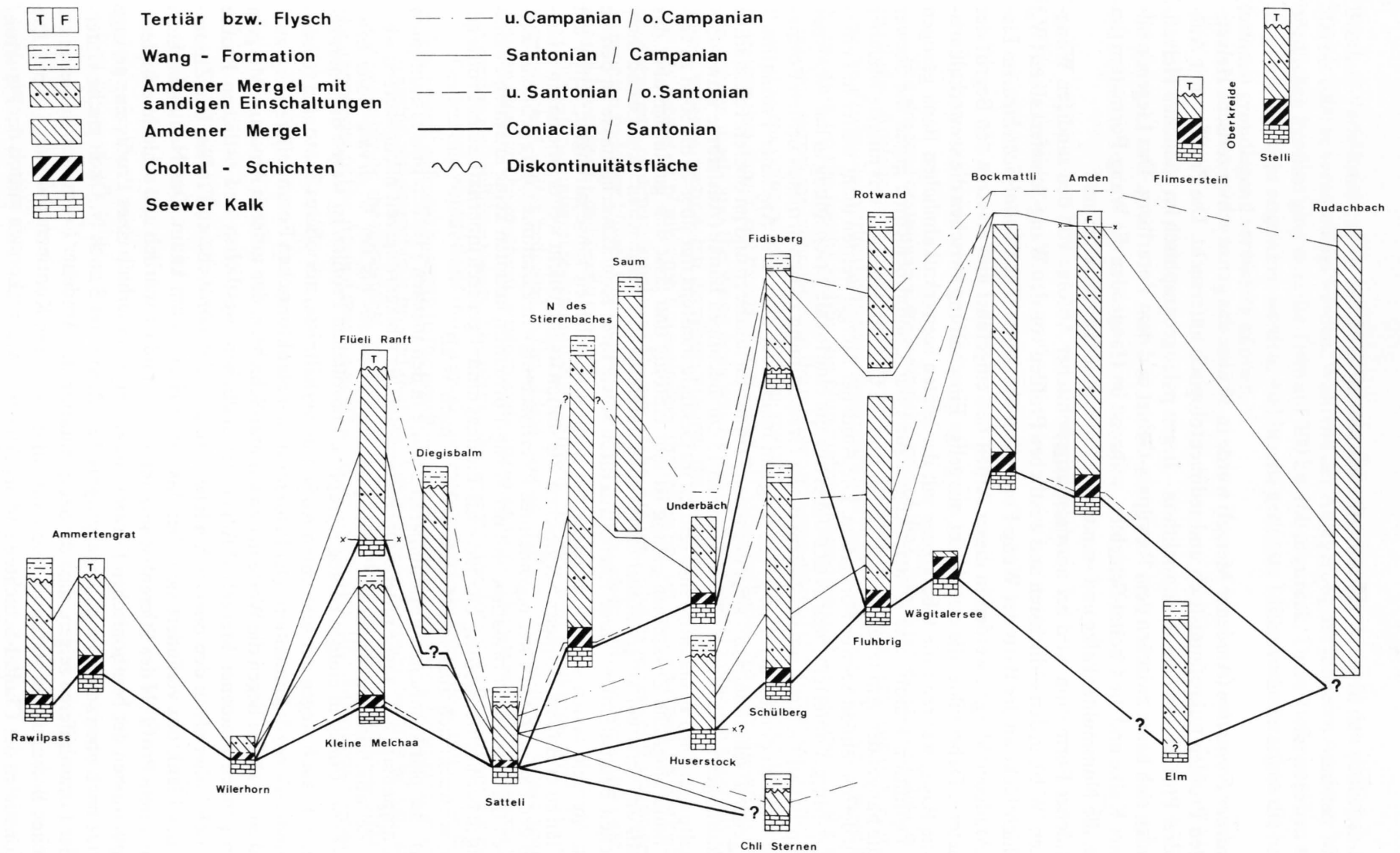


Fig. 51: Lithologie und Alterskorrelation.

