

Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck	Bd. 1	9	S 1 - 35	Innsbruck, November 1971
--------------------------------	-------	---	----------	--------------------------

Ophiurenskelettelemente (äussere Skelettanhänge) aus der alpinen Trias *)

von Helfried Mostler **)

SUMMARY

Ophiuroid skeleton elements are quite frequent in microfaunes found in Triassic carbonate rocks. Ophiuroid spines are particularly abundant and their great variety in forms is highly striking in the Anisian and Norian. Apart from the spines also hooks play an important role. The hooks, however, were not discussed in detail and a denomination was not attempted. The rarely occurring tentacle scales were only mentioned - two Triassic forms are illustrated.

The ophiuroid spines could be subdivided into 13 major groups : 6 of these only occur on the lateral shields (less frequently on dorsal shields); 4 are located only on the dorsal side of the disc. Three further groups can be found on the tentacles as well as on the disc.

Special attention has been paid to the specific characteristics of the ophiuroid spines, echinoid spines, asteroid pedicellaria and asteroid spines in order to avoid misinterpretation of these partly very similar skeleton elements. A discussion on the taxonomic value of ophiuroid spines concludes this monography.

*) Diese Arbeit wurde vom Fonds der wissenschaftlichen Forschung in Österreich unterstützt

**) Anschrift des Verfassers: Univ. Doz. Dr. Helfried Mostler, Institut für Geologie und Paläontologie,
6020 Innsbruck, Universitätsstrasse 4

1.) Einleitung :

Die mit Hilfe von Essig- und Ameisensäure aus triadischen Karbonatgesteinen gewonnenen Mikrofaunen führen bis auf wenige Ausnahmen Ophiuren-Skelettelemente. Da besonders stratigraphische Fragen im Zuge der mikrofaunistischen Untersuchungen verfolgt wurden, standen zunächst die Conodonten und Holothuriensklerite im Vordergrund. Erst statistische Untersuchungen, die sich vor allem auf Hallstätterkalke bezogen, waren der Anlass die Gesamtmikrofauna zu erfassen; so wurden z. B. anfangs alle Echinodermaten-Skelettelemente zusammengefasst und prozentuell den anderen an der Mikrofauna beteiligten Tiergruppen gegenübergestellt. Es stellte sich aber bald heraus, dass durch eine Aufgliederung der Echinodermaten in Klassen, Unterklassen, z. T. sogar Ordnungen, nicht nur stratigraphisch neue Aspekte erbrachten, sondern auch interessante palökologische Fragen aufwarfen. So wurde beispielsweise erkannt, dass im Hallstätter Becken zur karnischen Zeit planktische Crinoiden (Roveacrinida SIEVERTS-DORECK 1953) zum vorherrschendsten Mikrofaunenelement wurden, andere Echinodermaten nahezu verdrängend. Ortsweise treten die Roveacriniden in solchen Mengen auf, dass man sie, ohne zu übertreiben, als Gesteinsbildner bezeichnen kann. (siehe E. KRISTAN TOLLMANN 1970)

Anlass zur vorliegenden Studie war eine quantitative Analyse der Echinodermata (Crinoiden-, Echiniden-, Ophiuren- und Holothurienskelettelemente) der alpinen Trias; dazu war es notwendig die einzelnen Skelettelemente auch den richtigen Klassen bzw. Unterklassen zuzuordnen. Dabei fiel auf, dass z. B. Formen, die als Holothuriensklerite beschrieben wurden, zu den Ophiuren gehören; oder als Ophiurenstachel determinierte Skelettreste zu den Crinoiden gestellt werden mussten etc.. Damit wollte der Verfasser nur aufzeigen, dass es bei mikrofaunistischen Untersuchungen innerhalb der Echinodermaten zu einer Reihe von Fehleinordnungen kam, die sich bei genauerer Befassung hätten vermeiden lassen. Diese Kritik sollte allerdings nicht dazu führen, dass man die Echinodermatenreste in Mikrofaunen einfach unbeachtet lässt, wie dies leider bisher allzu oft geschah, worauf schliesslich z. T. unsere lückenhafte Kenntnis über die Echinodermaten der Trias zurückzuführen ist.

Die Skelettanhänge von Ophiuren schienen dem Verfasser zunächst sehr geeignet die Formenfülle, die z. B. gerade innerhalb der Stachel auftritt, aufzuzeigen, sowie gleichzeitig die Möglichkeiten einer Abgrenzung zu Holothurienskleriten einerseits und Echinidenstacheln andererseits, mit denen die Stachel z. T. verwechselt wurden, darzustellen. Es werden aber auch einige Skelettelemente aufgeführt, deren Zuordnung zu den Ophiuren fraglich ist. Eine Befassung mit den Elementen des Hauptskelettes der Ophiuren, sowie der Versuch diese auch taxonomisch zu erfassen, ist vorgesehen.

2.) Zur Verbreitung der Ophiuren in der Trias :

Eine Zusammenstellung von Ophiuren aus der Trias Europas hat H. HESS *) 1965 publiziert. Nach ihm sind Ophiuren (zusammenhängende Skelettelemente) aus dem Anis, Ladin, Karn und Rhät nachgewiesen. Inzwischen wurden von F. BACHMAYER & A. KOLLMANN (1968) aus dem Ladin Dalmatiens, aus dem Skyth der Dolomiten (in P. LEONARDI 1967: 123**), Taf. 22), und von BROGLIO, L. C. & B. CAVICCHIA (1969), sowie aus der Obertrias der Lombardischen Alpen von C. R. RONCHETTI

*) An dieser Stelle möchte der Verfasser Herrn Dr. H. HESS für die briefliche Diskussionsmöglichkeit über Ophiuren-Stachel und -Haken recht herzlich danken.

***) L. NÖTH 1927: 432 hat allerdings diese Formen schon zu Ophioderma squamosum gestellt.

(1965) und aus dem Rhät der Tatra (GLAZEK, J. & A. RADWANSKI 1968, Taf. 1) weitere Ophiuren bekannt gemacht. Aus der alpinen Trias sind bisher vollkörperlich mehr oder minder gut erhaltene Ophiuren nur aus dem Skyth, Anis, Karn und Rhät bekannt geworden. Isolierte Skelettelemente von Ophiuren der Trias wurden in einer Reihe mikrofaunistischer Arbeiten erwähnt, allerdings beschränkte man sich dabei meist auf Angaben von Armwirbel und Lateralia ; auf eine Abbildung wurde ganz verzichtet.

