

DIE LEBENSSPUR SPIRODESMOS IM UNTERKARBON DES ÖSTLICHEN RHEINISCHEN SCHIEFERGEBIRGES

von *Manfred HORN*¹

KURZFASSUNG

Aus den unterkarbonischen Kieselschiefern des Rheinischen Schiefergebirges werden die bisher bekannten Vorkommen von *Spirodesmos* zusammengestellt und neue Funde beschrieben. Sie sind in das Dinant II δ bis III α einzustufen und scheinen nur in diesem stratigraphischen Bereich aufzutreten.

Nach Vergleichen mit Spuren von rezenten Ozeanböden wird angenommen, dass die im Kieselschiefer erhaltenen *Spirodesmos*-Exemplare als Exkrement-Stränge von sedimentfressenden Würmern zu deuten sind. Hinweise auf die Wassertiefe des Sedimentationsraumes der Kieselschiefer können aus diesen Vorkommen nicht abgeleitet werden.

ABSTRACT

The ichnogenus *Spirodesmos* Andrée 1920 from the Lower Carboniferous Kieselschiefer (bedded cherts) Formation of the eastern Rheinisches Schiefergebirge is described. It occurs in a small stratigraphic interval in the Viscon (Pe δ - Go α).

Similar planispiral coils are known from photographs of the recent deep sea floor. In several cases the animal producing them could be identified as a detritus feeding enteropneust. The similarity of the recent fecal coils and *Spirodesmos* suggests a similar origin.

The tracks form convex epireliefs and have been preserved by syngenic to early diagenetic silification of the chert beds. They do not indicate the water depth during the sedimentation of the Kieselschiefer Fm.

SCHLÜSSELWORTER

Unterkarbon, Rheinisches Schiefergebirge, Kieselschiefer, Lebensspuren.

KEY WORDS

Dinantian, Rheinisches Schiefergebirge, bedded chert, trace fossils.

1. Einleitung

Aus den unterkarbonischen Kieselschiefern im östlichen Rheinischen Schiefergebirge und dem Harz sind Lebensspuren relativ wenig beschrieben worden. Bioturbation in diesen Gesteinen erwähnen Jackson (1985), Zimmerle (1986), und Dehmer *et al.* (1989). Ausserdem ist die auffällige Lebensspur *Spirodesmos* Andrée (1920), Huckriede (1952) bekannt, eine flach bandähnliche Spur, die als regelmässige Spiralen (*Sp. archimedeus* Huckriede) oder als in einzelne, mehrere Zentimeter lange Stücke zerteilte, nur teilweise spiralg aufgerollte Gebilde (*Sp. interruptus* Andrée) auf den Schichtflächen erkennbar sind. Andrée (1920) deutete das Problematikum als den Abdruck einer fossilen Laichschnur von "(?) Schnecken". Huckriede (1952) hielt ebenfalls eine Deutung als Abdrücke von Gastropoden-Laichsträngen für wahrscheinlich.

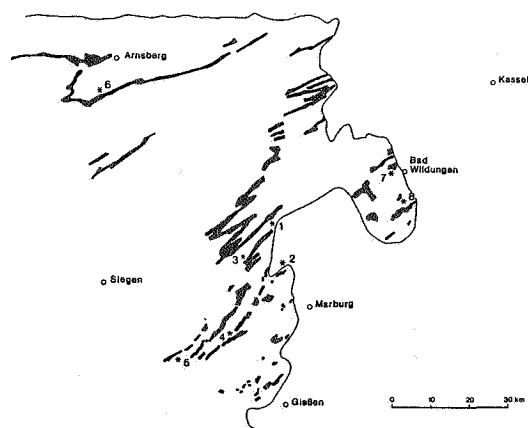


Abb. 1.: Verbreitung der Kulm-Kieselschiefer im östlichen Rheinischen Schiefergebirge.

1-2: Fundpunkte von *Spirodesmos interruptus*
3-8: Fundpunkte von *Sp. archimedeus*

¹ Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg, 9, D-6200 Wiesbaden.