Die Mächtigkeit der Profile N des Stierenbaches, Saum, Fidisberg, Schülberg, Amden und Rudachbach wurde aus graphischen Gründen auf die Hälfte reduziert. Mächtigkeiten siehe Kapitel IV, Profilbeschreibungen.

Zusammenfassung

Die *Amdener Formation* (Amdener Mergel) wurde in 30 über das ganze schweizerische Helvetikum verteilten Profilen mikrofaunistisch und sedimentologisch untersucht. Die Profile – mit Ausnahme von drei Profilen aus dem Parautochthon – liegen paläogeographisch im südlichen Helvetikum und finden sich heute zwischen dem Rawilpass-Gebiet und dem Vorarlberg. Das Liegende bilden die Seewer Kalke und die Choltal-Schichten, während im Hangenden die Wang-Formation (im Süden), bzw. die Nummulitenkalke und -sandsteine (im Norden) anzutreffen sind.

Die Amdener Formation wird bei normalstratigraphischer Abfolge von den sandigen Wang-Basisschichten (W_0b), in den südlichsten und westlichen Profilen von den Wang-Schieferkalken (W_1) mit einer Schichtlücke an der Basis der Wang-Formation überlagert. Die *Choltal-Schichten*, im Liegenden der Amdener Mergel, werden in dieser Arbeit neu eingeführt und ersetzen den Begriff der «Seewerschiefer». Dabei bildet die erste leicht mergelige Einschaltung zwischen die seewerkalkartigen Bänke die Basis, während die Obergrenze mit der letzten seewerkalkähnlichen Bank gezogen wird. Diese Definition erlaubt eine scharfe Abgrenzung der Choltal-Schichten gegen die Seewer Kalke und die hangenden Amdener Mergel. Dabei sind die Choltal-Schichten das jüngste Member einer noch zu definierenden Seewer Formation. Die Amdener Mergel werden nicht weiter in Leiboden- und Leist-Mergel unterteilt, weil es sich dabei nur um eine lokale Erscheinung in der Amdener Mulde und im Bauen-Gebiet handelt. Zudem ist die Grenzziehung zwischen diesen beiden Formationsgliedern nicht eindeutig, denn sie gehen langsam ineinander über. Die Amdener Formation – lithologisch generell sehr monoton – zeigt in einigen Profilen im mittleren und im oberen Teil sandige Kalk-Einschaltungen in die Mergel. Diese maximal 15 cm mächtigen Bänke (Ausnahme Rawil-Gebiet: Einschaltungen bis 1 m mächtig) sind seitlich im Gelände meistens nur über 20 bis 50 m zu verfolgen. Ihre mineralogische Zusammensetzung ist sehr eintönig und lässt sich gut in den über das ganze Helvetikum verstreut aufgesammelten Profilen untereinander vergleichen. Auf Grund ihrer mineralogischen Beschaffenheit, ihrer Internstrukturen sowie ihrer Kontaktverhältnisse zu den sie umgebenden Mergeln lassen sie sich meistens mit contouritähnlichen Einschaltungen, selten mit T_{b-d} -Intervallen einer Bouma-Sequenz, vergleichen. Sie sollten folglich nicht weiter, wie das in früheren Arbeiten der Fall war, mit einer beginnenden «Verflyschung» in Zusammenhang gebracht werden. Zwischen der Amdener Formation und der Wang-Formation konnten keine lateralen Fazies-Verfälschungen beobachtet werden. Der Detritus-Einfluss nimmt generell innerhalb eines Profils gegen oben zu, schwächt sich aber von N nach S bzw. E nach W ab.