Ausführliche Angaben über Ophiuren aus einem norisch/rhätischen Riffkomplex macht H. ZANKL 1965 ; er konnte mit Hilfe von nahezu allen Einzelementen, die er auch abbildet, auf die Ordnung Ophiuræ zurückschliessen. Auf eine Zuordnung zu einer Familie oder Gattung verzichtet ZANKL, obwohl er der Meinung ist, dass die aus der Riffrückseite stammenden Einzelemente einer einzigen Art angehören.

H. MOSTLER 1967 hat aus den Beckensedimenten (Hallstätter Kalke) sehr viele Armwirbel isolieren können, die mit solchen aus dem Lias verglichen wurden ; daneben wurden 3 Typen von Haken abgebildet, bzw. die Zuordnung derer zur Oberfamilie Euryalicae diskutiert.

In mikrofaziellen Arbeiten wurden Echinodermaten oft genannt, doch wird meist nicht einmal zwischen Crinoiden, Echiniden, Ophiuren und Holothurien unterschieden, obwohl z. B. bei den Ophiuren die Armwirbel sehr leicht erkennbar sind. Mit der Bestimmung von Ophiurenskelettelementen im Dünnschliff (Material aus dem Rhät der Tatra) beschäftigen sich J. GLAZEK & A. RADWANSKI 1968, allerdings nur mit Querschnitten durch Armwirbel.

Mit palökologischen Fragen triassischer Ophiuren hat sich in jüngster Zeit A. H. MÜLLER 1969 beschäftigt.

Abschliessend wird hier noch ein kurzer Überblick über Häufigkeit und Verteilung der Einzelemente von Ophiuren gegeben. Die Daten sind aus einem Material, das Kalke vom Skyth bis hinauf zum Rhät umfasst, gewonnen, wobei für jede Triasstufe 200 fündige Proben ausgewertet wurden. Der Zusammenstellung vorausgeschickt werden muss eine Diskussion über das Fehlen bzw. Nichtauftreten einzelner Skelettelemente. Der Hauptgrund hierfür liegt wohl am Sediment, bzw. wird in der Frachtsonderung während der Sedimentation gesehen. (Über Transport-Phase und Ablagerung von Echinodermaten siehe G. RUHRMANN 1971: 62). Zum Teil spielen für kleine Skelettelemente auch aufbereitungstechnische Fragen herein, wie z. B. Verwendung sehr engmaschiger Siebe etc. Inwieweit eine Verschleppung oder Zerstörung der Ophiurenskelettelemente von anderen Organismen hervorgerufen wird, entzieht sich meist einer Kontrolle.

Verteilung der Ophiuren-Einzelemente, herausgeätzt aus triassischen Karbonatgesteinen :

Skyth : Es wurden vorherrschend Lateralia und Armwirbel gefunden ; selten z. T. sehr selten Ventralschilder und Dorsalschilder. Kieferelemente scheinen ganz zu fehlen (bisher wurden Munddeckstücke nur in skythischen Proben vom Himalaya gefunden). Von den Skelettanhängen war nur ein einziger primitiver Stacheltypus nachweisbar.

Anis : Es liessen sich in einzelnen Proben alle Skelettelemente von Ophiuren nachweisen. Im Gegensatz zum Skyth konnten 8 Stacheltypen festgestellt werden ; auch unter den Haken lassen sich 3 Typen auseinander halten. Ganz allgemein gesehen herrscht ein Formenreichtum an Ophiuren-Skelett-Teilen.

Ladin: Unter den 200 Proben fand sich keine einzige, in der alle Skelettelemente von Ophiuren zu finden waren. Ausserdem sind Ventralschilder und Mundeckstücke sehr selten. An Stacheln liessen sich nur 3 Typen nachweisen; von den Haken wurde nur ein Typus gefunden. Ganz allgemein betrachtet sind im Ladin Ophiurenskelettelemente von untergeordneter Bedeutung.

Karn: Es liessen sich alle Ophiurenskelett-Teile nachweisen. Über 80 % der Proben führen nur Lateralialia und Wirbel. Im Gegensatz zum Ladin sind hier 4 Stacheltypen nachweisbar. Haken kommen relativ selten vor (2Typen).

Nor: Hier liessen sich wiederum reichlich alle Skelettelemente der Ophiuren nachweisen. Sowohl bezüglich der Wirbel, Lateralialia als auch der Stacheln und Haken herrscht eine grosse Mannigfaltigkeit. Die meisten im Folgenden beschriebenen Stachel wurden aus norischen Kalken herausgeätzt. Auch die Haken zeigen eine nicht unbedeutende Formenfülle.

Rhät: Obwohl alle Skelettelemente von Ophiuren gefunden wurden, ist ein gewaltiger Rückgang bezüglich des Formenreichtums zu beobachten. Dies trifft sowohl für die Lateralialia, als auch für Stachel und Haken zu. Gerade unter den Stacheln liessen sich nur mehr 5 Typen nachweisen.

Betrachten wir die oben geschilderte Verteilung von Einzelementen innerhalb der Trias, so springt sofort die Vielfalt der im Anis und Nor vorkommenden Ophiurenskelettelemente ins Auge. Diese Formenfülle fällt interessanterweise mit den maximalen Auftreten der Holothuriensklerte *) in der Trias zusammen. Die Armut an unterschiedlichen Ophiuren-Skelettelementen im Skyth dürfte abgesehen von den Sedimentationsverhältnissen wohl am ehesten damit zu erklären sein, dass wir es wahrscheinlich mit Formen zu tun haben, die nur einer Gattung angehören. Das Zurücktreten der Ophiuren (bzw. aller Echinodermaten mit Ausnahme der Crinoiden) im Oberladin und Karn hängt wohl mit den Massenvorkommen der Roveacrinida zu dieser Zeit zusammen. Eine Erklärung für das relativ monotone Auftreten von Ophiurenskelettelementen im Rhät steht noch aus.

