Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 85 (1992)

Heft: 1

Artikel: Die Entwicklung der Calpionellen an der Jura-Kreide Grenze im Helvetikum der Ostschweiz : Rückschlüsse auf die Biostratigraphie und Sedimentationsgeschichte

Autor: Mohr, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-166992

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Eclogae geol. Helv. 85/1: 1–21 (1992)

0012-9402/92/010001-21 $ 1.50 + 0.20/0
Birkhäuser Verlag, Basel

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH Sto.

Die Entwicklung der Calpionellen an der Jura-Kreide Grenze im Helvetikum der Ostschweiz. Rückschlüsse auf die Biostratigraphie und Sedimentationsgeschichte

Von HANS MOHR [1])

ABSTRACT

Establishing a stratigraphic scale is necessary to get a good understanding of the sedimentation history for an area. For the Jurassic-Cretaceous transition, calpionellids provide the best tool for detailed biostratigraphy. A calpionellid stratigraphy is established for most areas of the Tethys realm, but not yet for the Helvetic nappes of Eastern Switzerland. This paper describes calpionellid biostratigraphy for the eastern Helvetic nappes and presents stratigraphic correlations with other areas of the northern shelf of the Tethys.

In the basinal area, sediments with the age of the calpionellid Subzones A1 to A3 (Remane 1985), are present, sedimentation is continuous throughout that timespan. Zone B is well developed and can be divided in a lower and an upper part, the transition being defined as the Jurassic-Cretaceous boundary. The lower part of Zone C is also well documented, but the poor preservation of the calpionellids in the upper part hinders a detailed biostratigraphy. With the help of the calpionellid biostratigraphy we recognize that the change from pelagic limestones to hemipelagic alternation of marls and limestones occurs synchronously in the distal open marin areas of the whole Helvetic realm.

ZUSAMMENFASSUNG

Am Übergang vom späten Jura zur frühen Kreide eignen sich die Calpionellen in den entsprechenden Faziesräumen für biostratigraphische Aussagen im gesamten Tethysraum. In dieser Arbeit wird mithilfe statistischer Auswertungen eine Feinstratigraphie im Helvetikum der Ostschweiz aufgestellt. Die Calpionellenzone A (Remane 1985) kann in die drei Subzonen A1–A3 unterteilt werden. Die Zone B lässt sich in einen unteren und einen oberen Abschnitt gliedern. Von Zone C ist nur noch ein basaler Teil biostratigraphisch feststellbar.

Mithilfe der Calpionellen sind Rückschlüsse auf die Sedimentationsgeschichte möglich. So kann festgestellt werden, dass in den hemipelagischen und pelagischen Bereichen des Helvetikums der Umschlag von reinen Kalken zu einer Kalk-Mergel Wechsellagerung, im Rahmen der biostratigraphischen Auflösung, synchron etwa in der Mitte der unteren Zone B stattfindet. Ausserdem kann festgestellt werden, dass während des untersuchten Zeitabschnittes eine kontinuierliche Sedimentation ohne bedeutende Unterbrüche stattfand.

Es zeigt sich, dass die Calpionellen in den offenmarinen Schelfregionen (deep undathem) massenhaft auftreten und auf der offenen Plattform (shallow undathem) nur noch vereinzelt anzutreffen sind, die innere Plattform (Lagune) meiden sie völlig.

1. Einführung

1.1. Aufgabenstellung

Das Ziel der Arbeit ist die Untersuchung der helvetischen Decken der Ostschweiz (Fig. 1), welche einen Teil des Schelfs am nördlichen Kontinentalrand der Tethys repräsentieren. Der zeitliche Rahmen umfasst das späte Tithonian und das Berriasian.

[1]) Geologisches Institut, ETH-Zentrum, Sonneggstrasse 5, CH-8092 Zürich.

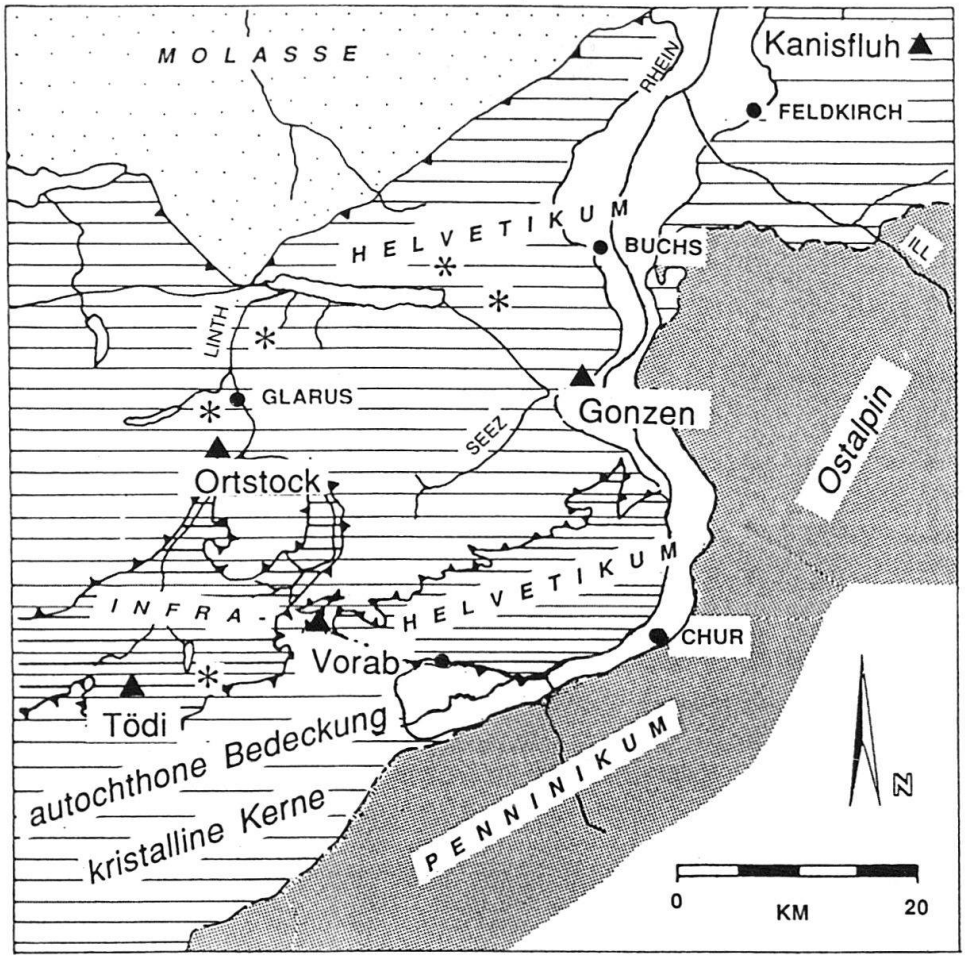


Fig. 1. Tektonische Kartenskizze des Helvetikums der Ostschweiz. Vereinfachte Wiedergabe eines Ausschnitts der Tektonischen Karte der Schweiz 1 : 500 000 der Schweizerischen Geologischen Kommission (1972). Die geographischen Schwerpunkte der Untersuchung sind mit * gekennzeichnet.

Durch palinspastische Rekonstruktion werden die Decken in ihre Paläoposition zurückgeführt (Fig. 2). Dabei werden von NNW nach SSE drei Faziesräume unterschieden. Im nördlichen Bereich sind lagunäre Sedimente der inneren Plattform (Belt 8; nach Wilson 1975) abgelagert, im mittleren Bereich liegen Sedimente der offenen Plattform (Belt 7; shallow undathem) und des Plattformabhanges (Belt 3; clinothem) und im südlichen Bereich sind Sedimente des äusseren tieferen Schelfs (Belt 2, deep undathem) anzutreffen. Es soll aufgezeigt werden, wo im paläogeographischen Raum Calpionellen vorkommen und wie sie sich entwickeln. Daraus sollen exakte biostratigraphische Einordnungen erfolgen. Mit diesen Erkenntnissen sollen einzelne Aspekte der zeitäquivalenten Sedimentationsgeschichte diskutiert werden.

1.2. Historisches

1.2.1. Historisches zur Lage der Jura/Kreide-Grenze

Die Lage der Jura-Kreide Grenze (nach Definition von Kilian 1907) im Helvetikum der Ostschweiz wurde in diesem Jahrhundert von verschiedenen Autoren mehrfach neu

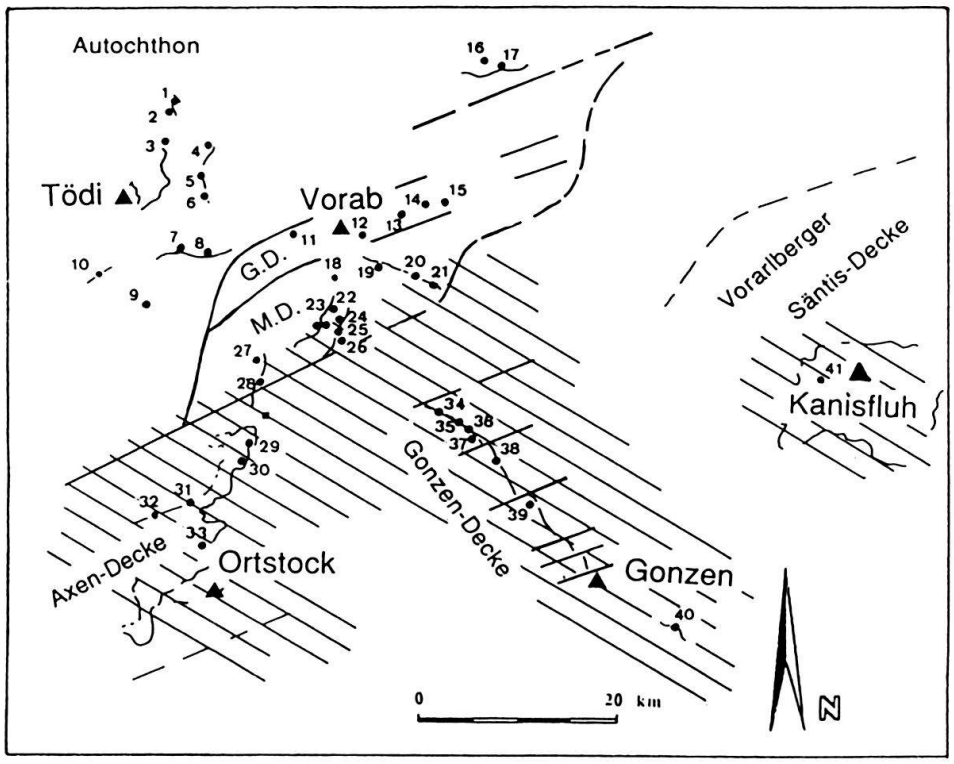


Fig. 2. Palinspastische Karte des östlichen Helvetikums mit der paläogeographischen Lage der bearbeiteten Profile im Übergang vom späten Jura zur frühen Kreide. Die Abwicklung erfolgte nach den Vorlagen von Trümpy (1969), Funk (1985), Wyssling (1986) und Kugler (1987). Das Ausmass der NNW gerichteten Deckenbewegungen während der miozänen alpinen Kompressionsphase wird beim Vergleich der Lage der Gebirgsmassive Tödi, Vorab, Ortstock, Gonzen und Kanisfluh zwischen tektonischer Kartenskizze (Fig. 1) und palinspastischer Kartenskizze (Fig. 2) deutlich.
Die Zahlen 1–41 markieren die Profile, deren Koordinaten im Anhang aufgeführt sind. Die Schrägschraffur zeigt das Vorkommen von Calpionellen an. G.D. = Glarner Decke; M.D. = Mürtschen Decke.

festgelegt (Fig. 3). Der Grund liegt zum einen darin, dass die spärlich vorkommenden Ammoniten eine Art Übergangsfauna darstellen, also keine klare Trennung zwischen Tithonian und Berriasian erkennen lassen (Fig. 4), zum anderen, dass die Calpionellen nur in den distalen Faziesräumen vorkommen und nur mittels statistischer Auswertung genaue stratigraphische Informationen liefern.