Mit Hilfe der planktonischen Foraminiferen konnte in den meisten Profilen oberes Santonian bis unteres Campanian, z. T. sogar unteres Obercampanian als Ablagerungszeit nachgewiesen werden. Dieser Zeitabschnitt entspricht der *Globotruncana concavata*- bis zur *G. elevata*-Zone bzw. *G. calcarata*-Zone. Einzig in einigen paläogeographisch nördlichen Profilen ist wegen der voreozänen Erosion, z. T. auch wegen der schlechten Aufschlussverhältnisse, nur oberes Santonian (*Globotruncana carinata*-Zone) dokumentiert. Der Prozentsatz der planktonischen Foraminiferen liegt zwischen 90 und 20%. Dabei liegen die Werte in den Choltal-Schichten, den unteren Amdener Mergeln sowie in den ganzen Amdener Mergel-Abfolgen der südlichen, westlichen und östlichen Profile durchschnittlich höher als in den oberen Amdener Mergeln der nördlicheren Profile. Die Zusammensetzung des Planktons verändert sich über das ganze Helvetikum kaum. Das Nannoplankton wurde nur in einem Profil (N des Stierenbaches) untersucht und ist spärlich und schlecht erhalten.

Die Populationen der benthonischen Foraminiferen zeigen innerhalb eines Profils eine geringe Artenzunahme nach oben sowie im paläogeographischen Raum von S nach N. Ökologische Untersuchungen der Foraminiferen zeigen, dass die Sedimentation der Amdener Formation immer unter offenmeerischen Bedingungen stattfand, und zwar auf dem oberen Kontinentalabhang (slope). Die Sedimentationstiefen der Choltal-Schichten und der Amdener Mergel können mittels der Plankton/

Benthos-Verhältnisse sowie mit Hilfe einiger tiefspezifischer Arten in den südlichen Profilen auf 500 bis 1000 m veranschlagt werden. Während der Ablagerung der jüngeren Amdener Mergel in den nördlichen Profilen ging dort die Tiefe auf 300 bis 100 m zurück. Diese Tiefenangaben sollten allerdings mit Vorsicht angesehen werden, weil bereits geringste Milieuveränderungen die Faunenpopulationen grundlegend verändern können.

Summary

The *Amden Formation* (Amden marls) is part of the Cretaceous sequence of the Helvetic zone in the Swiss, Austrian and Bavarian Alps. It mainly occurs in the southern part of the Helvetic realm. The Amden marls overlie the Seewen limestones and the *Choltal beds*. They are topped by the Wang Formation (in the south) and by the Nummulitic limestones and sandstones (in the north). Thin sandy limestones are intercalated in the middle and upper part of the formation. Their homogeneous mineralogical composition, distribution pattern and texture are similar to those of contourites, therefore they should not be considered as initial flysch-like facies. No lateral interfingering between the Amden marls and the Wang beds was observed. The detrital influence generally increases upwards within a section, but decreases towards the south and west.

By means of planktonic Foraminifera the following age pattern could be worked out: In the southern part of depositional area the age of the Amden Formation ranges from lowermost Upper Santonian to lower Upper Campanian. To the north, however, the youngest rocks are Upper Santonian because of pre-Eocene erosion.

Of the foraminiferal tests found in these marls, 20–90% were planktonic types. High values were found in the Choltal beds and in the oldest Amden marls, as well as in the whole sequence of the Amden marls in the southern, western and eastern sections. The younger Amden marls in the northern sections exhibit low values. The planktonic assemblage does not change over the entire area.

The benthic populations show a small increase in diversity from the oldest to the youngest sediments, as well as from the south to the north in the paleogeographic area. Ecological investigations of the foraminiferal assemblage proved that the Amden marls accumulated in a pelagic environment, most probably on the uppermost continental slope. The sedimentation depth was 500 to 1000 m. In the upper part of the Amden marls a northward shallowing (to 100–300 m) was recognized.

Résumé

La *Formation d'Amden* (marnes d'Amden) fait partie du Crétacé supérieur du domaine helvétique (secteur méridional surtout) des Alpes suisses, autrichiennes et bavaoises. Elle est superposée au calcaire de Seewen et aux *couches du Choltal*. La Formation de Wang lui fait suite dans le sud, les calcaires et les grès à Nummulites se trouvent dans le nord. Des passées minces de calcaires gréseux sont intercalées dans la partie moyenne et supérieure de la formation. Leur composition minéralogique homogène et les structures sédimentaires suggèrent, qu'il pourrait s'agir de contourites et non pas de sédiments indiquant la phase initiale du dépôt de flyschs. L'importance du détritisme augmente en montant dans la série et en se déplaçant en direction du nord et de l'ouest. Aucun passage latéral entre les marnes d'Amden et les couches de Wang ne peut être observé.

