

Sepia vindobonensis (Cephalopoda, Coleoidea) aus dem Mittel-Miozän von Retznei (Steiermark, Österreich)

Von Hartmut R. HIDEN

Mit 6 Abbildungen

Zusammenfassung: Aus der siliziklastischen Hangendabfolge des „Leithakalk“-Steinbruchs Retznei (Lageniden-Zone; Badenium) bei Ehrenhausen (Steirisches Neogenbecken) werden zwei gut erhaltene Reste von *Sepia vindobonensis* SCHLOENBACH, 1869, beschrieben. Anhand dieser Funde ist bei dieser Art eine ontogenetisch bedingte Variabilität der Septenanwachslinien belegbar. Auf Grund der guten Erhaltung beider Exemplare kann eine Rekonstruktion des Schulpes der bisher unzureichend dokumentierten Art durchgeführt werden.

Abstract: In this paper two cuttlebones of *Sepia vindobonensis* SCHLOENBACH, 1869 are described from Retznei near Ehrenhausen (Styrian Basin; Middle Miocene (Lageniden-Zone; Badenium)). The specimens were collected in the siliciclastic succession, consigned to a prograding shoreface in the upper part of the „Leithakalk“-quarry (Weissenegg-Formation) of the Perlmooser Zementwerke AG. Comprising the two exemplars (one adult and one juvenile), a certain ontogenetic variability in the septal contour can be recognised. A total reconstruction of the cuttlebone of this poorly known species is given.

*Der Zweifel ist menschlichen Wissens Grenze,
die nur der blinde Glaube überschreitet.*

A. VON CHAMISSO

1. Einleitung

Aus dem Badenium des Steirischen Neogenbeckens waren bisher zwei Cephalopodenarten, *Argonauta joanneus* HILBER und *Aturia aturi* BASTEROT, bekannt (HILBER, 1915; FRITZ & HIDEN, 1996). Im Zuge großräumiger Aufschließungsarbeiten im Hangendanteil des Steinbruchs Retznei (Perlmooser Zementwerke AG) konnte eine reiche Fauna (Mollusken, Echinoideen, Crustaceen etc.), darunter auch die beiden im Folgenden beschriebenen *Sepia*-Reste geborgen werden.

2. Lage und Geologie des Fundpunktes

Der Steinbruch Retznei der Perlmooser Zementwerke AG (Parastratotypus der Weissenegg-Formation; FRIEBE, 1990) liegt am südwestlichen Gehänge des Affenzbachtals im Ortsgebiet der Gemeinde Retznei, ca. 2 km N von Ehrenhausen (Abb.1) und schließt ein an eine Untiefe im Bereich der Mittelsteirischen Schwelle gebundenes „patch reef“ der Lageniden-Zone (Unt. Badenium; Mittel-Miozän) auf. Der Aufschluß wurde zuletzt von FRIEBE (1988; 1990 cum lit.; 1993) detailliert bearbeitet. Trotz des großen Artenreichtums gibt es nur wenige paläontologische Untersuchungen zur Fauna des Steinbruchs Retznei. Auf folgende Arbeiten sei verwiesen: SCHOUPPE (1949a; 1949b), HAUSER (1950), PAPP & KÜPPER (1954), FLÜGEL (1972), FLÜGEL (1986), FRITZ & HIDEN (1996), HIDEN (1996a).

Grundgebirge:

■ mittelostalpinen Kristallin

▨ Paläozoikum der Gurktaler Decke

Miozäne Beckenfüllung:

▧ Karpatium (limnisch/fluviatil)

▩ Karpatium (marin)

□ Badenium (marin)

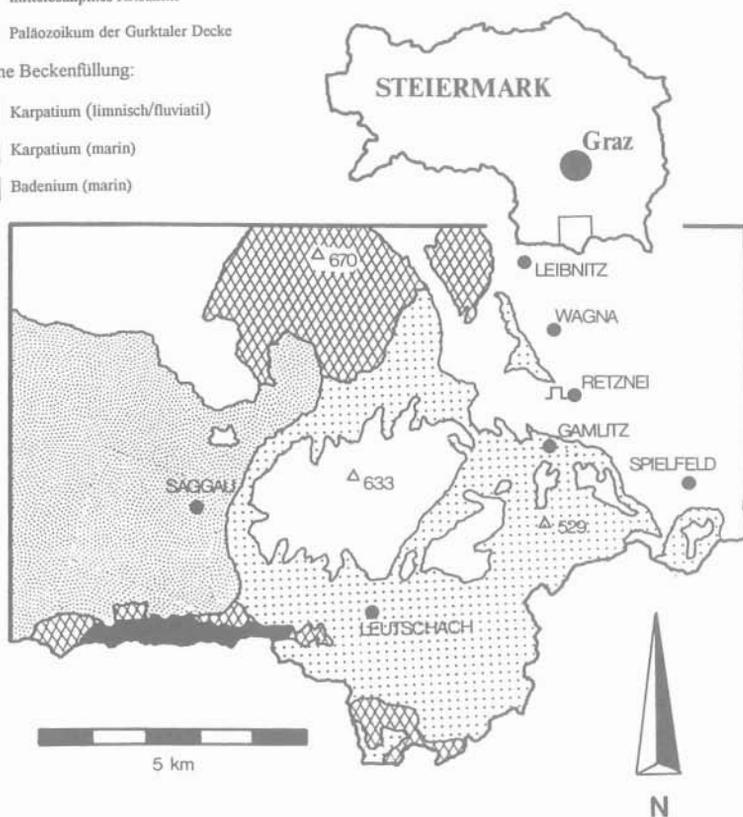


Abb. 1: Geologische Lageskizze des Aufschlusses Retznei. Umgezeichnet nach KOLLMANN (1965) FLÜGEL & HERITSCH (1968) und FLÜGEL & NEUBAUER (1984).