Heim (1907) findet in den basalen Schichten der Zementstein-Formation *Berriasella lorioli* (Zittel), *Berriasella richteri* (Oppel) und *Hoplites microcanthus* Oppel. Diese Funde veranlassen ihn, die gesamte Zementstein-Formation ins Tithonian zu stellen (Figs. 3 und 4).

Rod (1937) findet an der Basis der Kalk/Mergel-Wechsellagerungen über dem «Tithonkalk» der Graustock-Hutstock-Gruppe in der Zentralschweiz eine Ammonitenfauna des Berriasian («Infravalanginian») und setzt infolgedessen die Tithonian-Berriasian Grenze mit der lithologischen Grenze gleich.

Staeger (1944) kommt durch den Fund eines *Neocomites occitanicus* (Pictet) im südlichen Helvetikum der Wilerhorn-Gruppe zur Ansicht, dass die Jura-Kreide Grenze maximal 17 m über der Basis der Zementstein-Formation zu liegen kommt.

Schindler (1959) findet in den basalen Schieferbänken der Zementstein-Formation in der Forenstock-Serie westlich von Schwändi ein Ammonitenbruchstück, das von Hantke

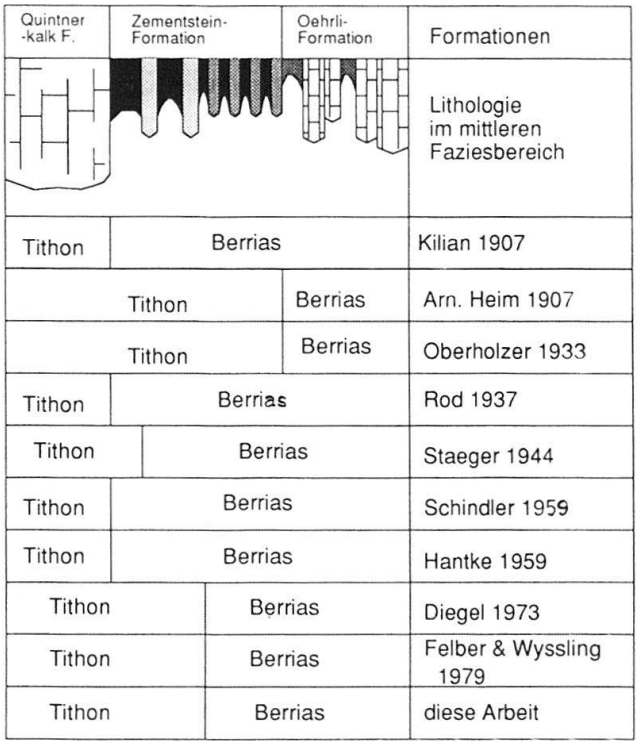


Fig. 3. Lage der Jura-Kreide Grenze im Helvetikum der Ostschweiz.
Im Laufe der letzten hundert Jahre wurde diese Grenze mehrfach neu festgelegt.

als *Berriasella grandis* Mazenot bestimmt wird. Somit legt Schindler in der Forenstock-Serie die Grenze an die Basis der Zementstein-Formation.

Hantke (1959) setzt die Jura-Kreide Grenze ebenfalls mit dem lithologischen Wechsel von reinen Kalken zu Kalk-Mergel Wechsellagerungen gleich. Dabei stützt er sich, neben dem Fund Schindler's auf einen Fund Moesch's (1881) von *Neocomites suprajurensis* Mazenot im obersten Quintnerkalk am Tschuggen in der Alviergruppe.

In den neueren Arbeiten des östlichen Helvetikums wird die Grenze in die Mitte der Zementstein-Formation des pelagischen Faziesbereiches gelegt.

So legt Diegel (1973) die Grenze mithilfe von Calpionellen im Berschnerbach-Profil in der Gonzen-Decke (Trümpy 1969) direkt über den Gassenkalk (Hantke, in Schindler 1959).

Felber & Wyssling (1979) unternehmen biostratigraphische Untersuchungen im Südhelvetikum von Vorarlberg und legen aufgrund der in dieser Region häufiger auftretenden Ammoniten die Grenze in den mittleren Teil der Zementstein-Formation. Sie finden in den untersten Schichten neben Ammoniten mit höherer Reichweite *Berriasella jacobi* Mazenot, die auf spätes Tithonian deutet. In den obersten Schichten finden sie neben anderen Ammoniten *Tirnovella cf. subalpina* (Mazenot) und *Fauriella cf. clareti* (Le Hégarat), die das frühe Berriasian anzeigen.

1.2.2 Historisches zur Untersuchung der Calpionellen im helvetischen Raum

Steinmann (1913) erwähnt zum ersten Mal Calpionellen im Helvetikum am Gemmipass. Heim (1916) weist auf das massenhafte Vorkommen von *Calpionella alpina* Lorenz in den obersten Bänken des Quintnerkalkes im Profil von Lochezen westlich Walenstadt hin.

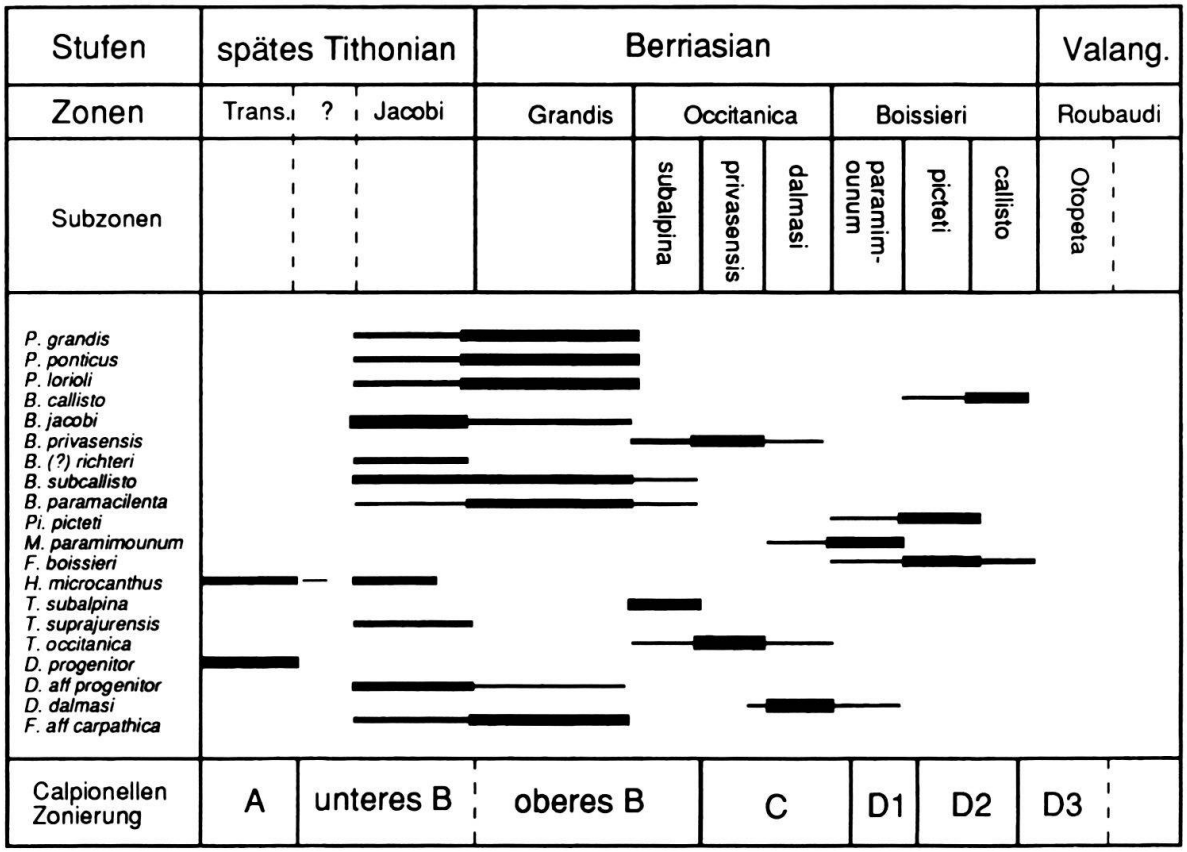


Fig. 4. Stratigraphische Verbreitung einzelner Ammoniten im späten Tithonian und Berriasian nach Le Hégarat (1971).
Es sind nur Arten aufgelistet, die aus dem Helvetikum der Ostschweiz im Laufe der letzten hundert Jahre beschrieben wurden. B = Berriasella P = Pseudosubplanites H = Himalayites Pi = Picteticeras M = Malbosiceras T = Tirnovella F = Fauriella D = Dalmasiceras

Die ersten statistischen Auswertungen der Calpionellen-Fauna im Helvetikum erfolgen durch Fichter (1931, 1934).

Von grossem Nutzen ist die Arbeit von Remane (1964) über die Systematik und Stratigraphie der Calpionellen im Vocontischen Becken. Er beschreibt die Variation und Entwicklung der einzelnen Arten und deren Vorkommen in SE Frankreich. Damit wird die detaillierte Calpionellen-Stratigraphie auf andere Gebiete im Tethysraum übertragbar.

1.3 Chronostratigraphische Definitionen

1.3.1 Zur Definition der Jura/Kreide-Grenze

Kilian (1907) legt die Jura/Kreide-Grenze im delphino-helvetischen Becken in den brüsken lithologischen Wechsel von reinen Kalken zu Karl-Mergel Wechsellagerungen, der im distalen Bereich des gesamten delphino-helvetischen Raumes anzutreffen ist. In der Ammonitenstratigraphie entspricht das der Zone des *Grandis s.l.* Kilian definiert somit die Jura-Kreide Grenze basierend auf der Stufengrenze Tithonian-Berriasian biostratigraphisch und lithostratigraphisch. Die biostratigraphische Grenze legt er an die

Zonengrenze zwischen Subzone *Jacobi* und *Grandis* s.str. (Fig. 5) und die lithostratigraphische Grenze in den lithologischen Wechsel von reinen Kalken zu Kalk-Mergel Wechsellagerungen. Für Kilian (1907) noch unbekannt, verläuft diese lithologische Grenze im westlichen Helvetikum jedoch leicht heterochron (Détraz & Mojon 1989), wodurch dort die Mergelsedimentation im südlichen, distalen Bereich schon früher, d.h. schon in der *Jacobi*-Subzone einsetzt.

Beim «Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé» in Lyon/Neuchâtel 1973 (Flandrin 1975) wird die Grenze neu definiert und an die Basis der *Jacobi-Grandis* Zone herabgesetzt (Figs. 5 und 6). Für die Calpionellenstratigraphie bedeutet das ein Tiefersetzen der Jura-Kreide Grenze vom mittleren Bereich der Zone B (Remane 1985) an die Basis der Zone B.