Stellen wir eine erste Überschlagung der zu erwartenden Gattungen innerhalb der Trias aufgrund der erst oberflächlich durchgearbeiteten Gesamtelemente von Ophiuren an, so dürften im Skyth nur Formen einer einzigen Gattung auftreten, während es im Anis 2-3 Gattungen sein dürften. Im Ladin und Karn sind es wahrscheinlich je 1-2 Gattungen; im Nor dagegen scheinen es mindestens 5 Gattungen zu sein, während im Rhät Formen von 1-2 weiteren Gattungen nach den bisherigen Einzelementen zu erwarten sind. Dies würde im extremsten Falle bedeuten, nachdem 3 Gattungen sicher vom Anis bis in das Rhät durchlaufen, dass wir es mit 6-8 Gattungen innerhalb der alpinen Trias zu tun haben. 4 Gattungen davon sind bereits sicher nachgewiesen: Praeaplocoma, Aplocoma, Paleocoma und Aspidura. Dies bedeutet also einen Zuwachs von 2-4 Gattungen, wovon 1-2 neue Gattungen **) zu erwarten wären.

Wir wollen unsere Betrachtungen nicht schliessen bevor wir noch kurz auf die Faziesabhängigkeit der Ophiuren (gültig nur für die Trias) hingewiesen haben. Die Ophiuren kommen sowohl im Zentralriff, als auch in den Rifflagunen und im Vorriffbereich vor. Sie sind zusammen mit den Holothuriern und Echiniden diejenigen Vertreter der

*) H. MOSTLER: Mikrofaunen aus anisischen, karnischen und norischen Hallstätter Kalken (in Druck).

***) H. HESS 1962: 603 lehnt eine Schaffung neuer Gattungen aufgrund isolierter Elemente ab und schlägt hierfür eine offene Namengebung der Art unter Bezugnahme auf eine fossile oder rezente Gattung vor.

Echinodermaten, die im gesamten Bereich eines Riff-Komplexes lebten und somit Faziesbrecher darstellen. Die Crinoiden z. B., vor allem Roveacriniden meiden die Rifflagunen (E. KRISTAN-TOLLMANN 1970). Die Ophiuren sind aber auch aus allen Beckensedimenten der Trias nachgewiesen und kommen bis in den Flachstwasserbereich vor; sie fehlen allerdings verständlicherweise in supratidalen und intertidalen Sedimenten; aber auch in übersalzenen Sedimenten und interessanterweise auch in Algenkalken wurden sie bisher nicht nachgewiesen.

3) Die Skelettelemente der Ophiuren

Aus den Lösungsrückständen triassischer Kalke wurden folgende Einzelemente herausgelöst:

- a) Hauptskelett; 1. Skelett der Arme: Dorsalschilder, Lateralschilder, Ventral-schilder und Armwirbel
- 2. Skelett der Scheibe: Radialschilder, Mundeckstücke und Bursalspangen

b) Skelettanhänge: Armstacheln, Haken und Tentakelschuppen

Nach H. HESS 1962 sind nur die Armwirbel und Lateralschilder, besonders letztere von grosser taxonomischer Bedeutung, während den Stacheln und Haken wegen der auftretenden Schwierigkeiten diese den richtigen Lateralschildern zuzuordnen, wenig oder kein taxonomischer Wert zukommt.

1. Lage, Verankerung und Funktion der Stachel

Die Stachel sind vorwiegend auf Lateralschilder beschränkt (siehe Abb. 1); recht selten können auch die Dorsalschilder mit Stacheln bestückt sein. Sehr häufig ist allerdings die Dorsaloberfläche der Scheibe mit Stacheln besetzt, wie dies R. KOEHLER 1922 an Hand von mehr als 100 Ophiuren aus den Gewässern der Philippinen stammend, aufzeigt. Es gibt in dieser Arbeit kaum eine abgebildete Ophiure, deren Scheibenoberseite nicht bestachelt ist. Vergleicht man die Zahl der an den Lateralschildern auftretenden Stacheln mit denen an der Dorsalfläche der Scheibe, zunächst in Hinblick auf die Grösse, so sind die letzteren immer kleiner; in Bezug auf die Menge der Stacheln halten sich beide die Waage, oder aber die Anzahl der Scheibenstacheln ist grösser als die der Arme; letzterer Fall kommt recht häufig vor. Was der Verfasser damit aufzeigen will ist, dass es nicht die Echiniden sind die die meisten Stacheln unter den Echinodermaten führen, sondern es sind die Ophiuren. Dieses zeichnet sich auch deutlich in den aus triassischen Kalken heraus-geätzten Mikrofaunen ab. Die meisten weiter unten noch zu beschreibenden Stacheln stammen auch gar nicht aus dem Armbereich, sondern von der Scheibe. Dieselben sind es auch z. T. die ein so differenziertes Stachelspektrum hervorbringen.

Nach H. LUDWIG & O. HAMANN (1901:788) treten eigenartige Stachel (Parasol-stachel) auf, die zwar auch die Lateralien bestücken, aber stark von den sonst an Lateralschildern auftretenden Stacheln, sowohl bezüglich ihrer Verankerung, als auch ihrer Ausbildung, sowie in Hinblick auch auf ihre Funktion, abweichen (siehe dazu Abb. 1).

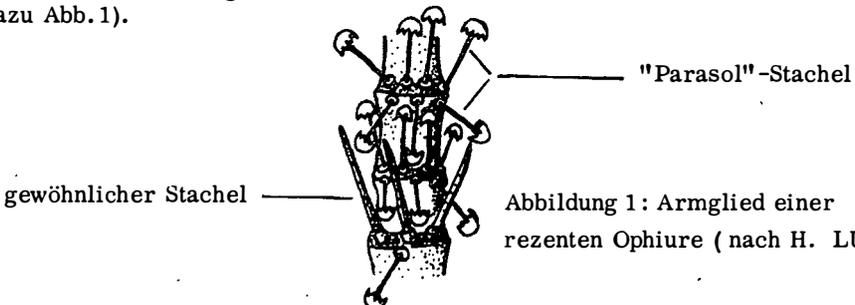
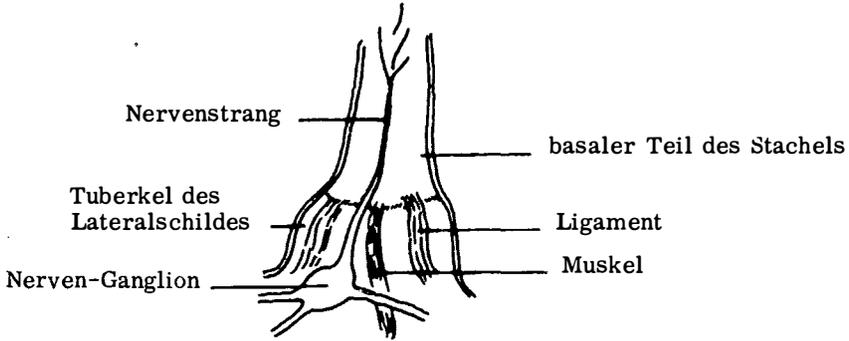