Die Unterlage des „Riffs“ bilden geröllführende Mergel, die den fossilarmen Feinklastika der karpatischen „Kreuzkrumpel-Formation“ (SCHELL, 1994) diskordant auflagern („Steirische Diskordanz“). Die Gerölle (paläozoische Kalke, Kristallin, karbonatisch zementierte Siltsteine) sind einerseits in tidalen Rinnen, andererseits im Hangendsten dieses Schichtglieds angereichert. Darüber setzt die „Riff-Entwicklung“ mit einem Korallenrasen (*Porites*, *Tarbellastraea*, *Montastraea* etc.), teilweise postmortal von *Lithophagus* sp. und *Gastrochaena* sp. angebohrt, der im zentralen Bereich der Untiefe durch eine See graswiese (an Fossilien treten unter anderem Echinoideen, wie *Schizaster* sp. und *Scutella* sp., sowie verschiedene Crustaceen auf) vertreten wurde, ein.

Im Hangenden dieses Bereiches folgt die Hauptmasse der „Leithakalk“-Entwicklung. Diese wird einer Abfolge von Algenschuttkalk („Aflenzler Stein“), mergeligem Rhodolithen-Schuttkalk sowie zwischengelagerten, dünnen Mergellagen und zwei Horizonten mit autochthonen *Montastraea*-Stöcken gebildet. An Fossilien treten vor allem Pectiniden, Ostreen, verschiedene *Clypeaster*- und *Echinolampas*-Arten, sowie isolierte Zähne von durophagen Knochenfischen auf.

Der Übergang von der Karbonatentwicklung zu den hangenden Siliziklastika ist im Nordteil des Steinbruchs aufgeschlossen (Abb.2). Hier geht die hangendste, dem „carbonate build-up“ zuordenbare, Rotalgen führende, „Leithakalk“-Bank (a) innerhalb weniger Zentimeter in pyritreiche Tonmergel (b) über. Der Fazieswechsel ist Ausdruck zunehmenden terrigenen Einflusses, der zum „Ertrinken“ des Karbonatkörpers führte. In die Tonmergel sind zwei geringmächtige, wolkig zementierte Karbonatbänke (c) eingeschaltet, deren Karbonatgehalt lateral starken Schwankungen unterworfen ist. Während der Liegendanteil der Tonmergel kaum Fossilien führt, sind die hangendsten 30-40 cm vor allem durch das Auftreten von Ichnofossilien charakterisiert. Neben Ophiomorpha-, Scolithos- und Planolitesbauten (vergl. UCHMAN & KRENMAYR, 1995) finden sich auch Gänge grabender Echinoideen (vergl. SCHAEFER, 1962; HILL & HUNTER, 1976; MACEACHERN & PEMBERTON, 1992). An Körperfossilien finden sich vor allem grabende Seeigel (*Schizaster* sp.) und *Calianassa* ähnliche Crustaceen. Pflanzenreste sind häufig. Aus diesem Bereich stammen auch die beiden *Sepia*-Schulpe. Die Fossilien liegen als Abdruck mit einem dünnen Pyritüberzug vor. Nach DODD & STANTON (1990) ist die Ichnofauna charakteristisch für den Übergangsbereich „shoreface“ zu „nearshore“. An niedrigerenergetischen Küsten entspricht dieser Bereich einer Wassertiefe von etwa 10 m (vergl. REINECK & SINGH, 1980; BERNARD et al., 1962). Mit REINECK & SINGH (1980) ist dieser Profilanteil als „transition zone“, dem Übergangsbereich von Küstensand- zu Schelfschlamm-Sedimentation, zu deuten.

- | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | h karbonatisch zementierte Sandsteinbänke mit erosiver Basis und reicher Fossilführung |  | d Foraminiferen führender sandiger Silt |
|  | g fossilarme, laminierte Feinsande mit Rippeln, gradierten Lagen und „low-angle crossbedding“. |  | c wolzig zementierte Karbonatbänke |
|  | f bioturbate, sandige Silte |  | b pyritreiche, scherbilg verwitternde Tonmergel mit reicher Ichnofauna im Hangendanteil. |
|  | e karbonatisch zementierte Sandsteinbank mit erosiver Basis mit gradiertem Aufbau. |  | a hangendste, dem „carbonate build-up“ zuordenbare „Leithakalk“-Bank (Mergeliger Rhodolithen-Schuttkalk). |