Dans le secteur méridional, les Foraminifères planctoniques indiquent pour la Formation d'Amden un âge comprenant la période du Santonien supérieur au Campanien supérieur. Plus au nord, les sédiments les plus jeunes sont, par suite de l'érosion pré-éocène, du Santonien supérieur.

Le contenu en formes planctoniques parmi les résidus de Foraminifères varie entre 20 et 90%. Des pourcentages élevés peuvent être trouvés dans les couches du Choltal, dans la partie inférieure des marnes d'Amden, et, d'une façon générale, dans les secteurs méridionaux, orientaux et occidentaux. Les sommets des coupes septentrionales sont pauvres en plancton. La composition des faunes planctoniques est la même dans toute la région étudiée. Le nombre d'espèces benthiques par contre augmente quelque peu dans la partie supérieure de la formation, aussi bien dans le sud que dans le nord du domaine.

Des recherches écologiques montrent que les marnes d'Amden se sont déposées dans un milieu pélagique, probablement dans la partie supérieure de la pente continentale. La profondeur du bassin peut être estimée à 500 à 1000 m, et elle se réduisait à 100 à 300 m vers la fin du cycle sédimentaire.

Literaturverzeichnis

- Arbeitskreis deutscher Mikropaläontologen (1962): *Leitfossilien der Mikropaläontologie*. – Bornträger, Berlin.
- ARBENZ, P. (1905): *Geologische Untersuchung des Fronalpstockgebietes (Kt. Schwyz)*. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N. F.] 18.
- BANDY, O. L. & ARNAL, R. E. (1957): *Distribution of Recent Foraminifera off West Coast of Central America*. – Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol. 41/9, 2037–2053.
- BENTZ, F. (1948): *Geologie des Sarnerseegebietes (Kt. Obwalden)*. – Eclogae geol. Helv. 41, 3–77.
- BISIG, W. K. (1957): *Blattengratflysch und Sardona-flysch im Sernftal nördlich der Linie Richetlipass–Elm–Ramintal–Grosse Scheibe*. – Diss. ETH Zürich.
- BLUMER, E. (1905): *Geologische Monographie vom Ostende der Säntisgruppe*. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N. F.] 16/III.
- BÖHM, J. & HEIM, ARN. (1909): *Neue Untersuchungen über die Senonbildungen der östlichen Schweizeralpen*. – Abh. schweiz. paläont. Ges. 36/4, 1–56.
- BOLLI, H. M. (1944): *Zur Stratigraphie der Oberen Kreide in den höheren helvetischen Decken*. – Eclogae geol. Helv. 37/2, 218–328.
- BOUMA, A. H. (1962): *Sedimentology of some Flysch Deposits*. – Elsevier, Amsterdam.
- BROTZEN, F. (1936): *Foraminiferen aus dem schwedischen untersten Senon von Eriksdal in Schonen*. – Sveriges geol. Unders. (C), 396, 1–205.
- CARALP, A., LAMY, A. & PUJOS, M. (1970): *Contribution à la connaissance de la distribution bathymétrique des Foraminifères dans le Golfe de Gascogne*. – Rev. espagn. Micropaleont. 2/1, 55–84.
- CHIERICI, M. A., BUSI, M. T. & CITA, M. B. (1962): *Contribution à une étude écologique des Foraminifères dans la Mer Adriatique*. – Rev. Micropaleont. 5/2, 123–142.
- CUSHMAN, J. A. (1937a): *Monography of the Foraminiferal Family Verneuilinidae*. – Spec. Publ. Cushman Lab. foram. Res. 7, 1–157.
- (1937b): *Monography of the Foraminiferal Family Valvulinidae*. – Spec. Publ. Cushman Lab. foram. Res. 8, 1–210.