Inzwischen sind weitere *Spirodesmos*-Funde an verschiedenen Fundpunkten in den Kieselschiefern gemacht worden (Tab. 1), aus denen hervorgeht, dass die Spur zumindest in vier Fällen nicht als Ausguss einer vorhandenen Vertiefung an der Sohlfläche der Kieselschieferbänke auftritt, sondern als konvexes Epirelief im Sinne der Terminologie von Ekdale *et al.* (1984) auf der Oberfläche der Schicht. Diese Beobachtung ist Anlass einer kurzen Diskussion dieser von Andrée und

Huckriede bereits ausführlich beschriebenen Problematika.

2. Regionale und stratigraphische Verbreitung

Abb. 1 zeigt die regionale Verbreitung der bisher bekannten Vorkommen. Sie sind ausserdem in Tab. 1 zusammengestellt. Alle Funde stammen aus dem höheren Teil der Kulm-Kieselschiefer oder

	Autor	Fundschieht	Fundort
1. <i>Spirodesmos interruptus</i>	Andrée 1920	Kulm-Kieselschiefer	Battenberg (MR)
2. <i>Sp. interruptus</i> Andrée		Kulm-Kieselschiefer, höherer Teil ("Helle Kieselschiefer")	Stbr.S. Amönau Bl. 5018 Wetter R 34 77 82 H 56 40 46 (WI)
3. <i>Spirodesmos archimedeus</i> (mehrere Exemplare)	Huckriede 1952	Kulm-Kieselschiefer, höherer Teil (Kieselkalke)	Musbachtal E Biedenkopf Bl. 5017 Biedenkopf R 34 69 28 H 56 41 87 (MR)
4. <i>Sp. archimedeus</i> Huckr. (mehrere Exemplare)		Kulm-Kieselschiefer, höherer Teil	Am Heiligen Berg SE P. 413,4 Strasse Günterod- Endbach Bl. 5216 Oberscheld (MR)
5. <i>Sp. archimedeus</i> Huckr.		Kulm-Kieselschiefer	"W Herborn, W Dill bei km 22,325" (Gö)
6. <i>Sp. archimedeus</i> Huckr. (mehrere Exemplare)		Kulm-Kieselkalk	Stbr. Obberöhre bei Sundern Bl. 4614 Arnsberg-Süd R 34 31 29 H 56 86 88 (Gö)
7. <i>Sp. archimedeus</i> Huckr. (mehrere Exemplare)		Kulm-Kieselschiefer, höherer Teil ("Bunte Kieselschiefer")	Stbr. W Café Waldhaus, Bad Wildungen Bl. 4820 Bad Wildungen R 35 07 07 H 56 63 70 (BW)
8. <i>Sp. archimedeus</i> Huckr.		Kulm-Kieselschiefer, höherer Teil	Stbr.ca. 800 m SW Berg- freiheit, Bl. 4920 Armsfeld R 35 06 40 H 56 56 57 (BF)

Table 1. Zusammenstellung der Funde von *Spirodesmos interruptus* und *Sp. archimedeus* im östlichen Rheinischen Schiefergebirge: Aufbewahrungsorte der Fundstücke: MR: Geol.-Paläont. Institut Marburg; GÖ: Geol.-Paläont. Institut Göttingen; WI: Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden; BF: Edelsteinschleiferei Lange, Bergfreiheit; BW: Lapidarium Schloss Friedrichstein, Bad Wildungen. Von 3. befinden sich weitere Exemplare im Museum Biedenkopf/Lahn und im Senckenberg-Museum in Frankfurt, von 6. weitere im Museum Arnsberg.

Die Fundortangabe bei 5: "W Herborn...." ist vermutlich ein Schreibfehler. "N" Herborn ist wahrscheinlicher und könnte bedeuten, dass der Fundpunkt am E-Hang des Dollenberges zu suchen ist und die Fundschiehten in der Grenzbereich II δ /III α gehören (Nicolaus, 1963, 1984).