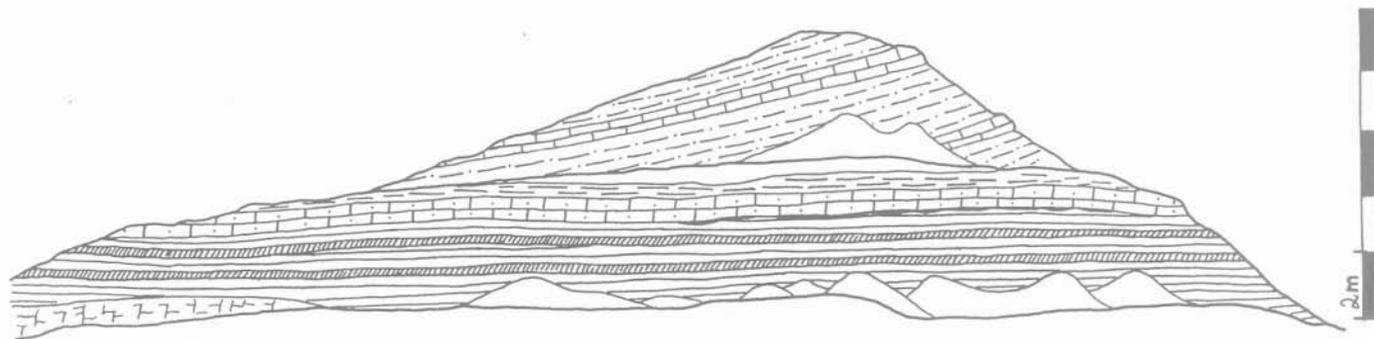


Abb. 2: Profil durch die Hangendabfolge im Nordteil des Steinbruchs Retznei („Zobel“)

Darüber folgt, teilweise von einer max. 5 cm mächtigen, Foraminiferen führenden Siltlage (d) unterlagert, eine 70-100 cm mächtige karbonatisch zementierte Sandsteinbank mit erosiver Basis (e). Die Bank führt reichlich Molluskenschill und läßt einen gradierten Aufbau erkennen. Untergeordnet tritt Kreuzschichtung auf. Ins Hangende geht diese Bank in bioturbate, sandige Silte (f) über. Die gradierte Karbonatbank wird in Anlehnung an PEMBERTON et al. (1992) als Tempestit gedeutet. Das Auftreten von in-situ erhaltenen Endobionten (*Calianassa?* sp., *Schizaster* sp.) in den hangendsten 30-40 cm der unterlagernden Tonmergel ist im Zusammenhang mit der raschen Sedimentation der Tempestit-Bank zu sehen. Die Organismen wurden in ihren Bauten verschüttet.

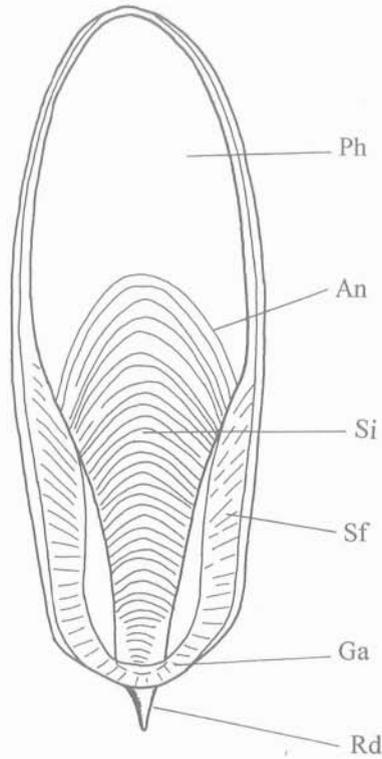
Über diese subhorizontal lagernde, vorwiegend siltige Abfolge progradieren mit etwa 7-10° nach Süden einfallende laminierte Feinsande (g), in die mehrere ca. 50 cm mächtige, karbonatisch zementierte Härtlingsbänke (h) mit erosiver Basis eingeschaltet sind. An Sedimentstrukturen treten in den Sanden Rippeln und gradierte Lagen (vergl. FRIEBE, 1990), sowie „Low-angle cross bedding“ auf. Die Sande sind fossilarm und zeigen kaum Anzeichen von Bioturbation. Die Härtlingsbänke führen neben einer reichen, in Steinkernerhaltung vorliegenden Molluskenfauna, solitäre Korallen, und sehr häufig vollständige Exemplare der Schwimmkrabbe *Portunus monspeliensis*. Nach FLÜGEL (1986) ist für diese als Todesart Überschüttung durch Sediment anzunehmen. Ein weiteres Charakteristikum der Härtlingsbänke ist das Auftreten von vertikalen Grabgängen im Hangendanteil. Auf Grund der Sedimentstrukturen werden die nach S einfallenden Feinsande vom Autor als Sedimente eines progradierenden „shoreface“ interpretiert (vergl. REINECK & SINGH, 1980; FIELD & TRINCARDI, 1991). Im Südteil des Bruches sind in diese siliziklastische Abfolge Vulkanite eingeschaltet, die von HAUSER (1950) als Biotitandesit-Gang gedeutet wurden. Im Rahmen großflächiger Aufschlußarbeiten in diesem Bereich zeigte sich der synsedimentäre, möglicherweise tuffitische Charakter dieser Vulkanite. Derzeit laufende geochronologische und geochemische Untersuchungen scheinen diese Deutung zu bestätigen (freundliche Mitteilung von A.-V. BOJAR).