In der vorliegenden Arbeit benütze ich die von Kilian (1907) eingeführte biostratigraphische Definition der Jura-Kreide Grenze, in der die *Jacobi*-Subzone ins späte Tithonian und die Subzone *Grandis s. str.* bereits in das frühe Berriasian gestellt wird. Dabei stellt die Stufengrenze von Tithonian zu Berriasian gleichzeitig die Systemgrenze vom Jura zur Kreide in der Tethysprovinz dar. Ich wähle diese Grenze, da Le Hégarat (1980),

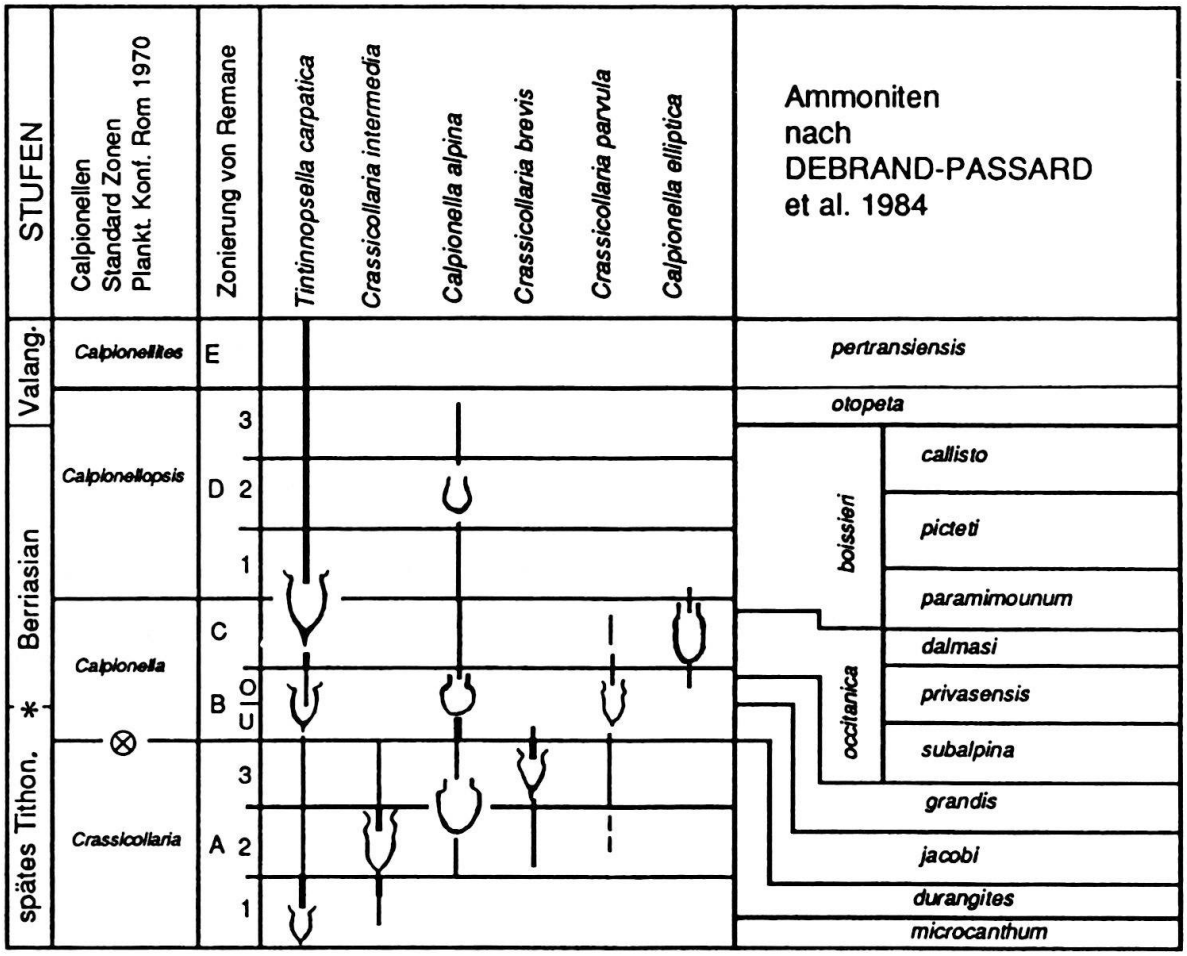


Fig. 5. Stratigraphische Reichweite der wichtigsten Calpionellenarten modifiziert aus Remane (1985). Dargestellt sind die Zonierung von Remane und die Calpionellen Standard Zonen der zweiten Planktonkonferenz in Rom 1970. Die Korrelation und Zonierung der Ammoniten erfolgte nach Debrand-Passard et al. (1984).
* Jura-Kreide Grenze nach Kilian (1907), die in dieser Arbeit verwendet wurde.
⊗ Jura-Kreide Grenze des «Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé», Lyon/Neuchâtel (1973).

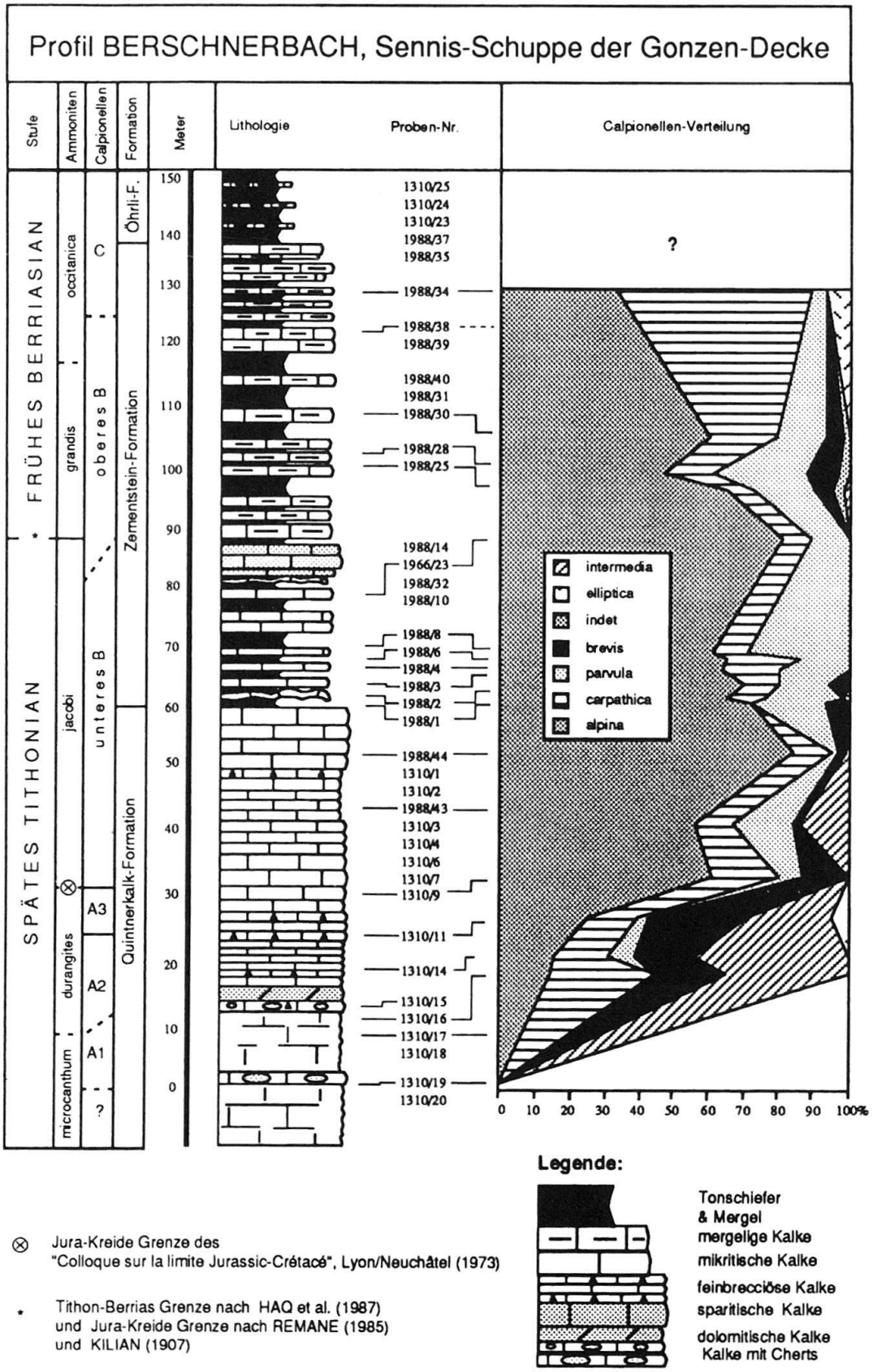


Fig. 6. Verteilung der Calpionellen im Profil Berschnerbach in der Gonzen Decke (Koord. 747025/219712).

Remane (1985) und Haq et al. (1987) sie in ihren Arbeiten verwenden und diese in meiner Arbeit als Grundlagen dienen.

1.3.2 Zur Definition der Stufen

Es wird folgende Einteilung verwendet:

Tithonian (Oppel 1865): Dauer 7 Ma (140-133 Ma).

Die absoluten Altersdaten sind aus Haq et al. (1987) entnommen, wobei auf die Calpionellenzonen Bezug genommen, aber nicht die Stufeneinteilung von Haq et al. (1987) herangezogen wird.

Unteres und Mittleres Tithonian: Zone des «*Gravesia*»/*Hybonatum* bis Zone des *Ponti*.

Oberes Tithonian: Zone des *Microcanthum* bis Subzone *Jacobi*.

Berriasian (Coquand 1871): Dauer 5,5 Ma (133-127,5 Ma)

Unteres Berriasian: Zone des *Grandis s.str.* (Le Hégarat & Remane 1968)

Mittleres Berriasian: Zone des *Occitanica* (Le Hégarat 1971)

Oberes Berriasian: Zone des *Boissieri* (Busnardo et al. 1979).

Diese Stufeneinteilung ist nur für die Tethysprovinz gültig.

In dieser Arbeit wird die biostratigraphische Zonierung mithilfe der Calpionellen vorgenommen. Dabei wird die Einteilung nach Remane (1985) benützt (Fig. 5). Das späte Tithonian umfasst die Zone A_{1-3} und die untere Zone B. Das erste Einsetzen von *Tintinnopsella carpathica* markiert die Basis des späten Tithonian. Die Grenze zwischen unterer und oberer Zone B entspricht der Tithonian-Berriasian Grenze. Das frühe Berriasian umfasst die obere Zone B, wobei der oberste Teil der Zone B zusammen mit der Zone C ins Mittlere Berriasian fällt. Das späte Berriasian umfasst die Zonen D1 und D2 sowie einen grossen Teil von D3 (Remane 1985, Détraz 1989).