Abb. 2 : *Spirodesmos archimedeus* Huckriede auf der Schichtfläche einer Kieselschieferbank aus dem Steinbruch am Café Waldhaus bei Bad Wildungen.

deren stratigraphischem Äquivalent, den Kieselkalken, sind also in das obere Pey bis Pe δ einzustufen. Eine etwas genauere Datierung ist im Profil am Café Waldhaus möglich, wo die Fundschicht ca. 15 m unter der Oberkante der Kieselschiefer im Bereich zwischen *Scaliognathus anchoralis* im tieferen und *Gnathodus bilineatus* im höheren Teil der aufgeschlossenen Schichtenfolge liegt. Für die Funde aus dem Steinbruch Oberröhre vermutet Nicolaus (1963:49) eine Fundschicht im Liegenden der *grimmeri*-Bank. Für diese beiden Fundpunkte kann danach angenommen werden, dass die *Spirodesmos*-Horizonte in das obere Unterkarbon II δ und den Grenzbereich II δ / IIIa gehören.

3. Beschreibung der Funde

Bei der Bearbeitung des Kieselschieferprofils von Café Waldhaus (Tab. 1 ; 7, Dehmer *et al.*, 1989) wurden drei Exemplare von *Sp. archimedeus* gefunden, von denen eines sehr gut erhalten ist (Abb. 2), die anderen durch tektonische Bewegungen auf der Schichtfläche teilweise überprägt sind. Alle Stücke stammen von der Oberfläche einer ca. 0,30 m mächtigen grüngrauen Lyditbank, die durch vier 1 - max. 2 cm starke Tuffeinschaltungen unterteilt ist. Die Tuffbänder zeigen teilweise deutliche Ausbuchtungen in die unterlagernde Lyditlage, die als Belastungsstrukturen gedeutet werden (Abb. 3). Die obersten 5 cm der Bank werden von grüngrauem Lydit gebildet, in den als eine in einzelne Linsen zerrissene Lage ebenfalls 1-2 mm Tuff eingeschaltet ist. Der grüngraue Lydit ist ganz fein lamelliert durch Lagen von < 1 mm. U.d.M. zeigt sich ausserdem eine noch feinere Parallelschichtung durch Glimmer, die im obersten Teil der Bank alle Belastungsmarken der ursprünglich früher darüberliegenden, im

Aufschluss 2-4 cm mächtigen, heute nur noch als feiner toniger Belag vorhandenen Tufflage nachzeichnet. Die Feinstschichtung der obersten Lage ist auch im Bereich der Spur nicht gestört (Abb. 4). Radiolarien kommen häufig vor. Daneben sind einzelne Conodontenbruchstücke vorhanden.

Sp. archimedeus ist als grosse Spirale von max. 23 cm \varnothing auf der Oberfläche der harten Lyditbank erhalten (Abb. 2). Die von einem etwa 1-1,5 mm hohen und fast gleichförmig 5-6 mm breiten bandförmigen Wulst gebildete Spur beginnt und endet ohne erkennbares Abbiegen in die unter- oder überlagernde Schicht. Einzelne, mehrere Zentimeter lange Stücke von gleichartigem Band sind ausserhalb und getrennt von der Spirale auf der Schichtfläche vorhanden. Eine Oberflächenstrukturierung ist weder auf den Bändern noch in den Zwischenräumen der Spirale erhalten. Die übrigen untersuchten Exemplare von *Sp. archimedeus* zeigen die gleichen Merkmale. Sie unterscheiden sich z.T. nur im Durchmesser der Spiralen, in der Zahl der Windungen und in der Breite des bandartigen Wulstes (bei kleinem \varnothing 4-5 mm, bei grösserem bis max. 8 mm).

Das in Abb. 5 dargestellte *Spirodesmos interruptus* ist das zweite bisher aus dem Rheinischen Schiefergebirge bekannte Exemplar. Es wurde bei einer Begehung mit H.-G. Kupfahl in einem aufgelassenen Steinbruch südlich Amönau gefunden. Die noch im Schichtverband steckende Fläche konnte freigelegt und komplett geborgen werden. Sie liegt 1,5 m über der Crinoidenkalkbank, die im Amönauer Gebiet einen lokalen Leithorizont im Kieselschiefer bildet (Kupfahl, 1987). Die ehemals überlagernde Ton-(Tuff-) Lage ist nur noch in dünnen Belägen erkennbar. Das Stück ist vollständiger erhalten als das von André (1920) beschriebene Exemplar, ist jedoch auch nicht die vollständige Spur, da ein Teil