In der gesamten Hangendabfolge des Retzneier Steinbruches findet sich kein Hinweis auf eine Zunahme der Wassertiefe, die zum Ertrinken des „carbonate build-up“ hätte führen können. Das Ende der Karbonatsedimentation ist vielmehr durch zunehmenden siliziklastischen Einfluß einer über das „Riff-Areal“ progradierende Küstenentwicklung bedingt (vergl. auch FRIEBE 1991; 1993)

3. Systematischer Teil

Die Systematik orientiert sich an SCHULTZ (1976) und ENGESER (1995). Die im Folgenden verwendeten Termini sind in Abbildung 3 dargestellt.

Abb. 3: Elemente eines *Sepia*-
Schulpes:
An... Anwachslienien der
Septen,
Ga... Gabel (Rudiment
der Umwandlung
des Siphos),
Ph... Phragmoconus,
Rd... Rostraldorn,
Sf... Seitenflügel,
Si... Siphos.



Klasse **Cephalopoda**
 Unterklasse **Coleoidea**
 Überordnung **Decembrachiata**
 Ordnung **Sepiida**
 Familie **Sepiidae**

Sepia LINNÉ, 1758
Sepia vindobonensis SCHLOENBACH, 1869

(Abb.4-6)

- v* 1869 *Sepia vindobonensis* - SCHLOENBACH, S. 289-291, Taf. 7, Fig. 1-2.
- . 1920 *Sepia vindobonensis* - BÜLOW-TRUMMER, S. 248.
- ? 1947 *Sepia* cf. *vindobonensis* - ROGER, S. 225-232, Abb. 2.
- . 1958 *Sepia vindobonensis* - SCHAFFER, 142-146, Abb. a-d.
- . 1959 *Sepia vindobonensis* - SIEBER, S. 276.
- . 1975 *Sepia vindobonensis* - STOJASPAL, S. A191.
- . 1976 *Sepia vindobonensis* - SCHULTZ, S. 21.

Material: Zwei Schulpe; Sammlung G. WANZENBÖCK (Bad Vöslau).

Abmessungen: Das größere (adulte) Exemplar hat eine Länge von 119 mm und eine Breite von 39 mm. Die Länge des kleineren (juvenilen) Exemplars beträgt 86 mm und die Breite 29 mm.

Beschreibung: Die beiden Schulpe (ein juveniles und ein adultes Exemplar) liegen als Abdrücke vor und weisen einen dunklen, bituminösen Beschlag auf (Abb.4). Am kleineren Stück ist ein Großteil des Phragmoconus mit einem feinen Pyritrasen bedeckt. Im Bereich der Seitenflügel sind noch kleine Reste der Schalensubstanz erhalten.

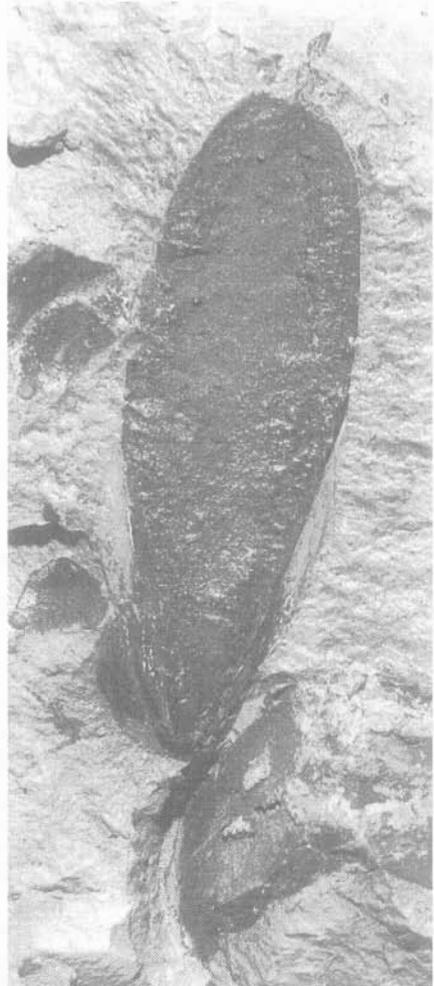


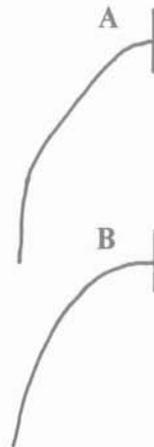
Abb. 4: *Sepia vindobonensis* von Retznei; A adultes Exemplar, B juveniles Exemplar.