Abbildung 1: Armglied einer rezenten Ophiure (nach H. LUDWIG)

Die Stachel sind einerseits mit einem ringförmigen Ligament auf den Gelenkhöckern befestigt (siehe Abb. 2), andererseits durch einen zentralen Muskel , der an der Basis des Gelenkhöckers in einer Grube angeheftet ist, beim Stachel unmittelbar oberhalb der Basis inserirt. Zu jedem Stachel zieht ein Nervenstrang; unmittelbar vor dem Eintritt des Stranges in den Stachel wird ein grosses Nervenganglion gebildet. Der Nervenstrang zieht in den Stachel hinein und verzweigt sich dort bäumchenartig.

Abbildung 2: Ophiuren-Stachel im Querschnitt (nach L. H. HYMAN)



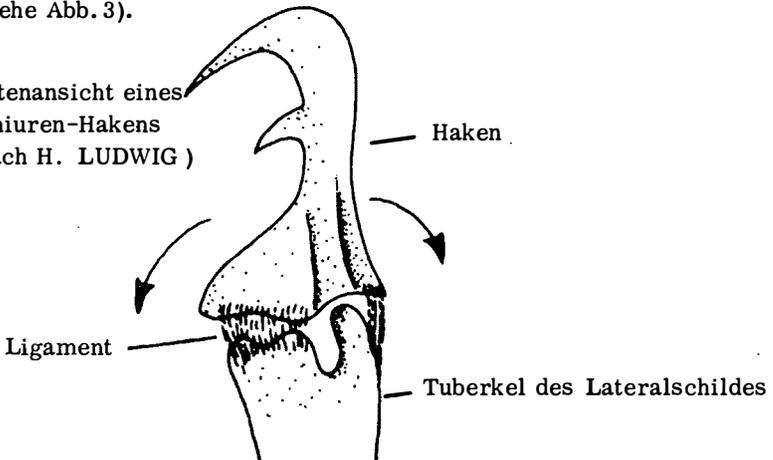
Die Stachel dienen vornehmlich zum Schutze der Ophiuren. Gelegentlich werden sie auch zum Abstreifen von anderen Organismen, die versuchen sich an den Armen festzusetzen, verwendet. Aber auch bei Überwinden von Hindernissen ("Klettern") kommen die Stachel voll zum Einsatz.

2. Lage und Verankerung der Haken

Haken sind bei den Ophiuren sehr oft ausgebildet und treten in anisischen norischen, z. T. auch rhätischen Kalken recht häufig in Lösungsrückständen auf. Dabei handelt es sich um bewegliche Elemente, die an ihrer Spitze hakenförmig umgebogen sind. Unter der meist grossen hakenförmigen Umbiegung (Hakenstachel) sind eine Reihe kleiner Häkchen oder Spitzen (Zinken) ausgebildet, die gegen die Basis hin in der Regel kleiner und kürzer werden.

Die Haken sind in ihrer Bewegungsfreiheit stark eingeengt; sie sind so verankert, dass Bewegungen nur in einer Richtung , nämlich nach vorne oder nach rückwärts möglich sind (siehe Abb. 3).

Abbildung 3: Seitenansicht eines Ophiuren-Hakens (nach H. LUDWIG)



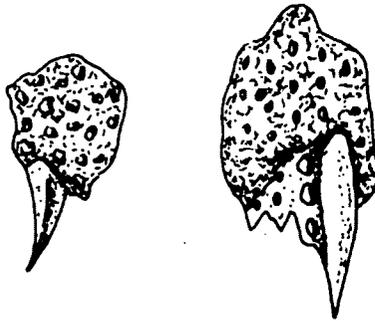
Die recht unterschiedlich ausgebildeten Haken haben sich aus Stacheln entwickelt (rezent sind alle Übergänge bekannt; fossil siehe Taf. 3, Fig. 14); ihre Funktion ist lediglich auf ein Festhaken beschränkt.

3. Tentakelschuppen

Sie kommen recht selten vor, was z. T. auf ihre Kleinheit zurückzuführen ist. In Sieben mit Maschenweite von 0,063 mm sind sie häufiger zu finden.

Die Tentakelschuppen haben ihre Lage zwischen den Ventral- und Seitenschildern und sind nach H. LUDWIG (1901: 789) als umgewandelte Stacheln aufzufassen; allerdings sind die Tentakelschuppen unbeweglich. Fossile Tentakelschuppen aus den Hallstätter Kalken (Nor) siehe Abb. 4.

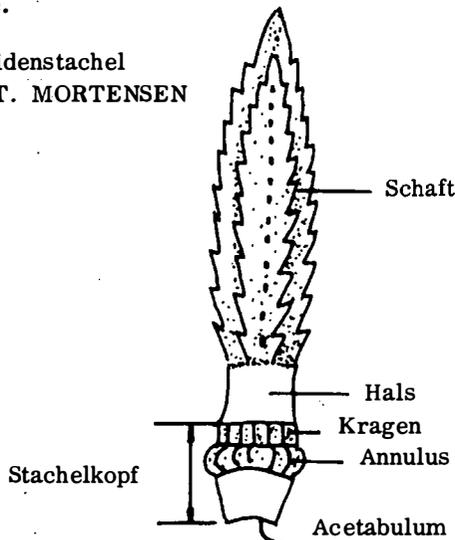
Abbildung 4: Zwei Tentakelschuppen aus norischen Hallstätter Kalken



4.) Beschreibung der Stachel und Haken

Die Vielfalt der Stacheln, die uns in der Trias entgegnetreten macht eine grobe Erfassung von Stacheltypen notwendig. Um die Stachel beschreibend erfassen zu können, musste für diese erst eine Terminologie geschaffen werden. Für eine solche bot sich zunächst die der Echiniden-Stachel an (Abb. 5). Doch bald zeigte es sich, dass mit dieser kein Durchkommen war; die Ophiuren-Stachel haben z. T. so grundsätzlich anderen Aufbau, dass von einer Übertragung der Echiniden-Stachel-Termini abgesehen werden musste.