- (1939): *Monography of the Foraminiferal Family Nonionidae*. – Prof. Pap. U. S. geol. Surv. 191.
- (1946): *Upper Cretaceous Foraminifera of the Gulf Coastal Region of the United States and Adjacent Areas*. – Prof. Pap. U. S. geol. Surv. 206.
- DOUGLAS, R. G. (1972): *Paleozoogeography of Late Cretaceous Planktonic Foraminifera in North America*. – J. foram. Res. 2/1, 14–34.
- DOUGLAS, R. G. & SLITER, W. V. (1966): *Regional Distribution of some Cretaceous Rotaliporidae and Globotruncanidae within North America*. – Geology 4/3, 89–131.
- DZULYNSKI, S. & WALTON, E. K. (1965): *Sedimentary Features of Flysch and Greywackes*. – Dev. Sedimentol. 7.
- EICHER, D. L. (1969): *Paleobathymetry of Cretaceous Greenhorn Sea in Eastern Colorado*. – Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol. 53/5, 1075–1090.
- EICHER, D. L. & WORSTELL, P. W. (1970): *Cenomanian and Turonian Foraminifera from the Great Plains, United States*. – Micropaleontology 16/3, 269–324.
- ELLIOT, G. F. (1963): *Problematical Microfossils from the Cretaceous and Paleocene of the Middle East*. – Paleontology 6/2, 293–300.
- ELLIS, B. F. & MESSINA, A. R. (1938 ff.): *Catalogue of Foraminifera*. – Amer. Mus. nat. Hist. New York.
- ESCHER, A. (1878): *Geologische Beschreibung der Säntis-Gruppe*. – Beitr. geol. Karte Schweiz 13.
- FELDER, T. E. (1973): *Geologie des Segnaskessel (Vorderrheintal GR)*. – Diplomarb. ETH Zürich (Manuskript).
- FICHTER, H. J. (1934): *Geologie der Bauen–Brisen–Kette am Vierwaldstättersee und die zyklische Gliederung der Kreide und des Malm der helvetischen Decken*. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N. F.] 69.
- FOLK, R. L. (1959): *Practical Petrographic Classification of Limestone*. – Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol. 43/1, 1–38.
- FRERICHS, W. E. (1970): *Distribution and Ecology of Benthonic Foraminifera in the Sediments of the Andaman Sea*. – Contr. Cushman Found. foram. Res. 21/4, 123–147.
- HALLAM, A. (1965): *Environmental Causes of Stunting in Living and Fossil Marine Benthic Invertebrates*. – Paleontology 8/1, 132–155.
- HART, M. B. & CARTER, D. J. (1975): *Some Observations of the Cretaceous Foraminiferid of Southeast England*. – J. foram. Res. 5/2, 114–126.
- HEIM, ARN. (1905): *Das Säntisgebirge*. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N. F.] 16.
- (1906): *Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch*. – Eclogae geol. Helv. 9/3, 413–424.
- (1910): *Monographie der Churfürsten–Mattstock-Gruppe*. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N. F.] 20/1.
- HEIM, ARN. & OBERHOLZER, J. (1907): *Geologische Karte der Gebirge am Walensee, 1:25000*. – Geol. Komm. schweiz. natf. Ges. (Spez.-Karte 44).
- HERB, R. (1962): *Geologie von Amden*. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N. F.] 114.
- (1965): *Die Oberkreide des Helvetikums von Amden (Kt. St. Gallen)*. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 31/81, 152–159.
- HILTERMANN, H. & KOCH, W. (1957): *Revision der Neoflabellinen. I. Teil: Neoflabellina rugosa (d'Orbigny) und ihre Unterarten*. – Geol. Jb. 74, 269–304.
- HOFKER, J. (1957): *Foraminiferen der Oberkreide von Nordwestdeutschland und Holland*. – Beih. geol. Jb. 27.