Beide Stücke liegen in Dorsalansicht vor. Der Rostralbereich wurde in beiden Fällen bei der Bergung beschädigt, der Rostraldorn ist abgebrochen. Beim größeren Exemplar beträgt der Durchmesser des Rostraldorns an der Basis ca. 3 mm. Der Phragmoconus ist weggelöst, so daß die Ventralseite des Phragmoconus als „Negativ“ sichtbar ist. Der Siphon ist daher nicht als mediane Rinne, sondern als über die ganze Länge des Schulpes laufende Erhebung ausgebildet. Dieses Merkmal ist beim größeren Exemplar wesentlich deutlicher ausgeprägt als beim kleineren. Der Phragmoconus erreicht seine größte Breite auf halber Länge, direkt am Ende der Seitenflügel.

Der Abdruck des Phragmoconus läßt beim größeren Exemplar teilweise noch die von SCHLOENBACH (1869) beschriebene, für *Sepia vindobonensis* als typisch ausgewiesene, feine Gitterstruktur erkennen.

Der Abstand zwischen den Septen beträgt im Durchschnitt zwischen 0,5 bis 0,7 mm. Durch jahreszeitliche Temperaturschwankungen bedingte Septenkomprimierung, wie sie von HEWITT & STAIT (1988) bei rezenten Sepien im Englischen Kanal nachgewiesen wurden, tritt nicht auf. Im Laufe der Ontogenie ist eine deutliche Veränderung der Anwachslinien erkennbar: Während die letzte Anwachslinie am juvenilen Exemplar eine gut gerundete konvexe Kontur aufweist, ist diese beim adulten Stück angular (Abb.5).

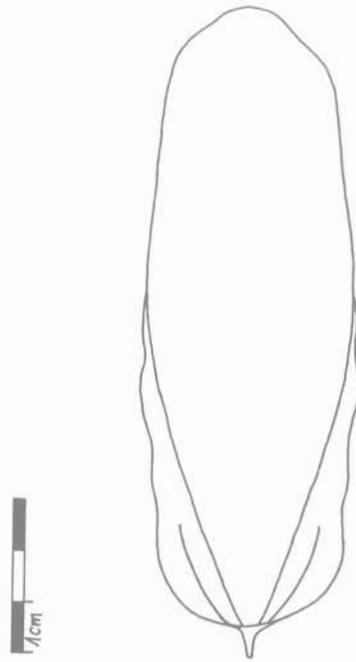
Abb 5: Kontur der Septen bei *Sepia vindobonensis*;
A adult
B juvenil.



Als Seitenflügel werden die lateral über den Phragmoconus reichenden Anteile des dorsalen Schildes bezeichnet. Sie erstrecken sich über die halbe Länge des Schulpes. Im Bereich des Rostrums sind die Seitenflügel als breite Lappen entwickelt und ventral gewölbt. Diese Wölbung verflacht in Wachstumsrichtung. Auch die Breite der Seitenflügel nimmt rasch ab. Die Kontur der Seitenflügel ist grob unduliert. Die im Bereich der Seitenflügel erhaltenen Schalenreste besitzen außer undeutlichen Anwachslinien keine erkennbare Oberflächenstruktur.

Anhand der dargelegten Merkmale der Retzneier Exemplare des Holotypus ergibt sich die in Abbildung 6 dargestellte Rekonstruktion für einen vollständigen Schulpes von *Sepia vindobonensis*.

Abb. 6: Rekonstruktion eines vollständigen Schulpes von *Sepia vindobonensis*.



Bemerkungen: Bisher wurden erst zwei Funde von *Sepia*-Resten aus dem Miozän Österreichs bekannt (SCHLOENBACH, 1869; SCHAFFER, 1958). Das Typusmaterial zu SCHLOENBACH (1869) ist unter der Inventarnummer 8106 in der Typensammlung der Geologischen Bundesanstalt in Wien hinterlegt (vergl. STOJASPAL, 1975). Das Material zu SCHAFFER (1958) ist nicht auffindbar.

Weitere Nachweise von *Sepia*-Resten aus dem Neogen Europas wurden von folgenden Autoren beschrieben: GASTALDI (1868), BELLARDI (1872), ISSEL (1882), MELI (1889), FORESTI (1890), PARONA (1892), LÖRENTHEY (1898), SZÖRENYI (1933), WAGNER (1938), ROGER (1947).

Folgende Arten wurden namhaft gemacht: *Sepia craversii* GASTALDI, 1868; *Sepia michelotti* GASTALDI, 1868; *Sepia vindobonensis* SCHLOENBACH, 1869; *Sepia complanata* BELLARDI, 1872; *Sepia gastaldii* BELLARDI, 1872; *Sepia granosa* BELLARDI, 1872; *Sepia isseli* BELLARDI, 1872; *Sepia rugulosa* BELLARDI, 1872; *Sepia stricta* BELLARDI, 1872; *Sepia verrucosa* BELLARDI, 1872; *Sepia bertii* FORESTI, 1890; *Sepia hungarica* LÖRENTHEY, 1898; *Sepia harmati* SZÖRENYI, 1933.

Nach SCHAFFER (1958) sind die verschiedenen oben genannten *Sepia*-Arten durch verschiedene Erhaltungszustände bedingte „Morphotypen“ ein und derselben Art. Eine Überprüfung der Original-Beschreibungen ergab, daß es sich, abgesehen von der Art *Sepia harmati*, die möglicherweise ein Synonym von *Sepia michelotti* ist, bei den aus dem Neogen Europas bekanntgemachten Sepien mit großer Wahrscheinlichkeit um valide Arten handelt. Sicherheit kann aber nur die Überprüfung des Typusmaterials bringen.