Abbildung 5: Echinidenstachel
nach T. MORTENSEN



Zwar haben viele Ophiuren-Stachel an der Basis einen aufgeblähten Abschnitt der mit dem Stachelkopf der Echiniden-Stachel verglichen werden kann. Zum weitaus grössten Teil weist dieser im Gegensatz zu den Echiniden-Stachel einen asymmetrischen Bau auf. Wie soll man aber die Ophiuren-Stachel ohne aufgeblähten Basissockel oder gar solche mit einer breiten, perforierten Plattform mit dem Stachelkopf der Echiniden-Stachel vergleichen. Um diesem Dilemma auszuweichen, wurde neutral entweder der Terminus Basal-Sockel oder Basal-Plattform benutzt.

Ähnliche Probleme treten beim Gebrauch des Terminus "Stachel-Hals" für Ophiuren-Stachel auf. Obwohl es bei den Ophiuren-Stacheln z. T. eine analoge Einschnürung über den Basal-Sockel wie bei den Echiniden gibt, lässt sich bei ersteren dieser nicht vom übrigen Stachelkörper abtrennen (bei den Echiniden-Stacheln ist der Stachel-Hals glatt; der deutlich darüber abgesetzte Stachel-Schaft rauh bzw. skulpturiert).

Der Terminus "Stachel-Schaft" wurde für eine Reihe von Ophiuren-Stachel von den Echiniden-Stachel her übernommen, obwohl er begrifflich nicht ganz diesem entspricht. "Schaft" bedeutet bei den Ophiuren-Stachel derjenige Abschnitt, der gleich über dem Basis-Sockel ansetzt und bis zum Oberende des Stachels reicht; d.h. der Begriff erstreckt sich auf einen mehr oder minder langen Stachelkörper, der Dornen, Manschetten oder andere Ornamentierung aufweist.

Für die an der Dorsalseite der Scheibe lokalisierten, meist wesentlich kleineren Stachel wird oberhalb des Basal-Sockels besser von einem Stab gesprochen (schlanker, völlig glatter Stachelabschnitt), der am Oberende von einem aufgeblähten, stets streng abtrennbaren Abschnitt abgelöst wird, den wir der Einfachheit halber "Kopf" nennen wollen. Der Kopf kann als Schirm, Krone oder Haube entwickelt sein.

Die Nichtübertragbarkeit der Termini von Echiniden-Stachel auf die Ophiuren-Stachel zeigt, obwohl eine Reihe von Analogien vorhanden sind, z. T. den grundsätzlich anderen Bau der Ophiuren-Stachel auf. Deshalb soll schon jetzt darauf verwiesen werden, dass es kaum oder nur relativ wenige Möglichkeiten einer Verwechslung zwischen den Stacheln der Vertreter der beiden Echinodermen-Klassen gibt.

A) Einteilung der Stachel in Formgruppen

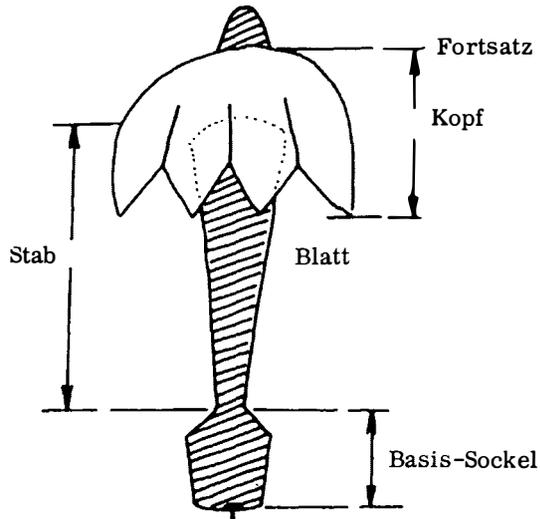
1. "Parasol" - oder Regenschirmstachel

Nach der Ausbildung der Stachelbasis, des Stachelstabes und Kopfes bzw. der Stachelblätter lassen sich eine Reihe von Stacheltypen auseinanderhalten, die hier kurz beschreibend festgehalten sind.

Prinzipiell sind es 2 Form-Gruppen, die sich bei einfach gebauten "Parasol"-Stacheln auseinander halten lassen:

- a) Stachel mit spitz zulaufender Basis (Typus 1-5)
- b) Stachel mit stumpf endender Basis, d.h. Ausbildung eines Basal-Sockels (Typus 6-10)

Abbildung 6: einfacher "Parasol"-Stachel



Basalöffnung (Eintrittsstelle des Nervenstranges)

Beschreibung der Parasol-Stachel :