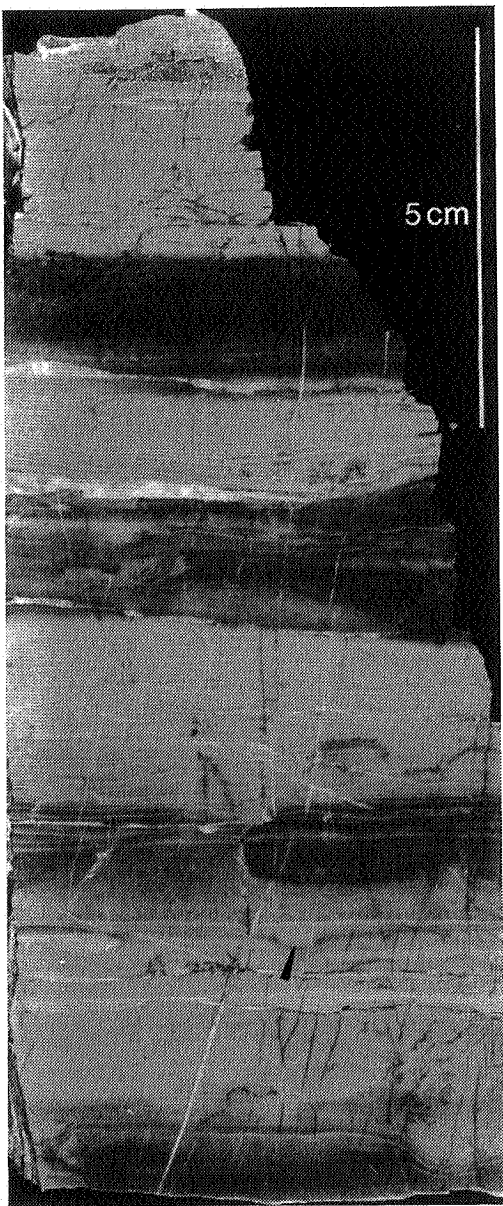


Abb. 3 : Unterer Teil der Kieselschieferbank mit *Sp. archimedeus*, Steinbruch am Café Waldhaus. Tufflagen mit Belastungsmarken (unten rechts und Mitte unten).

an einer durchgehenden Kluft abgebrochen und nicht mehr vorhanden war. Es besteht aus einer vollständigen Spiralwindung, die in einen grossen Bogen übergeht, der entgegen der ursprünglichen Windungsrichtung verläuft. Dieser Verlauf ist bereits von Andrée bei seiner Rekonstruktion richtig vermutet worden (Andrée, Abb. 1).

Der bandartige Wulst ist wie bei *archimedeus* fast gleichmässig 6 mm breit und erhebt sich kaum 1 mm über die Schichtfläche. Er ist in Abständen von 4-5 cm in fast gleichlange Abschnitte unterteilt, die an der dem Ursprung der Spirale zugewandten Seite jeweils nach aussen versetzt sind und neben dem vorhergehenden Stück liegen, wobei sie dieses unterschiedlich, teilweise um 5-7 mm überlappen. Die einzelnen Abschnitte sind deutlich getrennt mit scharfen und nicht gerundeten Kanten. Zwei Abschnitte liegen ausserhalb der Spiralspur. Sie können nicht aus der Spirale stammen, deren

Verlauf vollständig ist, könnten aber verdriftete Bruchstücke aus dem nicht erhaltenen Bereich des Exemplars darstellen. Die Gesamtlänge der einzelnen Abschnitte ist grösser als die Länge der Spirale. Die Aufteilung muss also vom Erzeuger der Spur verursacht worden und kann nicht später entstanden sein. Andeutungen für ein Abbiegen der Spur in die liegende oder hangende Schicht sind nicht erkennbar.

Das unterlagernde Gestein ist eine 0,20 m mächtige Bank von graurotem, im obersten Zentimeter grünem Kieselschiefer mit Fein- und Feinstschichtung, wie bereits beschrieben. Wie bei *archimedeus* ist auch hier keine besonders auffällige Störung des Sediments im Bereich der Spur vorhanden (Abb. 4). Im Querschnitt zeigen beide aber eine Verdickung der mm-dünnen obersten Kieselschieferlagen unterhalb und geringere Mächtigkeiten dieser Lagen seitlich davon (unterschiedliche Kompaktion?). Bei *interruptus* ist das Gestein ausserdem im Bereich der Verdickung heller als in den benachbarten Teilen der Lage.