1.4 Methode der Calpionellen-Auswertung

Bei den Calpionellen handelt es sich um becher- und kelchförmige Gebilde aus Calzit mit einem Durchmesser von ca. 35 bis 90 µm, die vermutlich Reste von Algen darstellen. Ihr Vorkommen beschränkt sich auf mikritische Kalke, aus denen sie sich nicht isolieren lassen. Somit ist eine dreidimensionale Betrachtung nicht möglich. Die zweidimensionale Betrachtung erfolgt an Dünnschliffen. Die Messungen der Längen und Breiten der Calpionellen werden mit einem Okkularmikrometer, das zuvor mit einem Objektmikrometer geeicht wird, durchgeführt. Die Bestimmung der Gattung beruht auf der äusseren Form, der Stellung des Kragens und dem Vorhandensein oder Fehlen eines Fortsatzes. Die Artbestimmung erfolgt durch das Ausmessen von Längen und Breiten der Schnittbilder, die anschliessend in Längen/Breitendiagrammen (Fig. 7) dargestellt werden. Mithilfe der Konfigurationen in diesen Diagrammen können exakte stratigraphische Aussagen gemacht werden.

2. **Calpionellen-Zonierung in SE-Frankreich** (Remane 1963, 1964, 1985, 1986)

Dieses Kapitel stellt eine Zusammenfassung aus Arbeiten von Remane dar und soll dem Leser einen direkten Vergleich mit den im Kapitel 3 aufgeführten Ergebnissen aus dem Helvetikum der Ostschweiz ermöglichen.

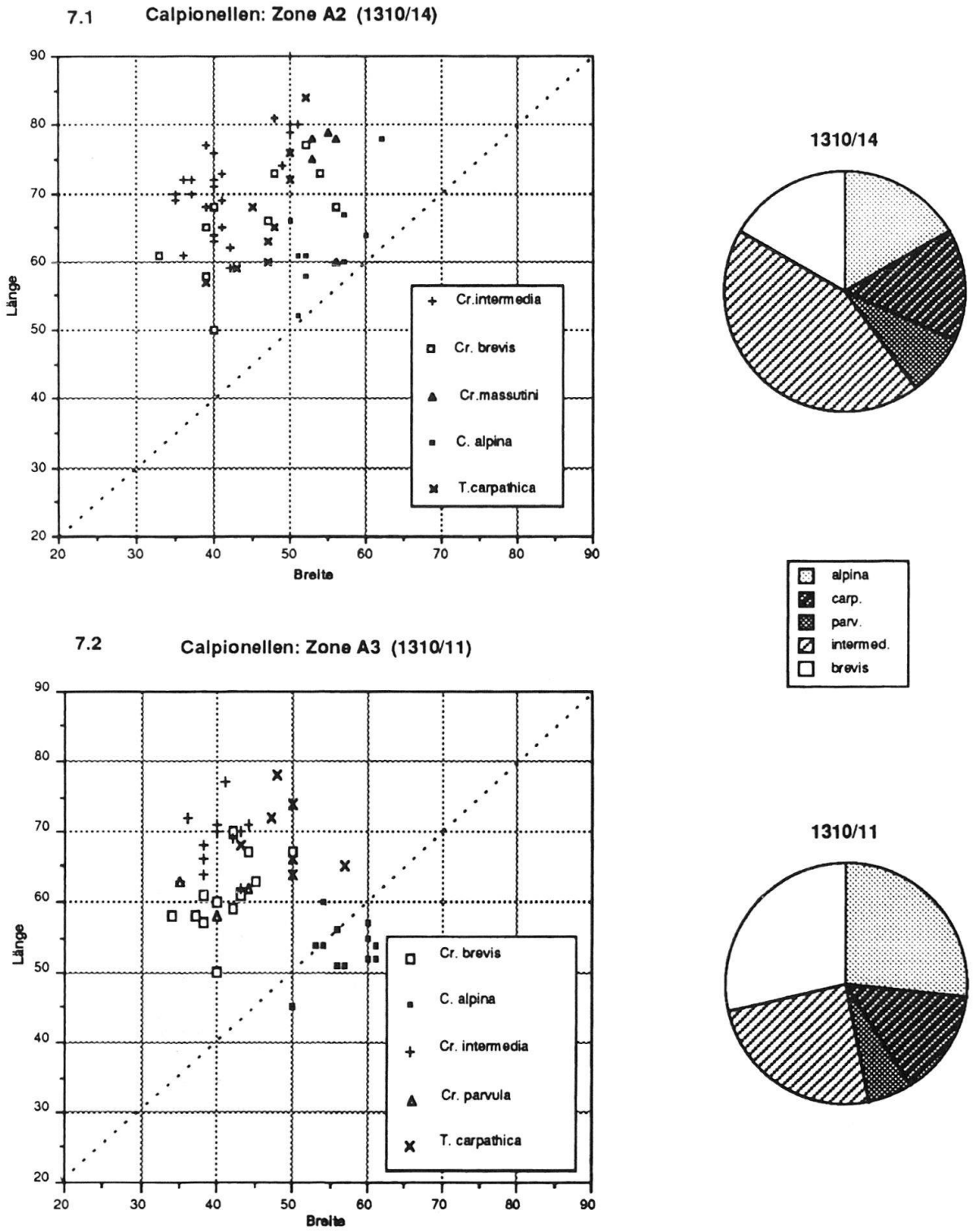
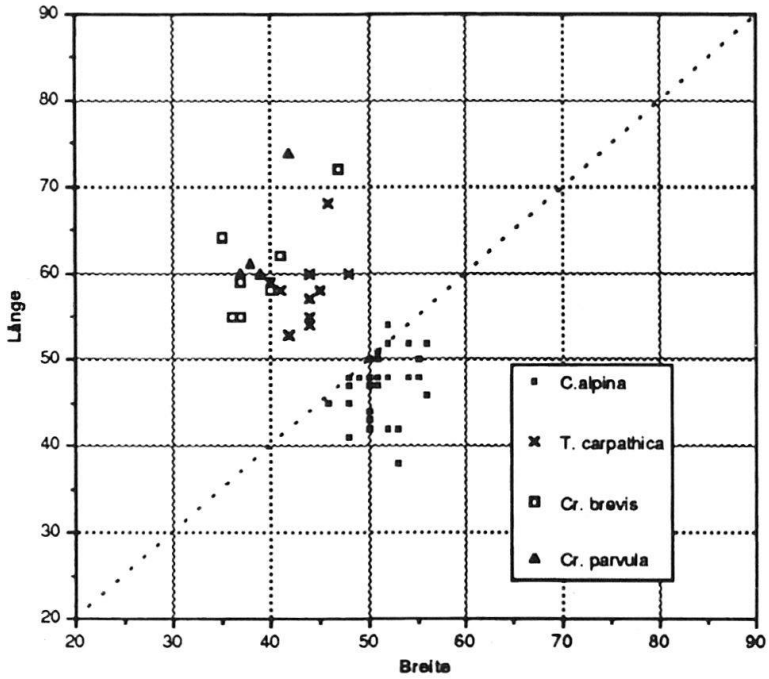
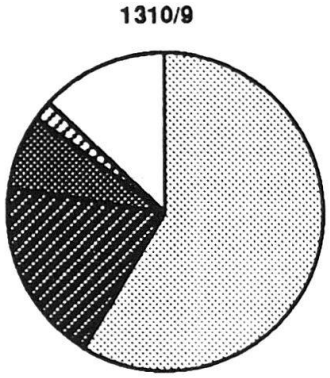
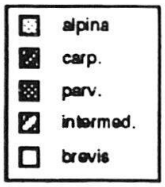


Fig. 7. Längen-Breiten Diagramme [in µm] und Häufigkeitsdarstellungen von Calpionellen aus verschiedenen Niveaus des Profils Berschnerbach in aufsteigender Reihenfolge.
Stratigraphische Schlussfolgerungen können in erster Linie aus der Veränderung der Form und der relativen Häufigkeit von *Calpionella alpina* gezogen werden (vgl. Kapitel 2 und 3).

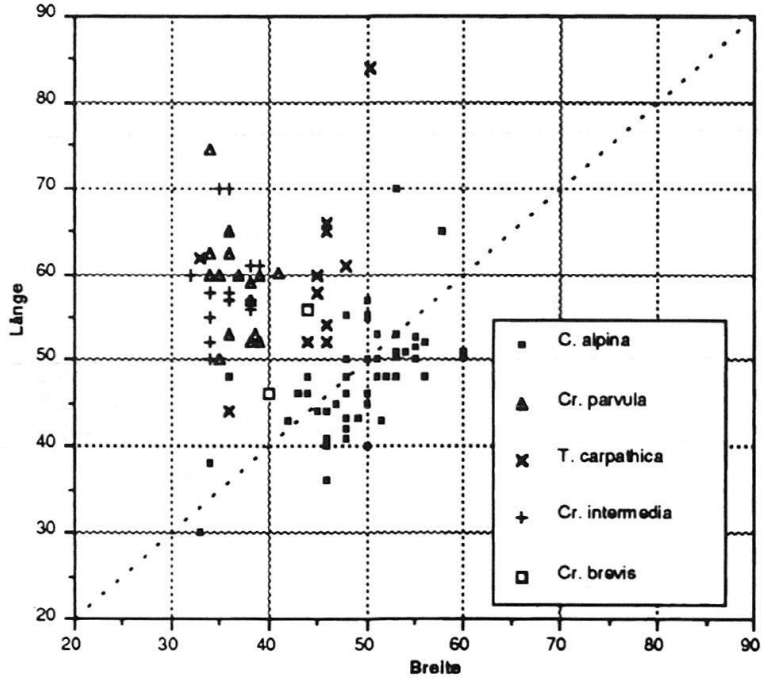
7.3 Calpionellen: unterste Zone B (1310/9)

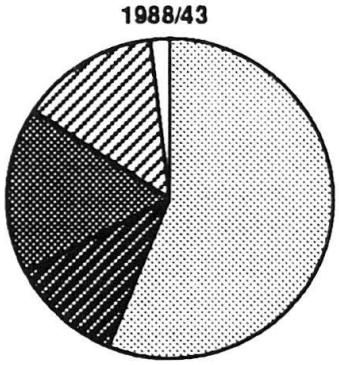




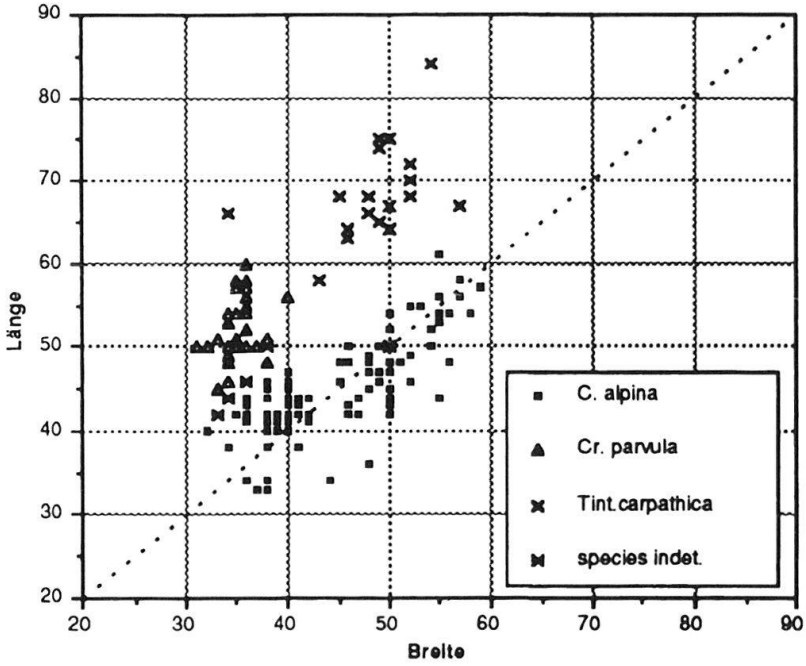


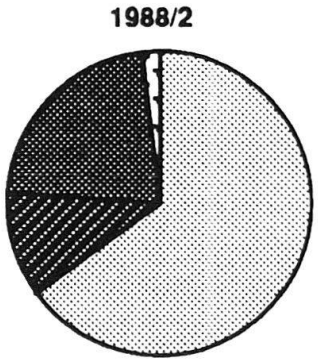
7.4 Calpionellen: untere Zone B (1988/43)