Der von ROGER (1947) aus dem Mittelmiozän von Saubrigues (Frankreich) als *Sepia* cf. *vindobonensis* bestimmte Fund kann auf Grund des schlechten Erhaltungszustandes kaum mit der hier beschriebenen Art verglichen werden.

Verbreitung: *Sepia vindobonensis* läßt sich mit Sicherheit nur aus dem Badenium der Zentralen Paratethys nachweisen (Baden bei Wien, Grund in Niederösterreich, Retznei, Lageniden-Zone).

4. Zur Taphonomie von *Sepia*

Sepien sind Bewohner des litoral-neritischen Bereichs und finden sich vor allem tagsüber in Grundnähe, wo sie sich durch schüttelnde Bewegungen des Flossensaums im Sandgrund eingraben und dort typische Liegespuren hinterlassen, oder sich in Zosterawiesen aufhalten (RIEDL, 1970). *Sepia officinalis* führt jahreszeitlich bedingte Wanderungen aus und findet sich im Frühjahr oft massenhaft in Küstennähe über Sandboden. Bevorzugt tritt *Sepia* in Wassertiefen zwischen 30 und 80 m auf, ist aber in Wassertiefen bis 150 m nachgewiesen. Nach DENTON (1974) und WARD & BOLETZKY (1984) implodieren Sepien-Schulpe in einer Wassertiefe zwischen 200 und 250 m.

Obwohl Sepien rezent oft massenhaft auftreten, finden sich fossile Schulpe äußerst selten. Dafür ist einerseits die geringe Dichte des Sepien-Körpers, andererseits die gute Schwimmfähigkeit des Schulpes verantwortlich, die dazu führt, daß der Schulp bis zur weitgehenden Zerstörung an der Meeresoberfläche treibt, und auf diese Weise meist nur Bruchstücke zur Sedimentation gelangen.

Mit SCHAEFER (1962) kommen die folgende beiden Möglichkeiten zur Fossilisation größerer Fragmente von *Sepia*-Schulpen in Frage:

Nach dem Tod treibt die Sepie an die Meeresoberfläche, ohne vorher zu Boden zu sinken. Mit fortschreitender Zersetzung löst sich der Schulp aus dem Sepien-Körper und wird in Folge oft über weite Strecken an der Meeresoberfläche verfrachtet. Die Zerstörung erfolgt meist durch die bohrende Tätigkeit von Endolithen oder durch Schnabelhiebe von Seevögeln. Zerbrochene Schulpe oder größere Fragmente bleiben noch bis zu 10 Tagen schwimmfähig, bevor sie zu Boden sinken.

Unbeschädigte Schulp können über weite Strecken verdriften und werden rezent oft massenhaft an den Strand gespült, wo sie sich in den Spülsäumen anreichern. Erfolgt die endgültige Einbettung hier nicht rasch, werden die Schulp innerhalb kurzer Zeit mechanisch zerstört.

Nach HEWITT & STAIT (1988) läßt sich bei *Sepia*-Schulpen ein lineares Verhältnis zwischen Septen-Abstand und Wassertemperatur herleiten. Für den Bereich der Zentralen Paratethys läßt sich nach STEININGER et al. (1985) während des Unterbadeniens (Lageniden-Zone) eine durch ein zirkumäquatoriales Strömungssystem bedingte Temperaturverteilung ohne größere jahreszeitliche Schwankungen annehmen (vergl. HIDEN, 1995). Der annähernd gleichbleibende Abstand der Septen bei den beiden vorliegenden *Sepia*-Schulpen spiegelt diese Verhältnisse wider.

Danksagung: Mein Dank ergeht an Herrn G. WANZENBÖCK (Bad Vöslau), der mir das beschriebene Material zur Bearbeitung überließ, sowie Herrn Dr. F. STOJASPAL (GBA, Wien) für die Möglichkeit, das an der Geologischen Bundesanstalt aufbewahrte Typusmaterial von *Sepia vindobonensis* einzusehen.

Der Leitung des Werkes Retznei der Perlmooser Zementwerke AG danke ich für die Erlaubnis zur Begehung des Steinbruchgeländes.

Mein Dank gilt auch den Herren Mick Jagger, Keith Richards, den Herrschaften von Status Quo, der Brauerei Murau, sowie einigen Umständen, auf die einzugehen jetzt zu weit führen würde.