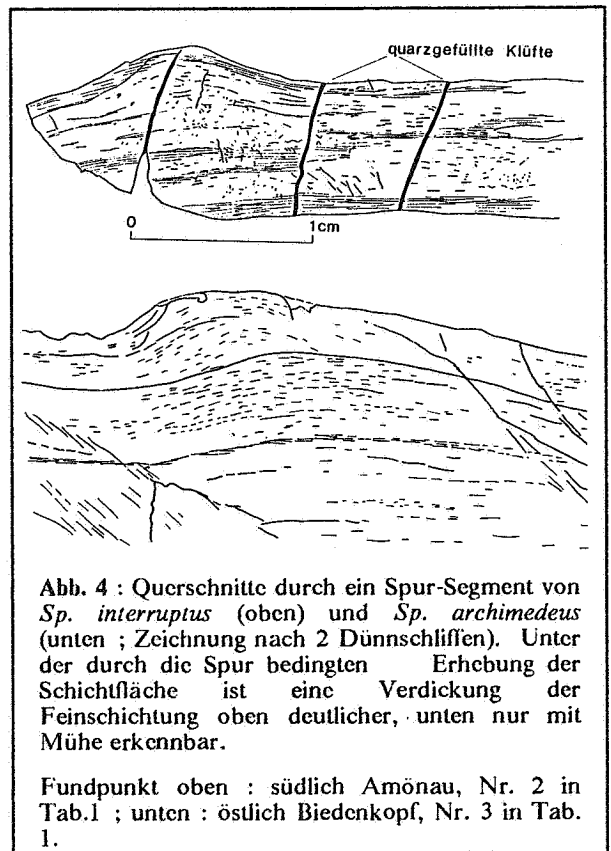


Abb. 4 : Querschnitte durch ein Spur-Segment von *Sp. interruptus* (oben) und *Sp. archimedeus* (unten ; Zeichnung nach 2 Dünnschliffen). Unter der durch die Spur bedingten Erhebung der Schichtfläche ist eine Verdickung der Feinschichtung oben deutlicher, unten nur mit Mühe erkennbar.

Fundpunkt oben : südlich Amönau, Nr. 2 in Tab.1 ; unten : östlich Biedenkopf, Nr. 3 in Tab. 1.

4. Zusammenfassung und Deutung

Die Neufunde von *Spirodesmos* aus Bad Wildungen und von Amönau zeigen, dass das Fossil als konvexes Epirelief auf der Oberseite von Kieselschieferbänken an der Grenze zur hangenden Tufflage erhalten sind. Bei *Sp. interruptus* und einem Exemplar von *archimedeus* ist ausserdem eine geringe Verdickung in der Feinschichtung im unterlagernden Sediment im Bereich der Spur zu

beobachten, beim ersten ausserdem eine schwache Entfärbung (?) des Sediments.

Gleichartige, rezente "Spiralfährten" sind von den Oberflächen abyssischer Ozeanböden des Atlantiks und Pazifiks erwähnt und abgebildet worden (Bourne & Heezen, 1965; Hülsemann, 1966; Hollister *et al.*, 1975). Als Erzeuger einer dieser Lebensspuren beschrieben Bourne & Heezen (1965) einen Enteropneusten (Eichelwurm), der am Ende einer helminthoiden "Spur" fotografiert werden konnte. Sie deuteten die "Spur" als Kotstrang. Das Tier "weidet" die Oberfläche des Sediments dadurch ab, dass es mit seinem "Rüssel" eine Schleimbahn ausbreitet, damit Nahrungs- und Sedimentpartikel einfängt und in die Mundöffnung einführt. Das wieder ausgeschiedene, unverdauliche Sedimentmaterial bildet die als Epirielief erhaltene Spur. Das abgebildete Exemplar zeigt ausserdem, dass der Kotstrang an einer Stelle gerissen ist, wobei beide Enden scharfe, kaum gerundete Kanten bilden.