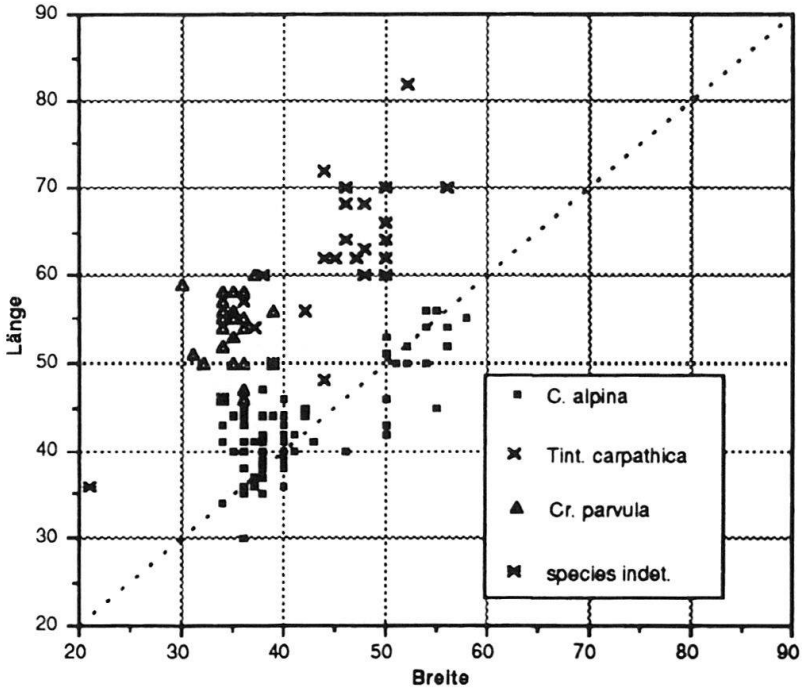


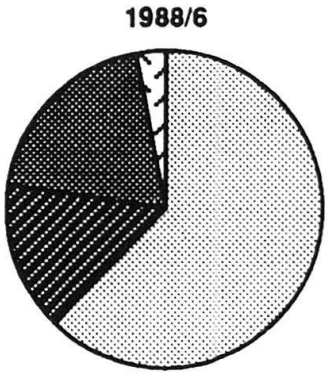
7.5 Calpionellen: Mitte untere Zone B (1988/2)



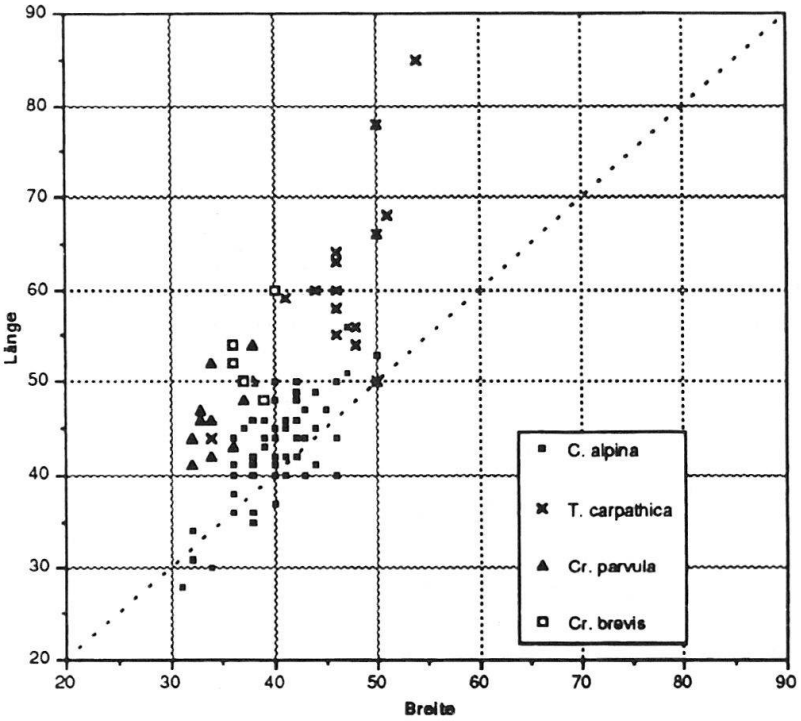


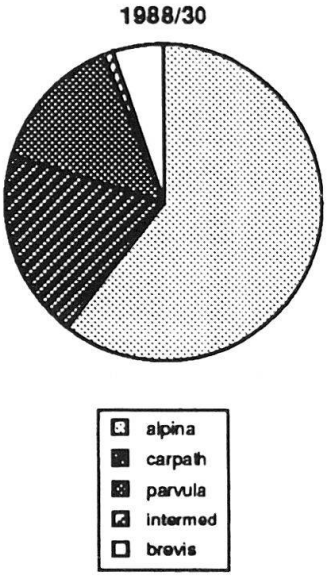
7.6 Calpionellen: Mitte untere Zone B (1988/6)



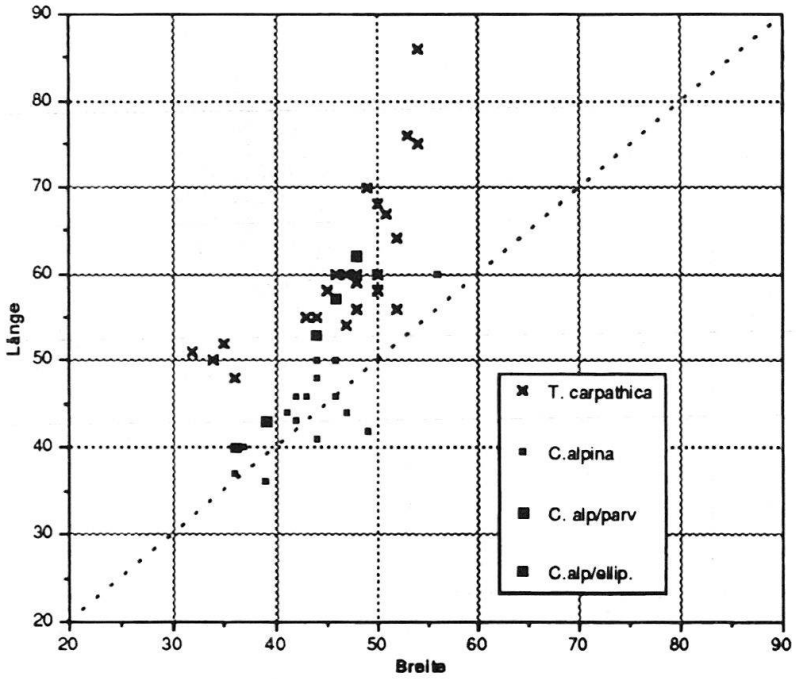


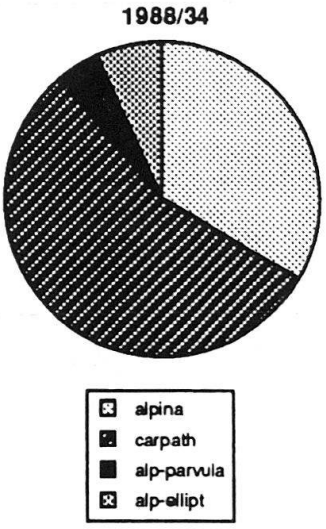
7.7 Calpionellen: obere Zone B (1988/30)





7.8 Calpionellen: Zone C (1988/34)





Zone A: Die Zone ist gekennzeichnet durch die Dominanz der Gattung *Crassicollaria*, wobei zunächst *Crassicollaria intermedia* dominiert, jedoch dann durch *Crassicollaria brevis* abgelöst wird. Akzessorische Faunenelemente sind *Tintinnopsella carpathica*, *Calpionella alpina* und *Crassicollaria parvula*.

Die Untergrenze ist gekennzeichnet durch das erste Auftreten der hyalinschaligen Calpionellidae, zunächst mit der kleinsten Varietät von *Tintinnopsella carpathica*.

Die Obergrenze ist gekennzeichnet durch das massenhafte Vorkommen der Spezies *Calpionella alpina*.

Die Zone A kann in drei Subzonen unterteilt werden:

Subzone A1: Calpionellen treten nur in geringer Anzahl auf. Teilweise kommen extrem kleine Formen von *Tintinnopsella carpathica* vor, *Calpionella alpina* fehlt völlig. Die Fauna ist sehr individuen- und artenarm.

Subzone A2: An der Basis treten die ersten Individuen von *Calpionella alpina* der grossen Varietät auf. *Crassicollaria intermedia* dominiert und besitzt im unteren Bereich eine sehr hohe Variabilität. *Tintinnopsella carpathica* tritt stark zurück und *Crassicollaria brevis* ist noch sehr selten vertreten.

Subzone A3: Die Basis ist durch die Dominanz von *Crassicollaria brevis* über *Crassicollaria intermedia* definiert, deren Variabilitätsbreite gleichzeitig eingeengt wird.

Calpionella alpina erscheint wie in Subzone A2 in ihrer grossen Varietät, bleibt allerdings noch relativ selten. *Tintinnopsella carpathica* tritt stark zurück. Im oberen Bereich setzt *Crassicollaria parvula* ein.

Zone B: Diese Zone ist gekennzeichnet durch die Dominanz der Gattung *Calpionella* mit der Spezies *Calpionella alpina*, die bis zu 90% der Fauna erreichen kann.

Die Untergrenze ist durch die erste Massenentwicklung von *Calpionella alpina* gekennzeichnet.

Die Obergrenze ist durch das erste Auftreten der grossen Varietäten von *Tintinnopsella carpathica* und durch ihr Hervortreten zum herrschenden Faunenelement gekennzeichnet.

Die Faunenzusammensetzung besteht hauptsächlich aus kleinen Formen von *Calpionella alpina*, *Tintinnopsella carpathica* und *Crassicollaria parvula*.

Die Zone B kann in eine untere und obere Zone B untergliedert werden. An der Basis der unteren Zone B gewinnt *Calpionella alpina* rasch an Häufigkeit. Innerhalb des Formenkreises von *Calpionella alpina* tritt ein morphologischer Wechsel auf, dabei verdrängen sphärische Formen einer mittleren Grösse allmählich die grossen länglichen Formen völlig. Beim ersten Häufigkeitsmaximum ist die Verdrängung der grossen Formen erreicht. Von da an sind in der gesamten unteren Zone B nur noch kleine bis mittlere sphärische Formen von *Calpionella alpina* vorhanden.

Crassicollaria brevis ist nur noch selten vertreten. *Tintinnopsella carpathica* tritt in geringer Individuenzahl auf.

Crassicollaria parvula wird rasch häufiger und erreicht eine sehr kurze Blüte, wird danach von *Calpionella alpina* zurückgedrängt und erreicht anschliessend ein zweites kurzes Häufigkeitsmaximum.