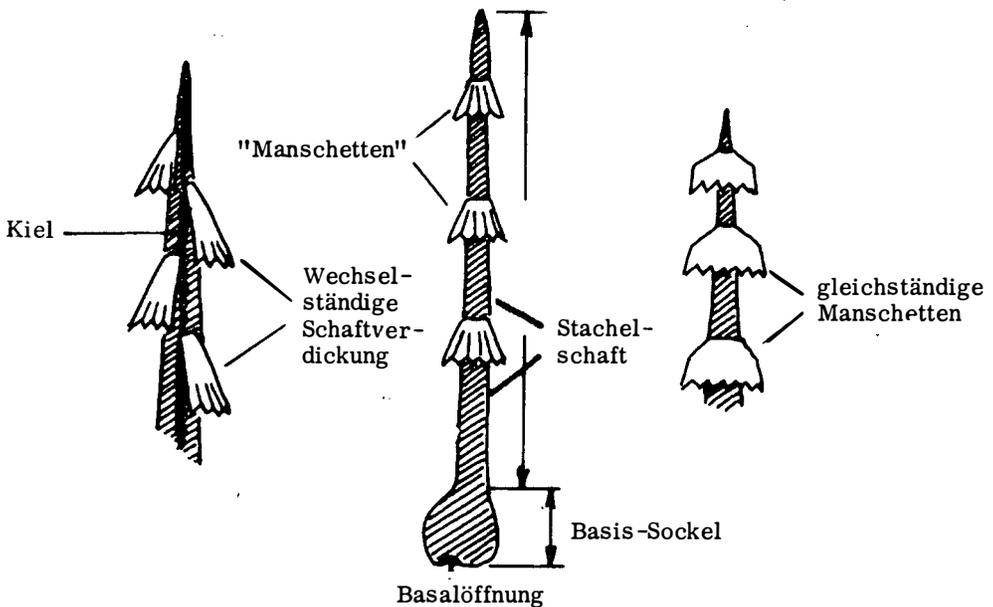
- ° Typus 1 : Kurzer, spitz zulaufender Stab mit Kopf aus nur 4 senkrecht zueinanderstehenden Blättern. (Taf. 1, Fig. 2 *)
- Typus 2 : Kurzer, massiver Stab, unten stumpf endend, oben mit 4 langen, weit abstehenden Blättern (Taf. 1, Fig. 8)
- Typus 3 : Kurzer, nach unten kontinuierlich sich verjüngender Stab mit spitzem Ende. Kopf mit 6-8 relativ kurzen Blättern (Taf. 1, Fig. 1, 3, 5).
- Typus 4 : Sehr langer Stab, der in der Mitte oder im zweiten Drittel seiner Länge eine Einschnürung aufweist (dünnste Stelle des Stabes), gegen das untere Stabende wieder an Breite zunimmt (Taf. 1, Fig. 4, 6)
- Typus 5 : Langer, spitz endender Stab; Kopf mit 6-8 Blättern und einem charakteristischen abgeplatteten Aufsatz (Taf. 1, Fig. 7)
- Typus 6 : Kurzer, über die ganze Länge gleichbreitbleibender Stab mit Basis-Sockel; von der völlig planen Kopfoberseite sind 8-10 Blätter nahezu im rechten Winkel nach unten gebogen (Taf. 1, Fig. 11)
- Typus 7 : Sehr kurzer, gleichmässig dicker Stab mit blasenförmig ausgebildetem hohen Basalsockel. Kopf globos mit 7-9 stark nach unten gebogenen Blättern. Die Blätter sind breit und verjüngen sich erst im äussersten Drittel zu einem spitzen Ende (Taf. 1, Fig. 18)
- Typus 8 : Langer, gleichbreitbleibender Stab, der sich am Unterende zu einem kegelförmigen Sockel erweitert. Kopf im Verhältnis zur Länge des Stabes klein, mit 7-12 breiten sich etwas übergreifenden Blättern ausgestattet (Taf. 1, Fig. 12)
- Typus 9 : Mässig langer Stab, über die ganze Länge gleich breit bleibend, mit einem relativ hohen, kegelförmigen Sockel. Kopf rund, mit 6-7 stark nach unten gezogenen, spitz endenden Blättern (Taf. 1, Fig. 10)
- Typus 10 : Stachel mit mehr oder minder langem gleichdickbleibendem Stab, der am Unterende nur eine mässige Ausbuchtung zeigt (nur schwache Andeutung eines Sockels). Der Kopf ist mit 7-9 stark nach unten gezogenen Blättern versehen; auf der Oberseite ist ein deutlicher spitzkegelig entwickelter Fortsatz zu beobachten (Taf. 1, Fig. 9)

*) Meinem Kollegen Dipl. Geol. Dr. Heinz Kozur, Meiningen, sei hier herzlich für die Anfertigung der Fotos von Ophiurenstacheln und -haken gedankt.

Bei den zusammengesetzten "Parasol"-Stacheln lassen sich 3 Gruppen unterscheiden:

1. Stachelschaft mit gleichständigen Schaftverdickungen (entspricht mehreren Köpfen übereinander, die wir hier "Manschetten" nennen wollen). Typus 11-12
2. Stachelschaft mit wechselständigen Schaftverdickungen (Typus 13)
3. Stachelschaft mit Schaftverdickungen, ohne Blätter. (fragliche Ophiurenstachel) Typus 14

Abbildung 7: zusammengesetzte "Parasol"-Stachel



Typus 11 : Mehr oder minder gerade verlaufender Stachelschaft mit Manschetten, die den Köpfen der einfach gebauten Parasol-Stachel entsprechen. Die Abstände zwischen den Manschetten sind meist unregelmässig. (Taf. 1, Fig. 13-14, 25)

Typus 12 : Stachelschaft ist nicht mehr rund, wie bei allen vorher besprochenen Typen, sondern weist Kiele auf; durch die Kiele werden die Blätter der Schaftverdickungen unterbrochen, bilden aber in der Begrenzung nach oben wie unten eine Horizontale (Taf. 1, Fig. 15 u. 20)

Typus 13 : Stachelschaft mit ausgeprägten Kielen und wechselständigen Stachelschaftverdickungen (Taf. 1, Fig. 16-17, 19)

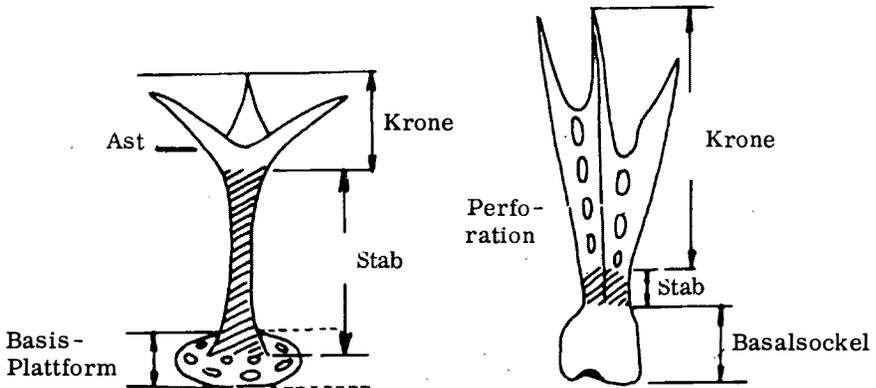
Typus 14 : Stachelschaft, im Querschnitt rund, mit Verdickungen in unregelmässigen Abständen; es sind keine Blätter entwickelt; aus diesem Grunde ist es fraglich ob diese Typen von Stacheln überhaupt zu den Ophiuren gerechnet werden können. Auf jeden Fall handelt es sich um Echinodermen-Stachel (Kalzit-Einkristalle), Taf. 1, Fig. 21-24