Es ist naheliegend, auch *Spirodesmos* als Kotstrang zu deuten. Auftreten (als positives Epirielief auf der Schichtfläche) und Habitus stimmen mit den Fotografien der rezenten Formen überein. Die Segmentierung des Kotstrangs bei *Sp. interruptus*, die wahrscheinlich auf aktive Körperbewegungen des erzeugenden Tieres zurückgeht, ist rezent bisher nicht beobachtet worden.

Spiralige Lebensspuren sind aus Flyschsedimenten bekannt und gehören dort zu den Spurengemeinschaften des bathyalen bis abyssalen Bereichs. Aus dem Unterkarbon Mitteleuropas haben Pfeiffer (1969) aus der Frankenwälder

Querzone und Zapletal & Pek (1971) aus der Horni-Benesov-Schichtenfolge des mährisch-schlesischen Kulms eine weitere Art, *Sp. spiralis* (Geinitz), beschreiben. Stepanek (1985) bildet in ihrer umfassenden Bearbeitung der Spurenfossilien des fränkischen Kulms zahlreiche Exemplare von *spiralis* ab, die überwiegend als positive endogene Hyporeliefs auf den Bankunterseiten, seltener als negative endogene Epirieliefs auf den Bankoberseiten vorkommen. Sie weist bereits auf die Deutung als Kotstrang eines vagilen Sedimentfressers hin. Pfeiffer ordnet *Sp. spiralis* den Weidespuren (*Pascichnia*) zu, Zapletal & Pek halten sie für Spuren der Tätigkeit von Würmern. Alle Autoren betonen das Auftreten in einem begrenzten stratigraphischen Bereich im Visé, der dem V2b - V3b entspricht (Stepanek, 1985:128). Die genannten Funde stammen aus psammitisch-pelitischen Sedimenten. Kieselschieferfunde sind nicht erwähnt. *Sp. spiralis* ist bisher nicht aus dem Rheinischen Schiefergebirge bekannt. Andererseits sind die Vorkommen von *archimedeus* und *interruptus* in Mitteleuropa bisher auf dieses Gebiet beschränkt und hier nur im oberen Teil der Kulm-Kieselschiefer vertreten, der ebenfalls ins V2b - V3b einzustufen ist.

Archer & Maples (1984) haben aus der Mansfield-Fm. des untersten Pennsylvanian in Indiana (USA) ein Exemplar von *Sp. interruptus* abgebildet, das als konvexes Hyporelief (an der Bankunterseite) in lakustrischen laminierten Siltsteinen gefunden wurde. Die mitteleuropäischen *Spirodesmos*-Funde stammen alle aus Sedimenten, die im marinen Bereich abgelagert worden sind. Hinweise auf die Wassertiefe geben sie nicht, abgesehen davon, dass alle unter wahrscheinlich nahezu anaeroben Bedingungen (Pfeiffer, 1969) mit fehlender oder