- HOLLISTER, C. D. & HEEZEN, B. C. (1972): *Geologic Effects of Ocean Bottom Currents: Western North Atlantic*. – Stud. phys. Oceanogr. 2, 37–66 (Gordon & Breach, New York).
- HSU, K. J. (1964): *Cross-Laminations in Graded Bedded Sequences*. – J. sediment. Petrol. 34/2, 379–388.
- (1970): *The Meaning of the Word Flysch – a Short Historical Search*. – Spec. Pap. geol. Assoc. Canada 7, 1–11.
- JEANNET, A. (1923): *Oberkreide in der Region von Drusberg*. – Eclogae geol. Helv. 18/2, 227–231.
- KAUFMANN, F. J. (1877): *Kalkstein- und Schiefergebiete der Kantone Schwyz und Zug und des Bürgenstocks bei Stanz*. – Beitr. geol. Karte Schweiz 14/2.
- KUHN, J. A. (1972): *Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen in der Äusseren Einsiedler Schuppenzone und im Wägitaler Flysch E und W des Sihlsees (Kt. Schwyz)*. – Eclogae geol. Helv. 65/3, 485–553.
- LAMBERT, A. (1971): *Geologie des Gebietes zwischen Stelli und Calanda*. – Diplomarb. ETH Zürich (Manuskript).
- LANGE, P. R. (1956): *Die Vorarlberger Flyschzone am Südrand des helvetischen Halbfensters zwischen Hohen Ifen und Widderstein im kleinen Walsertal*. – Geologie 5/3, 173–218.
- LANGENEGGER, H. (1972): *Geologische, stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen im Gebiet zwischen Fäneren und Hohen Kasten (Kt. AI)*. – Diplomarb. Univ. Zürich (Manuskript).
- LAUBER, T. (1975): *Geologie der Gebirgsregion zwischen Rawilpass und Iffigenalp*. – Diplomarb. Univ. Bern (Manuskript).
- Lexique Stratigraphique International (1966): Vol. I: *Europe, Fasc. 7c: Alpes suisses et Tessin méridional (I/II)*. – Cent. natl. Rech. sci. (Paris).
- LOWMAN, S. W. (1949): *Sedimentary Facies in Gulf Coast*. – Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol. 33/12, 1939–1997.
- MAYER-EYMAR, CH. (1890): *La faune miraculeuse du Lœdinian d'Appenzell*. – Sonderausg. Vjschr. natf. Ges. Zürich 35/II, 168–181.
- MOORE, R. C., ED. (1964): *Treatise of Invertebrate Paleontology: Protista 1/2*. – Univ. Kansas Press / Geol. Soc. Amer. (Kansas).
- MURRAY, J. W. (1973): *Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids*. – Heinemann Educational Books Ltd., London.
- MUTTI, E. & RICCI LUCCHI, F. (1972): *Le torbiditi dell'Appennino settentrionale: Introduzione all'analisi di facies*. – Mem. Soc. geol. ital. 11, 161–199.
- OBERHAUSER, I. (1958): *Neue Beiträge zur Geologie und Mikropaläontologie vom Helvetikum und Flysch im Gebiet der Hohen Kugel (Vorarlberg)*. – Verh. geol. Bundesanst. (Wien) 2, 121–140.
- OBERHOLZER, J. (1933): *Geologie der Glarneralpen*. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N. F.] 28.
- OCHSNER, A. (1921): *Geologie des Fluhbrig und der nördlich angrenzenden Flyschregion*. – Diss. ETH Zürich.
- (1935): *Über den «Leistmergel»-Zug Trepsental–Oberurnen (Kt. Glarus)*. – Eclogae geol. Helv. 28/1, 39–44.
- OHMERT, W. VON (1969): *Die Neoflabellinen (Foraminifera) des bayerischen Coniac–Santons*. – Mitt. bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol. 9, 3–32.
- PESSAGNO, E. A. jr. (1967): *Upper Cretaceous Planktonic Foraminifera from the Western Gulf Coastal Plain*. – Palaeontographica amer. 5/37.
- PHLEGER, F. B. (1960): *Ecology and Distribution of Recent Foraminifera*. – John Hopkins Press, Baltimore.