2. "Kronen"-Stachel

Grundsätzlich lassen sich 2 Gruppen von "Kronen"-Stachel auseinanderhalten :

- a) Stachel mit kurzen oder fehlendem Stab und deutlich entwickeltem Basis-Sockel (Typus 1-4)
- b) Stachel mit deutlich entwickelten, meist langem Stab und einer mehr oder minder breiten Basis-Plattform (Typus 5-6)

Abbildung 8: "Kronen"-Stachel



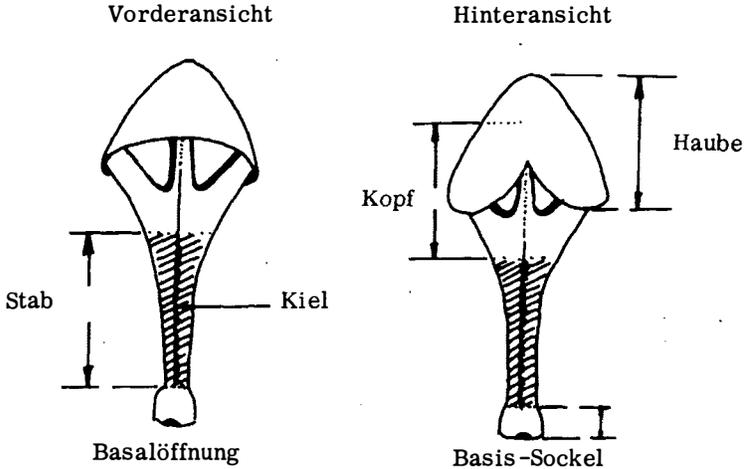
Beschreibung der "Kronen"-Stachel

- Typus 1 : Breiter Basissockel mit mehr oder minder zentral liegender Basalöffnung; Stab fehlend, da schon an der Sockelbasis die Krone ansetzt. Die grösste Anzahl der Kronenäste ist auf nur 1 Ebene beschränkt, während schräg oder senkrecht dazu 1-2 Kronenäste entwickelt sind. Zwischen den einzelnen Ästen tritt stets eine Perforation auf (Taf. 2, Fig. 1-5, 7, 9-10)
- Typus 2 : Breiter Sockel mit typisch extern liegender Basalöffnung, sehr stark reduziertem Stab und Kronenästen mit dazwischen liegender Perforation. Die Äste sind nur in einer Ebene ausgebildet. (Taf. 2, Fig. 6)
- Typus 3 : Breiter Basalsockel mit nach allen Seiten ausstrahlenden Kronenästen; Zwickelperforation und Stab fehlt. (Taf. 2, Fig. 8, 11)
- Typus 4 : Deutlich erkennbarer Basalsockel mehr oder minder kurzer Stab und gleichmässig entwickelter Krone (Kronenäste 3-6), Taf. 2, Fig. 12, 27.
- Typus 5 : Sehr breite Basis-Plattform, \pm langen, im Querschnitt runden Stab mit 3-ästiger Krone, die nach aussen verzweigen kann. Die Plattform ist wie Fig. 13 auf Taf. 2 zeigt, stets perforiert (Taf. 2, Fig. 13-14, 18 und 20). Das auf Fig. 17 dargestellte Exemplar dürfte auch noch diesem Typus angehören, nur scheint die Plattform abgebrochen zu sein.
- Typus 6 : Schmale, perforierte Plattform, langer Stab mit Kielen und dreiästiger Krone (Taf. 2, Fig. 19); Fig. 21 zeigt zwar von der Basis her gesehen einen recht analogen Aufbau, die Krone ist aber fünfästig. Der eine Ast bildet eine direkte Fortsetzung des Stabes; aus diesem Grunde ist die Zuordnung zu einem Ophiuren-Stachel sehr fraglich.

3. "Hauben"-Stachel

Bisher wurde nur ein Typus bekannt. Dem Aufbau nach ist diese Art von Stacheln am ehesten den Ophiuren zuzuordnen.

Abbildung 9: "Hauben"-Stachel

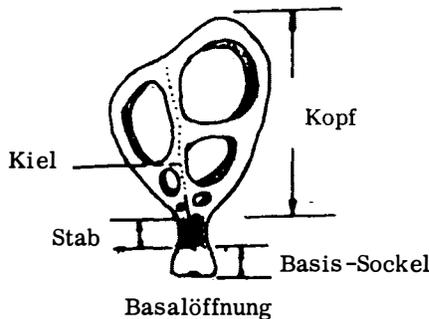


Beschreibung der "Hauben"-Stachel

Die Basis wird von einem schwach angedeuteten Sockel gebildet mit einer mehr oder minder zentral liegenden Basalöffnung. Im Bereich der Basis noch rund, unmittelbar darüber durch Herausbildung von Kielen ein dreieckig entwickelter Stab. Am Oberende des Stabs wird nach dem Muster einer 3-strahligen Krone der Kopf herausgebildet. Die "Kronen"-Äste enden nicht frei, sondern werden durch eine gelappte Haube miteinander verbunden; diese Haube ist der Anlass für die Namensgebung der Stachel. Sie ist vorne symmetrisch gelappt, hinten völlig hochgezogen und ungelappt. (Taf. 2, Fig. 22-26)

4. "Loch"-Stachel (Abb. 10)