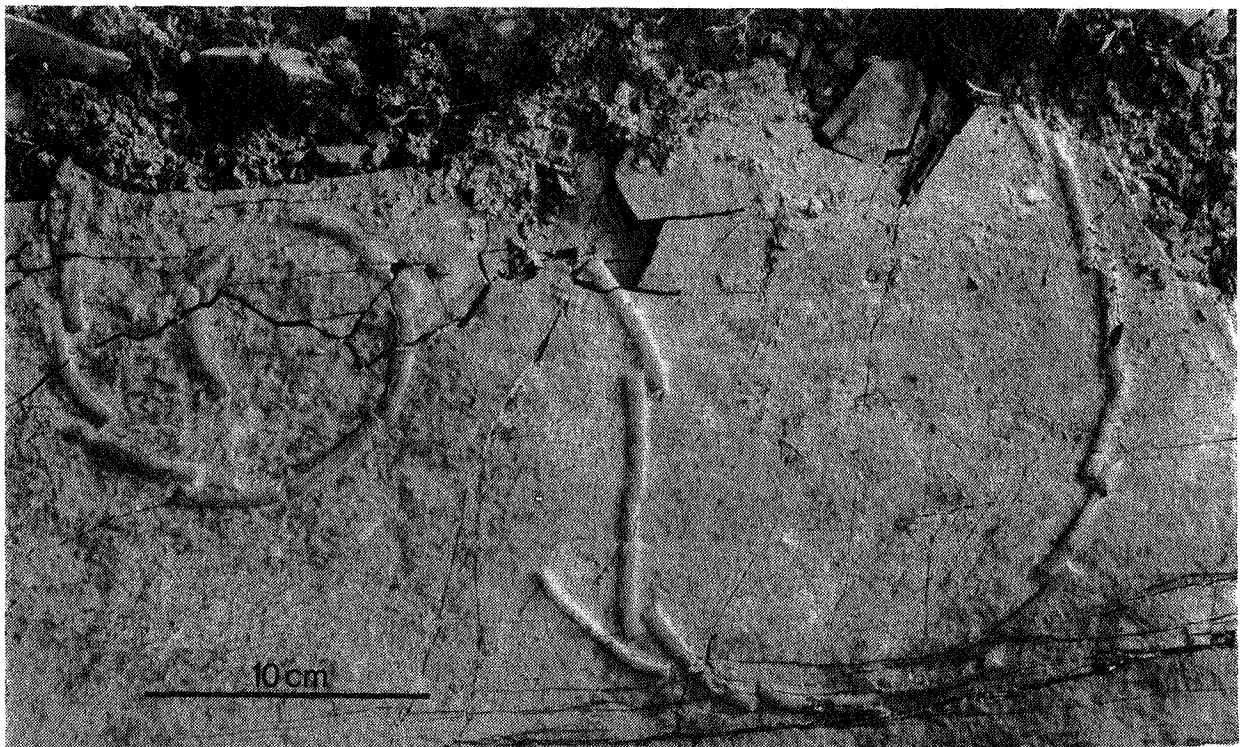


Abb. 5.: *Spirodesmos interruptus* Andrée aus dem Steinbruch südlich Amönu, Bl. 5017 Wetter.

äusserst geringer Wasserbewegung entstanden sein müssen. Die Verwendung von *Spirodesmos* als bathymetrisches Leitfossil im Unterkarbon in Analogie zu den rezenten Vorkommen spiraliger Lebensspuren ist problematisch. Für das Unterkarbonmeer im Rheinischen Schiefergebirge ist nicht mit Tiefen von mehreren 1000 m zu rechnen. Meischner (1968) z.B. nimmt für den Sedimentationsraum des Kieselschiefers im Kellerwald mehrere 100 m an.

Das Auftreten von *Sp. archimedeus* auf nur wenigen Bänken, dann aber gleich in grosserer Anzahl, lässt vermuten, dass es sich hierbei um besonders bevorzugte Schichtflächen mit möglicherweise grösserem Nahrungsangebot und/oder besonderen Erhaltungsbedingungen handelt. Im Sediment ist kaum ein Unterschied zwischen dem Bereich der Spur und deren Umgebung erkennbar. Das könnte durch die geringe Differenz zwischen "unverdaulichem" und "verdaulichem" Detritus im wahrscheinlich nahrungsarmen Meeresboden des Kieselschiefers zu erklären sein.

Die Erhaltung der Spur auf der Schichtfläche -- auch die von Huckriede beschriebenen Formen liegen nach seiner Beschreibung und der tektonischen Situation im Steinbruch sehr wahrscheinlich als konvexe Epireliefs auf der Oberseite der Bank -- wurde durch die sehr frühe, und bankweise selektive, Einkieselung des ehemals pelitisch bis fein siltigen Sediments (Dehmer *et al.*, 1989) begünstigt oder überhaupt erst möglich.

Diese frühe Einkieselung der spurentragenden Schichtfläche und die damit verbundene Möglichkeit zur Fossilwerdung ist anders als in Tonschiefern und könnte ein Grund dafür sein, dass die typischen, streng geometrischen Formen *archimedeus* und *interruptus* nur hier und nicht in den Tonschiefern des Frankenwaldes und Mährens vorkommen. Die paläökologische Bedeutung dieser Beschränkung auf die Kieselschieferfazies im Rheinischen Schiefergebirge und das Fehlen von *Sp. spiralis* ist bisher nicht geklärt.