5. Literatur

- BELLARDI, L. (1872): I Molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria. - Torino.
- BERNARD, H. A., LE BLANC, R. J. & MAJOR, C. F. (1962): Recent and Pleistocene geology of southeast Texas. Geol. Gulf Coast and central Texas and guidebook of excursion. - Houston Geol. Soc., 175-224, Houston.
- BÜLOW-TRUMMER, E. V. (1920): Cephalopoda dibranchiata. - Fossilium Catalogus, 11, 1-313, Berlin.
- DENTON, E. J. (1974): On buoyancy and the lives of modern and fossil cephalopods. - Proc. R. Soc. London, 185, 273-299, London.
- DODD, J. R. & STANTON, R. J. (1990): Paleoecology, concepts and applications. - 502 S., New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore (John Wiley & Sons).
- ENGESER, T. (1995): Phylogenie und Klassifikation der coleoiden Cephalopoden. - Terra nostra, 4/95, 25-26, Hildesheim, 1995.
- FIELD, M. E. & TRINCARDI, F. (1991): Regressive coastal deposits on Quarternary Shelves: Preservation and legacy. - From Shoreline to Abyss, SEPM Special Publication, 46, 107-122, Tulsa/Oklahoma.

- FLÜGEL, H. W. (1972): Das Steirische Neogenbecken. - Exkursionsführer 42. Jahresvergl. Paläont. Ges., 199-227, 11 Abb., 3 Tab., Graz.
- FLÜGEL, H. W. (1986): Ein neuer Fund von *Portunus monspeliensis* (A. MILNE-EDWARDS) aus dem Badenium von Retznei. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **116**, 91-96, Graz.
- FLÜGEL, H. & HERITSCH, H. (1968): Das Steirische Tertiär-Becken. - Sammlung geologischer Führer, **47**, 196 S., 27 Abb., 8 Taf., 6 Beilagen, Berlin-Stuttgart (Gebr. Borntraeger).
- FLÜGEL, H. W. & NEUBAUER, F. R. (1984): Geologische Karte der Steiermark 1:200.000. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergbau Landesmus. Joanneum, **45**, Graz.
- FORESTI, L. (1890): *Sepia Bertii* FORESTI. - Bol. Soc. geol. italiana, **9**, 1-5, Taf. 8, Rom.
- FRIEBE, J. G. (1988): Paläogeographische Überlegungen zu den Leithakalkarealen (Badenien) der Mittelsteirischen Schwelle (Steiermark). - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **15**, 41-57, 9 Abb., 3 Taf., Innsbruck.
- FRIEBE, J. G. (1990): Lithostratigraphische Neugliederung und Sedimentologie der Ablagerungen des Badenium (Miozän) um die Mittelsteirische Schwelle (Steirisches Becken, Österreich). - Jb. Geol. B.-A., **133**, 223-257, Wien.
- FRIEBE, J. G. (1991): Carbonate sedimentation within a siliciclastic environment: the Leithakalk of the Weisseneg Formation (Middle Miocene, Styrian Basin, Austria). - Zbl. Geol. Paläont. Teil I, **1990**, 1671-1687, Stuttgart.
- FRIEBE, J. G. (1993): Sequence stratigraphy in a mixed carbonate-siliciclastic depositional system (Middle Miocene; Styrian Basin, Austria). - Geol. Rundsch., **82**, 281-294, Kiel/Stuttgart.
- FRTZ, I. & HIDEN, H. R. (1996): *Aturia aturi* (Cephalopoda, Nautiloidea) von Retznei (Steiermark, Mittel-Miozän). - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, **52/53**, 13-18, Graz.
- GASTALDI, B. (1868): Fossili del Piemonte e della Toscana. Parte I. - Torino.
- HAUSER, A. (1950): Ein Vorkommen von Biotitandesit in Retznei bei Ehrenhausen. - Tschermaks mineralogische und petrographische Mitteilungen, **2**, 157-165, Wien.
- HEWITT, R. A. & STAIT, B. (1988): Seasonal variation in septal spacing of *Sepia officinalis* and some Ordovician actinocerid nautiloids. - Lethaia, **21**, 383-394, Oslo.
- HIDEN, H. R. (1995): Ichthyoduroolithen als paläogeographische Indikatoren am Beispiel der mittelmiozänen Elasmobranchier-Fauna des Steirischen Tertiärs. - Vortragskurzfassungen ÖPG/IGP-KFUG, 13-14, Graz.
- HIDEN, H. R. (1996): Elasmobranchier (Pisces, Chondrichthyes) aus dem Badenium (Mittleres Miozän) des Steirischen Neogenbeckens, Österreich. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, **52/53**, 41-109, Graz.
- HILBER, V. (1915): Der älteste bekannte und erste miozäne Argonauta. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **51**, 107-110, 1 Taf., Graz.
- HILL, G. W. & HUNTER, R. E. (1976): Interaction of biological and geological processes in the beach and nearshore, northern Padre Island, Texas. - Beach and Nearshore Sedimentation, SEPM Special Publication, **24**, 169-187, Tulsa/Oklahoma.