- PHLEGER, F. B. & PARKER, F. L. (1951): *Ecology of Foraminifera, Northwest Gulf of Mexico (Part II)*. – Mem. geol. Soc. Amer. 46.
- POSTUMA, J. A. (1971): *Manual of Planktonic Foraminifera*. – Elsevier Publ. Co., Amsterdam/London/New York.
- PREMOLI-SILVA, I. & BOLLI, H. M. (1973): *Late Cretaceous to Eocene Planktonic Foraminifera and Stratigraphy of Leg 15 Sites in the Caribbean Sea*. – Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj. 15, 499–547.
- QUEREAU, E. (1893): *Die Klippenregion von Iberg (Sihltal)*. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N. F.] 3.
- ROLLIER, L. (1912): *Über oberkretazische Pyritmergel (Wang- und Seewener-Mergel) der Schwyzeralpen*. – Eclogae geol. Helv. 12, 178–181.
- (1923): *Supracrétacique et Nummulitique dans les Alpes Suisses orientales*. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N. F.] 53.
- RÜEFLI, W. (1959): *Stratigraphie und Tektonik des eingeschlossenen Glarner Flysches im Weisstannental (St. Galler Oberland)*. – Diss. ETH Zürich.
- SALAJ, J. & SAMUEL, O. (1966): *Foraminifera der Westkarpaten-Kreide*. – Geol. Ústav Dionýza Štúra (Bratislava).
- SCHAAD, H. W. (1925): *Geologische Untersuchungen in der südlichen Vorarlberger Kreide-Flyschzone zwischen Feldkirch und Hochfreschen*. – Diss. Univ. Zürich.
- SCHAUB, H. P. (1937): *Geologie des Rawilgebietes*. – Eclogae geol. Helv. 29, 337–408.
- SEIBOLD, E. & SEIBOLD, I. (1958): *Kalkbankung und Foraminiferen*. – Eclogae geol. Helv. 51/3, 729–737.
- SLITER, W. V. (1968): *Upper Cretaceous Foraminifera from Southern California and Northwestern Baja California, Mexico*. – Paleont. Contr. Kansas Univ. 49, 1–141.
- (1972): *Upper Cretaceous Planktonic Foraminiferal Zoogeography and Ecology – Eastern Pacific Margin*. – Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol. 11/1–2, 15–31.
- (1975): *Foraminiferal Life and Residue Assemblages from Cretaceous Slope Deposits*. – Bull. geol. Soc. Amer. 86, 897–906.
- SLITER, W. V. & BAKER, R. A. (1972): *Cretaceous Bathymetric Distribution of Benthic Foraminifera*. – J. foram. Res. 2/4, 167–183.
- STACHER, P. (in Vorb.): *Stratigraphie, Mikrofazies und Mikropaläontologie der Wang-Formation*. – Diss. Univ. Zürich (Manuskript).
- STÄGER, D. (1944): *Geologie der Wilerhorngruppe zwischen Brienz und Lungern*. – Eclogae geol. Helv. 37, 99–188.
- STUDER, B. (1827): *Geognostische Bemerkungen über einige Teile der nördlichen Alpenkette*. – Z. Mineral. 2.
- THIERSTEIN, H. R. (1969): *Geologisch-mikropaläontologische Untersuchungen in der Grabser Voralp*. – Diplomarb. Univ. Zürich (Manuskript).

- (1971): *Foraminiferen und Nannoplankton aus einem Profil durch santone Amdenerschichten in den östlichen Churfürsten*. – *Eclogae geol. Helv.* 64/1, 29–45.
- TRÜMPY, R. (1969): *Versuch einer palinspastischen Korrelation und Ansätze zu einer kinematischen Analyse*. – *Eclogae geol. Helv.* 62/1, 105–142.
- WEDEKIND, R. (1940): *Die papillaten Flabellinen der Kreide und die Stufengliederung des Senons*. – *N. Jb. Mineral. Geol. Paläont.* [Beilbd. B] 84, 177–204.
- WEGMANN, R. (1961): *Zur Geologie der Flyschgebiete südlich von Elm*. – Diss. Univ. Zürich.