Nun ist eine Fauna erreicht, welche fast ausschliesslich aus *Calpionella alpina*, *Crassicollaria parvula* und *Tintinnopsella carpathica* besteht und für eine längere Zeit nahezu unverändert bleibt. Es kommen noch selten vereinzelte Nachzügler von *Crassicollaria*

brevis und «Kümmerformen» von *Crassicollaria intermedia* vor. *Calpionella alpina* ist nun das dominierende Faunenelement. In der oberen Zone B wird *Tintinnopsella carpathica* etwas häufiger, jedoch sind es immer noch kleine Formen. *Calpionella alpina* tritt etwas zurück, ist jedoch immer noch häufig, sie zeigt nun eine leichte Aufsplitterung. Neben extrem kleinen Schnittbildern sind nun auch wieder recht grosse und sporadisch auch längere Formen anzutreffen. Eindeutige Individuen von *Calpionella elliptica* sind noch nicht vertreten.

Zone C: Zone C ist gekennzeichnet durch die Entfaltung und Dominanz der Gattung *Tintinnopsella* mit der Spezies *Tintinnopsella carpathica*.

Calpionella alpina bleibt weiterhin als wesentlicher Bestandteil der Fauna erhalten.

Die Untergrenze weist eine Massenentwicklung von *Tintinnopsella carpathica*, besonders auch der sehr grossen Formen auf, ausserdem treten erstmals *Calpionella elliptica* und in kleiner Zahl *Tintinnopsella cadischiana* auf. Die Obergrenze ist durch das erste Auftreten von *Calpionellites simplex* definiert.

3. Beschreibung der Calpionellen im Profil Berschnerbach in der Sennis-Schuppe der Gonzen-Decke im Helvetikum der E-Schweiz

Koord.: Basis des Profils 747025/219712; Höhe 1300 m; LK 1135

Alle nachstehend in Klammern bezeichneten Proben sind in Figur 6 aufgeführt.

Die Basis des Profils besitzt eine schwierig einzuordnende Fauna mit Saccocomiden, *Cadosina lapidosa* Vogler und Aptychen. Darüber setzt eine fragliche Calpionellen-Fauna mit wenigen, im Schliff dunkel erscheinenden, Vorläufern der echten Calpionellen ein; wir befinden uns hier an der Basis der Subzone A1 (1310/19). Etwa zehn Meter über diesen ersten Vorläuferformen ist eine Fauna mit häufigen Crassicollarien und fraglichen Tintinnopsellen anzutreffen. *Crassicollaria intermedia* dominiert über *Crassicollaria brevis*. Es sind keine eindeutig bestimmbaren Vertreter von *Calpionella alpina* vorhanden. Dies ist die Basis der Subzone A2 (1310/17). Zehn Meter höher im Profil (1310/14) ist eine eindeutige Fauna der Subzone A2 ausgebildet (Fig. 7.1). Es ist eine eindeutige Dominanz von *Crassicollaria intermedia* festzustellen, wobei ihre äussere Form einer starken Variabilität unterworfen ist. *Crassicollaria brevis, Tintinnopsella carpathica* und *Calpionella alpina* sind jeweils in gleichen Teilen untergeordnet vertreten. *Crassicollaria massutiniana* spielt eine untergeordnete Rolle. Die Vertreter von *Calpionella alpina* bestehen ausschliesslich aus der grossen langgestreckten Form (Länge 62 µm/Breite 55 µm). Die Form bzw. Grösse von *Tintinnopsella carpathica* variiert stark.

Weitere sechs Meter höher im Profil wechselt die Fauna in die Subzone A3 (1310/11).

Das dominierende Faunenelement ist nun *Crassicollaria brevis*; *Crassicollaria intermedia* ist immer noch in grosser Zahl vorhanden, wobei sich die äussere Form nun auf eine bestimmte Grösse (Länge 70 µm/Breite 40 µm) einspielt. *Tintinnopsella carpathica* und *Crassicollaria parvula* spielen eine untergeordnete Rolle. *Calpionella alpina* ist mit 25% schon recht zahlreich vertreten, jedoch handelt es sich immer noch um die sehr grosse Varietät, allerdings mit einer mehr sphärischen Form (Fig. 7.2).

Weitere fünf Meter höher im Profil ist bereits die Faunen-Assoziation der basalen unteren Zone B vorhanden (Fig. 7.3). *Calpionella alpina* ist nun mit über 50% das dominante Element. Ihre Form ist ausschliesslich sphärisch und ihre Grösse nimmt

deutlich ab, hierbei handelt es sich vorwiegend um die mittlere Varietät (Länge 48 µm/ Breite 52 µm). Die Gattung *Crassicollaria* ist mit *Cr. brevis, Cr. parvula* und *Cr. intermedia* nur noch untergeordnet vertreten, dabei ist ihre Häufigkeit in dieser Reihenfolge. *Tintinnopsella carpathica* ist mit etwa 20% in gleich bleibender Häufigkeit vertreten. Das Faunenbild bleibt die nächsten zehn Meter im Profil konstant, nur tauchen ganz vereinzelt längere Formen von *Calpionella alpina* auf, die Ähnlichkeiten mit *Calpionella elliptica* haben (Fig. 7.4).

Zehn Meter höher im Profil nimmt *Calpionella alpina* bereits ca. 75% der gesamten Fauna ein, was sehr gut mit dem von Remane (1964) beschriebenen ersten Häufigkeitsmaximum an der basalen unteren Zone B korreliert (Fig. 6; 1988/44; 8 m unter der Basis der Zementsteinschichten). Es zeichnet sich hier eine allmähliche Aufsplitterung der *alpina*-Formen in eine kleine und eine mittlere Form ab.

Die nächsten zwanzig Meter im Profil weisen ein konstantes und wenig verändertes Faunenbild auf. Dabei dominiert immer noch *Calpionella alpina,* wobei sich ihre Häufigkeit bei etwa 65–70% einpendelt. Das Bild ist in abnehmender Reihenfolge geprägt durch *Calpionella alpina, Crassicollaria parvula* und *Tintinnopsella carpathica,* nur noch ganz selten sind vereinzelte *Crassicollaria brevis* anzutreffen. *Crassicollaria parvula* erreicht in diesem Abschnitt mit bis zu 30% der Gesamtfauna ein kleines Maximum. Nun ist die Aufsplitterung von *Calpionella alpina* in eine kleinste sphärische Form (Länge 41 µm/Breite 39 µm) und in eine mittlere Form (L. 50–55 µm/B. 52–55 µm) sehr deutlich feststellbar, bei 45 × 45 µm ist eine deutliche Lücke vorhanden (Fig. 8 und Fig. 7.5 und 7.6). Ausserdem ist nach oben eine allmähliche und schwache Vergrösserung der mittleren Formen sichtbar, deren Häufigkeit graduell abnimmt, bis sie schliesslich zwischen den Proben 1988/08 und 1988/25 vollständig verschwinden. Die Basis der oberen Zone B ist erreicht, wenn keine mittleren Formen mehr anzutreffen sind, sie also völlig durch die kleinsten sphärischen Formen ersetzt sind (Fig. 8). Dieser Bereich stellt die Tithonian/Berriasian-Grenze dar.

Die Calpionellen-Assoziation der unteren Zone B wird von Le Hégarat (1971) als die Kümmerfauna der Jura/Kreide-Grenze bezeichnet, da die Fauna nur aus drei verschiedenen, relativ kleinwüchsigen Arten besteht.

Die obere Zone B (1988/30) ist durch die Dominanz der kleinsten *Calpionella alpina*-Formen (Länge 40 µm/Breite 40 µm) mit ca. 50% geprägt (Fig. 7.7). In diesem Bereich ist es in manchen Fällen äusserst schwierig, *Calpionella alpina* von *Crassicollaria parvula* zu unterscheiden, da der Kragen nicht mehr so markant der typischen *alpina*-Form entspricht, die Schulter weniger stark ausgebildet ist und die äussere Gestalt sich von der sphärischen zur ovalen Form verändert. Als akzessorische Faunenelemente sind *Crassicollaria parvula, Tintinnopsella carpathica* und schlecht bestimmbare Individuen anzutreffen, die in den Formenkreis von *Crassicollaria intermedia* und *Crassicollaria brevis* zu stellen sind. Sehr selten tauchen Mischformen der *Calpionella alpina-elliptica*-Gruppe auf.

Im Laufe der oberen Zone B nimmt die Bedeutung von *Tintinnopsella carpathica* deutlich zu, gleichzeitig beginnt auch ihre äussere Form wieder stärker zu variieren, indem auch vereinzelt sehr grosse Formen auftreten.

Etwa 40 Meter über dem Übergang von der unteren zur oberen Zone B wird *Tintinnopsella carpathica* mit ca. 55% zum dominierenden Faunenelement, womit die Zone C erreicht ist (1988/34). *Calpionella alpina* ist mit ca. 35% immer noch zahlreich vertreten,

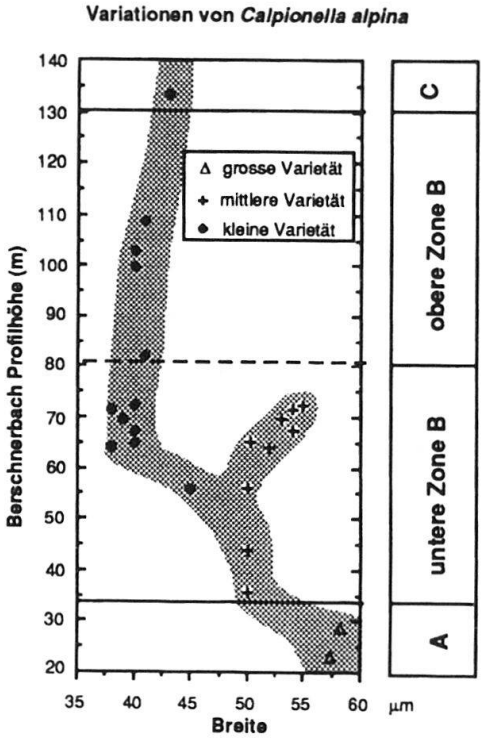


Fig. 8. Grössenvariation von *Calpionella alpina* gegen die Zeit, aufgenommen im Profil Berschnerbach. Auf der x-Achse sind die Durchmesser der Calpionellen [in µm] aufgetragen. Ein Punkt stellt das arithmetische Mittel aus jeweils über 20 gemessenen Individuen dar. Auf der y-Achse sind die Profilmeter angegeben, aus denen die gemessenen Calpionellen stammen. In der Zone A sind grosse Formen mit Breiten von 55–60 µm anzutreffen. An der Basis der Zone B treten Formen der mittleren Grösse mit einer Breite von 50 µm auf. Im Laufe der unteren Zone B spalten sich aus dieser Gruppe kleine Formen mit Breiten von 40 µm ab, die nach oben sehr zahlreich werden. Die mittlere Form löscht am Top der unteren Zone B aus. In der oberen Zone B nimmt der Durchmesser der kleinen Formen leicht zu.

wobei sie nun wieder etwas an Grösse (Länge 45 µm/Breite 45 µm) zugenommen hat. Ausserdem sind akzessorisch nicht eindeutig bestimmbare Mischformen von *Calpionella alpina-elliptica* und *Calpionella alpina-Crassicollaria parvula* vorhanden. Eindeutige *Crassicollaria parvula* sind nicht mehr anzutreffen (Fig. 7.8).