DANK

Für die Unterstützung der Untersuchungen, für die Genehmigung zur Durchsicht und Bearbeitung von Sammlungsmaterial und für Literaturhinweise danke ich den Herren Prof. Huckriede und Dr. Kauffmann, Geol.-Paläont. Institut Marburg, Prof. Ritzkowski und Dr. Langenstrassen, Geol.-Paläont. Institut Göttingen, Dr. Dvorak, Brno, Prof. Meisl und Dr. Hentschel, Wiesbaden und Herrn Lange, Bergfreiheit. Für die Mithilfe bei der Bergung und die mühevollen Wiederherstellung von *Sp. interruptus* im Labor ist Herrn O. Stiegler, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, zu danken.

SCHRIFTENVERZEICHNIS

ANDREE, K., 1920 - Über einige fossile Problematika. I. Ein Problematicum aus

dem Paläozoikum von Battenberg an der Eder und das dasselbe beherbergende Gestein. *N.Jb. Mineral., Geol. u. Paläont., Jg. 1920: 55-88.*

- ARCHER, A.A. & MAPLES, C.G., 1984 - Trace-fossil distribution across a marine-to-non-marine Gradient in the Pennsylvanian of Southwestern Indiana. *J. Palaeont., 58: 448-466.*
- BOURNE, D.W. & HEEZEN, B.C., 1965 - A wandering enteropneust from the abyssal Pacific, and the distribution of "spiral" tracks on the sea floor. *Science, 150: 60-63.*
- DEHMER, J. *et al.*, 1989 - Die vulkanisch-kieselige Gesteinsassoziation am Beispiel der unterkarbonischen Kieselschiefer am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. *Geol. Jb. Hessen, 117:*
- EKDALE, A.A., BROMLEY, R.G. & PEMBERTON, S.G., 1984 - Ichnology. The Use of Trace Fossils in Sedimentology and Stratigraphy. *SEPM Short Course, 15, 317 S.*
- HEEZEN, B.C. & HOLLISTER, C.D., 1971 - The Face of the Deep., 659 S., Oxford Univ. Press.
- HOLLISTER, C.D., HEEZEN, B.C. & NAFE, K.E., 1975 - Animal Traces on the Deep-Sea Floor. in: FREY, R.W. (Herausg.), The Study of Trace Fossils: 439-510, Springer Verlag.
- HÜLSEMANN, J., 1966 - Spiralfährten und "geführte Mäander" auf dem Meeresboden. *Natur. u. Museum, 96: 449-455.*
- HUCKRIEDE, R., 1952 - Eine spiralförmige Lebensspur aus dem Kulmkieselschiefer von Biedenkopf an der Lahn (*Spirodesmos archimedeus* n. sp.), *Paläont. Z., 26: 175-180.*
- JACKSON, P., 1984 - Sedimentology, Stratigraphy and Palaeoceanography of some Lower Carboniferous Sequences. *Diss. Univ. Oxford, 292 S.*
- KUPFAHL, H.G., 1985 - Erl. geol. Kt. Hessen 1:25 000, Bl. 5018 Wetter (Hessen), 147 S, Wiesbaden.
- MEISCHNER, D., 1968 - Stratigraphische Gliederung des Kellerwaldes. *Notizbl. hess. L.-Amt. Bodenforsch., 96: 18-30.*
- NICOLAUS, H.-J., 1963 - Zur Stratigraphie und Fauna der *crenistris*-Zone im Kulm des Rheinischen Schiefergebirges. *Beih. geol. Jb., 53, 246 S.*
- PFEIFFER, H., 1969 - Spurenfossilien des Kulms (Dinant) und Devons. *Jb. Geologie, 2: 651-717.*

SCHÄFER, W., 1962 - Aktu-Paläontologie nach Studien in der Nordsee. *Senckenberg-Buch* 41, 666 S.

Jenesiku. *Cas. Mineral. Geol.*, 16, 3: 285-289.

SCHÄFER, W., 1965 - Aktuopaläontologische Beobachtungen. 4. Spiralfährten und geführte Mäander. *Natur. u. Museum*, 95: 83-90.

STEPANEK, J., 1985 - Spurenfossilien im fränkischen Kulm (Unterkarbon). *Dipl. Arb. Paläont. Institut Würzburg*, 148 S.

ZAPLETAL, J. & PEK, I., 1971 - Nalez spirálních bioglyfů v kulmu Nizkého