- ISSEL, A. (1889): Di una sepie del pliocene piacentino. - Bull. Soc. malac. ital., **14**, 36-58, Roma.
- KOLLMANN, K. (1965): Jungtertiär im Steirischen Becken. - Mitt. Geol. Ges. Wien, **57**, 479-632, 2 Abb., 6 Taf., Wien.
- LINNE, C. VON (1758): Systema Naturae per regna tria naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum characteribus et differentiis. Tomus I. - 10. Auflage, Halle/Magdeburg.
- LÖRENTHEY, E. (1898): *Sepia* im ungarischen Tertiär. - Math.-naturwiss. Ber. Ungarn, **15**, 268-272, Taf. 3, Budapest.
- MACEachern, J. A. & PEMBERTON, S. G. (1992): Ichnological aspects of Cretaceous shoreface successions and shoreface variability in the western interior seaway of North America. - SEPM Core Workshop, **17**, 57-84, Calgary.
- MELI, R. (1882): Le marne plioceniche del Monte Mario. - Boll. Comitato Geologico, **1882**, 94.
- PAPP, A. & KÜPPER, K. (1954): The Genus *Heterostegina* in the Upper Tertiary of Europe. - Contrib. from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research, **5**, 108-127, Taf. 20-23, Bridgewater/Mass.
- PARONA, C. F. (1892): Descrizione die alcuni fossili miocenici di Sardegna. - Atti Soc. Ital. Sci. nat., **34**, 163-177, 2 Taf., Torino.
- PEMBERTON, S. G., MACEachern J. A. & RANGER, M. J. (1992): Ichnology and Event Stratigraphy: The use of trace fossils in recognising tempestites. - SEPM Core Workshop, **17**, 85-118, Calgary.
- REINECK, H.-E. & SINGH, I. B. (1980): Depositional Sedimentary Environments. - 551 S., 2nd ed., New York-Heidelberg-Berlin (Springer).
- RIEDL, R. (1970): Fauna und Flora der Adria. - 702 S., 2950 Abb., Berlin (Paul Parey).
- ROGER, J. (1947): Decouverte d'une coquille de *Sepia* (*S.* cf. *vindobonensis* SCHLOENBACH) dans le Vindobonien superieur de Saubrigues (Landes) et Histoire Paleontologique des Sepiidae. - Bull. Soc. Geol. France, **17**, 225-232, 2 Abb., Paris.
- SCHÄFER, W. (1962): Aktuopaläontologie nach Studien in der Nordsee. - 668 S., 277 Abb., 36 Taf., Frankfurt a. Main (Kramer).
- SCHAFFER, H. (1958): Ein neues Vorkommen von *Sepia vindobonensis* SCHLB. in Niederösterreich. - Anz. math.-naturwiss. Kl. Akad. Wiss., **1958**, 141-148, Wien.
- SHELL, F. (1994): Die Geologie der südlichen Windischen Büheln (Raum Arnfels-Leutschach-Langegg). - Unpubl. Diss. Univ. Graz.
- SCHLOENBACH, U. (1869): Über *Sepia vindobonensis* sp. nov. aus dem neogenen Tegel von Baden bei Wien. - Jb. Geol. R.-A., **19**, 289-291, Taf. 8, Wien.
- SCHOUPPE, A. (1949a): Zwei Decapoden aus dem Torton von Retznei. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **77-78**, 139-141, Graz.
- SCHOUPPE, A. (1949b): Die Fauna des Steinbruchs Retznei bei Ehrenhausen. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **77-78**, 142-144, Graz.
- SCHULTZ, O. (1976): Nautiloidea tertiaria et Dibranchiata tertiaria. - Catalogus Fossilium Austriae, Heft **VI f/3**, 32 S., Wien.

- SIEBER, R. (1959): Systematische Übersicht der jungtertiären Amphineura, Scaphopoda und Cephalopoda des Wiener Beckens. - Ann. Naturhist. Mus. Wien, **63**, 274-278, Wien.
- STEININGER, F. F., SENES, J., KLEEMANN, K. & RÖGL, F. (1985): Neogene of the Mediterranean Tethys and Paratethys. Stratigraphic Correlation Tables and Sediment Distribution Maps. - 2 Vol., Wien.
- STOJASPAL, F. (1975): Katalog der Typen und Abbildungsoriginale der Geologischen Bundesanstalt. - 1. Teil: Wirbellose des Känozoikums. - Verh. geol. B.-A., **1975**, A159-A193, Wien.
- SZÖRENYE, E. (1933): Neue tertiäre Sepiinae aus Ungarn nebst Bemerkungen zum zeitlichen Auftreten und zur Entwicklung der Gattung *Sepia*. - Földt. Közl., **63**, 183-189, Taf. 16, Budapest.
- UCHMAN, A. & KRENMAYR, H. G. (1995): Trace fossils from Lower Miocene (Ottomanian) molasse deposits of Upper Austria. - Paläont. Z., **69**, 503-524, Stuttgart.
- WAGNER, H. (1938): Die Dibranchiaten Cephalopoden der mitteloligozänen (Rupelian) Tonschichten von Kiscell und neue Sepiinae aus dem ungarischen Eozän. - Ann. hist. nat. Mus. Hung., **31**, 192-199, Budapest.
- WARD, P. & BOLETZKY, S. (1984): Shell implosion depth and implosion morphologies in three species of *Sepia* (Cephalopoda) from the Mediterranean Sea. - Journal of marine Biological Association of the U.K., **64**, 955-966, London.

Anschrift des Autors:

Hartmut R. HIDEN, Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Graz,
Heinrichstraße 26, A-8010 Graz.

Eingelangt am 8.2.1995