In dieser Höhe im Profil, bei 65 Meter in der Zementstein-Formation wird der Erhaltungszustand der Calpionellen schlecht und gleichzeitig sind sie wegen erhöhtem detritischem Gehalt primär nur noch vereinzelt anzutreffen, sodass eine weitere Untersuchung nicht mehr möglich ist.

Das Verschwinden der Calpionellen erfolgt in allen untersuchten Profilen (Fig. 2) im Laufe der Zone C. Es ist die Folge des zunehmenden Gehalts an Detritus und ereignet sich wesentlich früher als in anderen Gebieten der Tethys, in denen Calpionellen bis ins frühe Valanginian hinein vorkommen (Kaiser-Weidich & Schairer 1990; Doben 1962; Remane 1964; Détraz 1989).

4. Die Lage der Jura/Kreide-Grenze

Die Jura/Kreide-Grenze wird in der Calpionellen-Stratigraphie in die Mitte der Zone B (Remane 1985, Allemann et al. 1971) und in der Ammoniten-Stratigraphie in die Grenze der Subzonen *Jacobi* zu *Grandis s. str.* gelegt.

Somit fällt sie in den distalen Ablagerungsräumen des delphino-helvetischen Schelfs von SE-Frankreich, im Helvetikum der Inner- und Ostschweiz sowie von Vorarlberg in den mittleren Teil der Kalk-Mergel-Wechsellagerungen über den massigen mikritischen Tithonkalken. Im Profil Berschnerbach liegt sie 25–30 m über der Basis der Zementstein-Formation (Fig. 6).

Somit stimmen die Grenzziehungen von Diegel (1973) und Felber & Wyssling (1979) und können durch meine Daten bestätigt und ergänzt werden. Die Grenzziehungen der älteren Autoren beruhen hauptsächlich auf spärlichen und schlecht erhaltenen Ammoniten. Ausserdem liefert die Ammonitenfauna aus diesem Zeitabschnitt nur wenige charakteristische Formen, was zu einem sehr undeutlichen Gesamtbild und Fehlinterpretationen führt (Figs. 3 und 4 und Gerber 1930).

Im Profil des Berschnerbaches liegt die Subzone A1 im Bereich von Profilmeter 5–15 m, A2 von 15–25 m, A3 von 25–33 m. Die untere Zone B reicht von Profilmeter 33–85 m, die obere Zone B von 85–126 m und Zone C im Bereich über 126 m (Fig. 6).

5. Schlussfolgerungen zu den Sedimentationsprozessen

5.1 Zum Problem der Iso- bzw. Heterochronie der lithologischen Abfolge

Eine detaillierte Biostratigraphie an allen Profilen, die Calpionellen enthalten, zeigt, dass der lithologische Wechsel von der rein kalkigen Fazies der Quintnerkalk-Formation zu Kalk-Mergel Wechsellagerungen der Zementstein-Formation synchron verläuft (Fig. 2). Es besteht demzufolge Isochronie in der Richtung parallel zum Plattformrand. Die ersten Mergelsedimente setzen in der Mitte der unteren Zone B ein (Figs. 5 und 6).

Ergänzende Untersuchungen im Profil Axalp (Koord.: 645610/173550; 1760 m) der Wildhorn-Decke im Berner Oberland und im Profil Biolettes, östlich von Les Plans-sur-Bex (Koord.: 577930/124400; 1880 m) in der Morcle-Decke der Westschweiz liefern dieselben Ergebnisse, ebenso die Beobachtungen von Détraz (1989) und Le Hégarat (1971) in den beckenwärtigen Bereichen des delphino-helvetischen Schelfs der Westschweiz und SE-Frankreichs.

In den randlichen, flachmarinen Bereichen findet Le Hégarat (1971) in SE-Frankreich schon in den untersten Schichten der Kalk-Mergel Wechsellagerungen eine Ammonitenfauna der *Grandis*-Subzone. Somit setzt dort der lithologische Wechsel erst in der oberen Zone B der Calpionellenzonierung ein. Gerber (1930) stellt im Gebiet der Zentralschweiz ebenfalls ein diachrones Einsetzen der Mergelsedimentation fest. Nach ihren Beobachtungen setzen die Mergel in der Südregion (Urirotstock-Decke) im späten Tithonian und in der Nordregion (Axen-Decke) an der Formationsgrenze Tithonian-Berriasian ein. Dieses Phänomen kann in der Ostschweiz nicht biostratigraphisch beobachtet werden, da in den nördlichen Profilen der Plattform (shallow undathem; nach Wilson 1975 und Fig. 2, Profile 1–19) weder Calpionellen noch Ammoniten anzutreffen sind. Vom Author durchgeführte Sequenzanalysen im Helvetikum der Ostschweiz führen jedoch zum Ergebnis, dass die Mergelsedimentation in den inneren Plattformbereichen (Lagune) erst in der oberen Zone B, d.h. im frühesten Berriasian einsetzt.

Die in dieser Arbeit vorgestellten Calpionellen treten vereinzelt in den Sedimenten der offenen Plattform (shallow undathem) und massenhaft in den Sedimenten des tieferen Schelfs (deep undathem) auf, die innere Plattform (Lagune) meiden sie völlig.

5.2 Sedimentationslücken

Der Übergang von reinen Kalken zu einer Kalk-Mergel Wechsellagerung ist in der Westschweiz und im SE-französischen Raum häufig durch einen hardground gekennzeichnet, der mit einer mehr oder weniger bedeutenden Sedimentationslücke einhergeht (Détraz 1989; Remane 1966, 1970), dadurch kann stellenweise die gesamte Calpionellenfauna der Zone A fehlen.

Im Helvetikum der Ostschweiz können in den calpionellen-führenden Ablagerungen der Zeitspanne der Zone A keine Sedimentationsunterbrüche oder weiträumige Erosion festgestellt werden. Es handelt sich um eine ruhige, hemipelagische bis pelagische Sedimentation von mudstones und wackestones mit stellenweisem Vorkommen von Pelloiden und mudpebbles. Auch während der Zonen B und C können nur lokale Diskontinuitäten festgestellt werden. Somit zeigt sich, dass im südlichen Ablagerungsraum des Helvetikums der Ostschweiz eine konstante Sedimentation ohne Unterbrüche von der Basis der Zone A bis in die Zone C stattfand.

5.3 Kondensationshorizonte

Im östlichen Helvetikum finden sich an der Basis der Zementstein-Formation Horizonte, die sehr reich an Ammoniten sind und somit als Kondensationshorizonte interpretiert werden. Heim (1916) und Felber & Wyssling (1979) beschreiben hier den Ammonitenhorizont von Au in Vorarlberg. Eigene Feldbeobachtungen zeigen in allen distalen offenmarinen Profilen (Fig. 2, Profile 24–41) eine Anreicherung von Ammoniten innerhalb der ersten Meter der Zementstein-Formation. Besonders dicht gepackte Fossilhorizonte sind in den Profilen Mürtschenstock, Gassenstock, Erixmatt und Berschnerbach anzutreffen (Tabelle 1 und Fig. 6, Profilhöhe 60 bis 65 m).

Die Calpionellenfauna zeigt sowohl über- als auch unterhalb dieser Horizonte dasselbe Bild (Fig. 7.5 und 7.6), was bei einem echten Kondensationshorizont nicht vorkommen sollte. Daraus kann geschlossen werden, dass relativ wenig Zeit in diesen «Kondensationshorizonten» steckt, es sich vielmehr um eine verlangsamte Sedimentation handelt. Die Anhäufung der Ammoniten könnte mit günstigen Lebensbedingungen zu diesem Zeitabschnitt erklärt werden, da ein hydraulischer Effekt wegen der grossflächigen Anhäufung auszuschliessen ist.

6. Schlussfolgerungen

Die detaillierte Untersuchung der Calpionellenfauna erlaubt eine präzise biostratigraphische Gliederung der beckenwärtigen Sedimente des Helvetikums der Ostschweiz in Zonen und Subzonen. Diese Tatsache ermöglicht Vergleiche mit den delphino-helvetischen Sedimentationsräumen von SE-Frankreich im Westen bis nach Vorarlberg im Osten. Dabei kann in den beckenwärtigen Bereichen ein synchrones Einsetzen der Kalk-Mergel Wechsellagerungen über den mächtigen mikritischen Kalken des Tithonians festgestellt werden.

Ausserdem werden im Gegensatz zum westlichen Helvetikum eine konstante Sedimentation ohne Unterbrüche von der Basis der Zone A bis in die Zone C beobachtet.

Die Jura/Kreide-Grenze liegt in der südlichen Mürtschen-Decke, in der Axen- und Gonzen-Decke der Ostschweiz im mittleren Bereich der Zementstein-Formation, wenige

Meter über den obersten Bänken von Resedimenten. Somit ist ihre, schon von Diegel (1973) und Felber & Wyssling (1979) beschriebene Lage bestätigt und diejenige der älteren Autoren revidiert.

Verdankungen

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Nationalfond-Projektes Nr. 2005015: «Unterkretazische Entwicklung des nördlichen Schelfs der Tethys». Projekt: Jura/Kreide-Grenze.

Für die finanzielle Unterstützung möchte ich an dieser Stelle dem Schweizerischen Nationalfond danken. Ebenfalls herzlich danken möchte ich Dr. H. Funk, der die Idee für diese Arbeit hatte und sie tatkräftig unterstützte. Bei Dr. F. Diegel bedanke ich mich für das Überlassen seines Arbeitsmaterials. Ein weiterer Dank gebührt Prof. J. Remane für die kritische Begutachtung einiger Calpionellen-Dünnschliffe. Für ihre konstruktiven Kritiken und Anmerkungen möchte ich mich bei den beiden Reviewern Prof. F. Allemann und Prof. J. Remane bedanken.

LITERATURVERZEICHNIS

ALLEMANN, F., CATALANO, R., FARES, F. & REMANE, J. 1971: Standard Calpionellid Zonation (Upper Tithonian-Valanginian) of the western Mediterranean Province. Proc. 2nd Plankt. Conf. Roma 1970, 1337–1340.

BUSNARDO, R., THIEULOY, J.P. & MOULLADE, M. 1979: Hypostratotype mésogéen de l'étage Valanginien (Sud-Est de la France). In: Les stratotypes français. 6. Ed. Centr. nat. Rech. Sci., Paris.

COQUAND, H. 1871: Sur le Klippenkalk des Départements du Var et des Alpes-Maritimes. Bull. Soc. géol. France (2), 28, 208–234.

DEBRAND-PASSARD, S. & LIENHARDT, M.J. 1984: Synthèse géolgique de Sud-Est de la France. Mém. Bur. Rech. géol. min. (Orléans) 125.

DÉTRAZ, H. 1989: Evolution paléogéographique de la marge Jurassienne de la Tethys entre Chartreuse et Morcles (Alpes occidentales franco-suisses et Jura méridional) du Tithonique au Valanginien: tectonique synsédimentaire et eustatique. Thése de doctorat Univ. Genève.

DÉTRAZ, H. & MOJON, P.O. 1989: Evolution paléogéographique de la marge jurassienne de la Téthys du Tithonique-Portlandien au Valanginien: Corrélations biostratigraphiques et séquentielles des faciès marins à continentaux. Eclogae géol. Helv. 82, 37–112.

DIEGEL, F. 1973: Zur Korrelation der helvetischen Zementsteinschichten zwischen Glärnisch und Alvier. Diss. Univ. Zürich.

DOBEN, K. 1962: Paläontologisch-stratigraphische und fazielle Untersuchungen an der Jura/Kreide-Grenze in den bayerischen Kalkalpen zwischen Inn und Saalach. Diss. Univ. München.

FELBER, P. & WYSSLING, G. 1979: Zur Stratigraphie und Tektonik des Südhelvetikums im Bregenzerwald (Vorarlberg). Eclogae geol. Helv. 72, 673–714.

FICHTER, H.J. 1931: Verteilung der Mikrofauna im helvetischen Malmkalk (Quintnerkalk) am Gonzen bei Sargans. Eclogae geol. Helv. 24, 222–225.

– 1934: Geologie der Bauen-Brisen-Kette und die zyklische Gliederung der Kreide und des Malms der helvetischen Decken. Beiträge geol. Karte Schweiz N.F.69.

FLANDRIN, J., SCHAER, J.P., ENAY, R. & REMANE, J. 1975: Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé (Lyon/Neuchâtel, 1973). Mém. Bur. Rech. géol. min. (Paris) 86.

FUNK, H. 1985: Mesozoische Subsidenzgeschichte im Helvetischen Schelf der Ostschweiz. Eclogae geol. Helv. 78, 249–272.

GERBER, M. 1930: Beiträge zur Stratigraphie der Jura-Kreidegrenze in der Zentralschweiz. Eclogae geol. Helv. 23, 497–547.

HANTKE, R. 1959: Zur Jura/Kreide-Grenze im mittel- und südhelvetischen Faziesbereich der Ostschweiz. Eclogae geol. Helv. 52, 547–554.

HAQ, B.U., HARDENBOL, J. & VAIL, P.R. 1987: Chronology of fluctuating sea level since the Triassic (250 millions years ago to present). Science 235, 1152–1167.

HEIM, ARN. 1907: Gliederung und Facies der Berrias-Valaginien-Sedimente in den helvetischen Alpen. Vjsch. natf. Ges. Zürich, 52.

– 1910–1917: Monographie der Churfirsten-Mattstock-Gruppe. Beitr. geol. Karte Schweiz N.F.20.

KAISER-WEIDICH, B. & SCHAIRER, G. 1990: Stratigraphische Korrelation von Ammoniten, Calpionellen und Nannoconiden aus Oberjura und Unterkreide der Nördlichen Kalkalpen. Eclogae geol. Helv. 83, 353–387.

KILIAN, W. 1907: Das Mesozoicum. Kreide. Lethae geognostica 2/3, 1–398.

KUGLER, C. 1987: Die Wildegg-Formation im Ostjura und die Schilt-Formation im östlichen Helvetikum; ein Vergleich. Diss. Univ. Zürich.

LE HÉGARAT, G. 1971: Le Berriasien du Sud-Est de la France. Doc. Lab. géol. Fac. Sci. Lyon 43/1–2, 1–575.

– 1980: Berriasien. In: Les étages français et leurs stratotypes. (Ed. by CAVELIER, J. & ROGER, J.) Mém. Bur. Rech. geol. min. 109, 96–105.

LE HÉGARAT, G. & REMANE, J. 1968: Tithonique supérieur et Berriasien de l'Ardèche et de l'Hérault. Corrélation des Ammonites et des Calpionelles. Geobios 1, 7–70.

MAZENOT, G. 1939: Les Palaeohoplitidae tithoniques et berriasiens du Sud-Est de la France. Mém. Soc. géol. France (n.s.) 41/18.

MOESCH, C. 1881: Geologische Beschreibung der Kalkstein- und Schiefergebilde der Kantone Appenzell, St. Gallen, Glarus und Schwyz. Beitr. geol. Karte Schweiz 14.

OBERHOLZER, J. 1933: Geologie der Glarneralpen. Beitr. geol. Karte Schweiz N.F., 28.

OPPEL, A. 1865: Die tithonische Etage. Z. dtsch. geol. Ges. 17, 535–538.

REMANE, J. 1962: Zur Calpionellen-Systematik. N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 8–24.

– 1963: Les Calpionelles dans les couches de passage du Jurassique-Crétacé de la fosse vocontienne. Trav. Lab. géol. Fac. Sci. (Univ.) Grenoble 3, 25–82.

– 1964: Untersuchungen zur Systematik und Stratigraphie der Calpionellen in den Jura-Kreide-Grenzschichten des Vocontischen Troges. Palaeontographica, Abt. A, 123.

– 1966: Note préliminaire sur la paléogéographie du Tithonique des chaînes subalpines. Bull. Soc. géol. France 8, 448–453.

– 1970: Die Entstehung der resedimentären Breccien im Obertithon der subalpinen Ketten Frankreichs. Eclogae geol. Helv. 63, 685–740.

– 1985: Calpionellids. In: Plankton Stratigraphy (Ed. by BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. & PERCH-NIELSEN, K. Cambridge, Univ. Press). 555–572.

– 1986: Calpionellids and the Jurassic-Cretaceous boundary. Acta geol. hungarica, 29/1–2, 15–26.

ROD, E. 1946: Ueber ein Fossillager im oberen Malm der Melchtaleralpen. Eclogae geol. Helv. 39, 177–198.

SCHINDLER, C.M. 1959: Zur Geologie des Glärnisch. Beitr. geol. Karte Schweiz N.F.107.

STAEGER, D. 1944: Geologie der Wilerhorngruppe zwischen Brienz und Lungern (Kanton Bern und Unterwalden). Eclogae geol. Helv. 37, 99–185.

STEINMANN, G. 1913: Ueber die Tiefenabsätze des Oberjura im Apennin. Geol. Rdsch. 4, 572–575.

TRÜMPY, R. 1969: Die helvetischen Decken der Ostschweiz: Versuch einer palinspastischen Korrelation und Ansätze zu einer kinematischen Analyse. Eclogae geol. Helv. 62, 105–142.

VOGLER, J. 1941: Ober-Jura und Kreide von Misol. Paleontographica suppl. 4, Stgt.

WILSON, J.L. 1975: Carbonate facies in geologic history. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

ZITTEL, K.A. 1868: Die Cephalopoden der Stramberger Schichten. Palaeont. Mitt. Mus. kgl. bayer. Staatsanst. 2/1, 1–118.

Manuskript eingereicht 18. März 1991
Revidierte Version akzeptiert 26. Sept. 1991

Anhang:

Namen und Koordinaten der Profile von Figur 2

1. Geisstritt ob. Baumbarten SE Tierfehd, Nüschengruppe Parautochthon,Höhe 1680m, Koord. 718.692/192.500
2. Tor am Kistenpassweg, Nüschengruppe Parautochthon, Höhe 1995m, Koord. 719.215/192.805
3. Walenbach S` Tierfehd, Parautochthon, Höhe 1305m, Koord. 717.020/191.735
4. Muttenkopf, Autochthon, Höhe 2275m, Koord. 720.960/190.325
5. Cavorgia da Breil, Cavorgia-Schuppe, Parautochthon, Höhe 2503m, Koord. 720.960/187.120
6. Zanin, Cavorgia-Schuppe, Parautochthon, Höhe 2125,Koord. 721.692/188.850
7. Chöpfenberg (Köpfler), Wageten-Decke, Subhelvetikum, Höhe 1490m, Koord. 716.160/219.960
8. Wageten-Wäni, Wageten-Decke, Subhelvetikum, Höhe 1430m, Koord. 718.180/219.950
9. Chamerstock, Clariden- Element, Subhelvetikum, Höhe 1690m, Koord. 716.637/195.100
10. Klausenpass, Griesstock-Decke, Parautochthon, Höhe 1840m, Koord. 706.300/191.575
11. Chli Chänel, Glarner-Decke, Höhe 1770m, Koord. 728.600/213.940
12. Alp von Sagens bei Vorabhütte, Vorab-Tschepp-Decke, Höhe 2280m, Koord. 734.187/191.875
13. Grauberg, Vorab-Tschepp-Decke, Höhe 2295m, Koord. 736.400/193.373
14. Pala da Porcs (Flimserstein), Vorab-Tschepp-Decke, Höhe 2360m, Koord. 739.310/193.050
15. Flimserstein ob. Bargis, Vorab-Tschepp-Decke, Höhe 2170m , Koord. 742.875/191.800
16. Tersol, Autochthon, Höhe 1600m, Koord. 749.300/198.800
17. Gelbberg ob. Vättis, Autochthon, Höhe 2010m, Koord. 750.870/198.612
18. Sallern/Standenhorn, Mürtschen-Decke, Höhe 425m, Koord. 729.230/220.630
19. Gültschaui, Mürtschen-Decke, Höhe 630m, Koord. 734.110/221.740
20. Gändlibach, Mürtschen-Decke, Höhe 740m , Koord. 737.560/221.900
21. Lochezen, Mürtschen-Decke, Höhe 520m, Koord. 740.000/221.510
22. Talalp, Mürtschen-Decke, Höhe 1210m, Koord. 728.570/217.700
23. Neuenkamm, Mürtschen-Decke, Höhe 1455m, Koord. 727.337/216.325
24. Trosalp, Mürtschen-Decke, Höhe 1360m, Koord. 729.030/217.030
25. Mürtschenstock, Mürtschen-Decke, Höhe 2200m, Koord. 729.675/216.312
26. Kassettenkar, Mürtschen-Decke, Höhe 1960m, Koord. 730.850/214.937
27. Forenstock, Forenstock-Serie, Mürtschen-Decke, Höhe 1530m, Koord. 722.737/209.387
28. Diesfad, Forenstock-Serie, Mürtschen-Decke, Höhe 1400m, Koord. 722.650/208.475
29. Vorderglärnisch, Axen-Decke, Höhe 1910m, Koord. 721.425/208.350
30. Heuberge/Guppen, Axen-Decke, Höhe 2065m, Koord. 720.855/206.890
31. Gassenstöcke, Axen-Decke, Höhe 2350m, Koord. 714.872/203.865
32. Kratzeren, Axen-Decke, Höhe 2305m , Koord. 711.550/202.675
33. Erixmatt, Axen-Decke, Höhe 2085m, Koord. 713.375/200.625
34. Klettersteig Plisa, Lüsis-Schuppe, Axen-Gonzen-Decke, Höhe 1510m, Koord. 739.587/223.375
35 . Tschänna, Lüsis-Schuppe, Axen-Gonzen-Decke, Höhe 1260m, Koord. 741.800/222.730
36. Fahrweg Brunnen, Lüsis-Schuppe, Axen-Gonzen-Decke, Höhe 1250m, Koord. 742.975/222.435
37. Lüsis, Lüsis-Schuppe, Axen-Gonzen-Decke, Höhe 1175m, Koord. 743.610/221.970
38. Berschnerbach, Sennis-Schuppe, Axen-Gonzen-Decke, Höhe 1300m , Koord. 747.025/219.712
39. Strahlegg/Stralrüfi, Strahlegg-Schuppe, Axen-Gonzen-Decke, Höhe 1560m, Koord. 747.800/217.950
40. Fläscherberg/Mozentobel, Fläscherberg-Element, Höhe 610m , Koord. 755.650/212.270
41. Wallenbach, Vorarlberger Säntis-Decke, Höhe 1060m, Koord. 781.875/244.950