Abbildung 10: "Loch"-Stachel

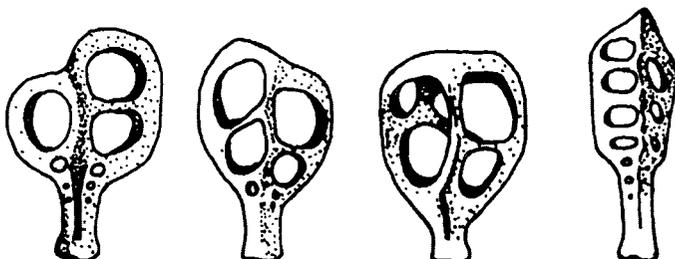


Beschreibung der Loch-Stachel

Nur wenig aufgeblähter Basal-Sockel mit einer mehr oder weniger zentral gelegenen Basalöffnung. Kurzer Stab mit 3 Kielen, in dem kleine Poren auftreten. Kopf ist unregelmässig langoval, oder mehr rund und weist charakteristische, grosse Löcher

auf. (siehe Variationsbreite der Loch-Stachel auf Abb.11) Die Anzahl der Löcher hängt von der Kopfform ab. Langovale Formen haben bis zu 12 Löcher, während die mehr runden Typen 4-6 Löcher aufweisen. Der Kopf ist flächig entwickelt und in der Mitte etwas abgewinkelt; doch gibt es eine Reihe von Formen, die eine weitere senkrecht dazu stehende Fläche mit grossen Poren aufweisen. (siehe Abb.11 und Taf. 2, Fig.16)

Abbildung 11: Variationsbreite der "Loch"-Stachel



Auch hier kann man wiederum den Bauplan beobachten, wie er bei nahezu allen Ophiuren-Stachel verwirklicht ist, nämlich die "Dreistrahligkeit", die sich aus den basalen Kielabschnitten herausentwickelt. Im späteren Wachstum wird aber der dritte Kiel nicht genutzt, d.h. die dritte zwar angelegte Dimmension verschweisst sich mit den beiden ersteren und verkümmert dadurch. (Taf. 2, Fig.15-16)

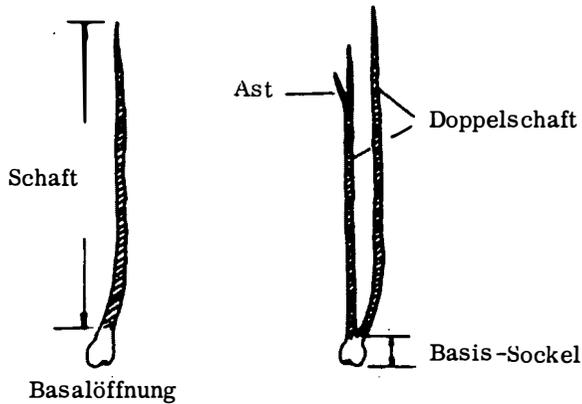
Bemerkungen

Die eben charakteristischen Loch-Stachel wurden von H. ZANKL (1966 : 73, Taf. 5, Fig. 1) für Holothurien-Sklerite gehalten und damit der Gattung Calclamnella FRIZZELL & EXLINE 1955 als eine neue Art Calclamnella rariperforata zugeordnet. Eine Zuordnung zu den Holothurien-Skleriten schien zunächst recht klar, da Zankl diese Stachel mit Holothurien-Skleriten in norisch-rhätischen Faunen vergesellschaftet fand, die der Gattung Calclamnella zugehörten und ausserdem noch zufällig das Merkmal der wechselständigen Anordnung der Poren zeigten. (diese wechselständige Anordnung der Poren ist auch bei den Ophiuren-Stacheln gegeben). Wenn nun der Stiel, den Zankl als Verlängerung der geknickten Holothurien-Plättchen auffasste, durch diagenetische Prozesse stärker umkristallisiert ist, kann man weder die Kielung des Stabes, noch die Basalöffnung an der Unterseite sehen. Dies dürfte auch bei den Exemplaren von Zankl der Fall gewesen sein, denn er hat weder Kiele bzw. eine basale Öffnung abgebildet (ZANKL 1966 : Taf. 5, Fig. 1), noch beschrieben, sodass der eben genannte Autor von seinem Gesichtspunkt aus gesehen völlig sicher gehen konnte, dass es sich um Holothurien-Sklerite handeln müsse. Ausgezeichnet erhaltenes Material aus norischen Hallstätter Kalken aber zeigt deutlich die Kiele und vor allem die Basalöffnung. Holothurien Sklerite haben keinen Kanal d.h.sie wurden in der Lederhaut gebildet, ohne dass ihnen irgend eine Bewegungsfreiheit zukam. Eine Basalöffnung aber bedeutet Zutrittstelle für einen Nervenstrang.

Anhangsweise soll hier noch ein Stachel erwähnt werden, der zwischen Loch-Stachel und Fahnen-Stachel vermittelt (Taf. 3, Fig. 8). Dieser Stachel zeigt unmittelbar über dem Basalsockel eine wechselständige, sehr grobe Perforation.

5. "Nadel"-Stachel (Abb. 12)

Abbildung 12: "Nadel"-Stachel



Beschreibung der "Nadel"-Stachel

Es handelt sich um relativ selten auftretende Stacheln; z. T. scheint die Seltenheit auf die leichte Zerbrechlichkeit dieser überlangen, sehr dünnen Nadeln zurückzuführen zu sein. Charakteristisch ist der deutlich asymmetrisch entwickelte Sockel und die extern liegende Basalöffnung. Bisher konnten nur 2 Typen gefunden werden:

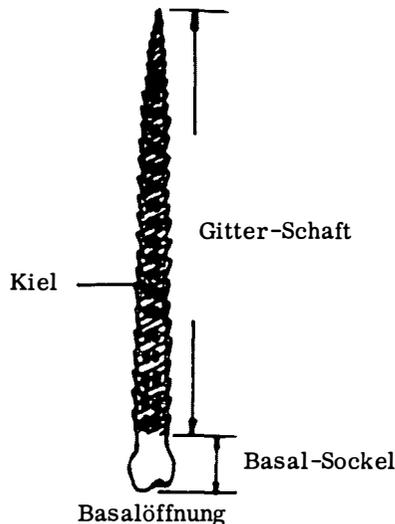
- Nadelstachel mit nur einem Schaft (Taf. 3, Fig. 4)
- Nadel-Stachel mit Doppelschaft mit z. T. Ansatz zur weiteren Aufgabelung. (Taf. 3, Fig. 13)

6. "Gitter"-Stachel

Unter den Gitter-Stacheln lassen sich 2 Typen auseinanderhalten

- "Gitter"-Stachel mit einer Gitterreihe (Typus 1)
- "Gitter"-Stachel mit mehreren Gitterreihen (Typus 3)

Abbildung 13: "Gitter"-Stachel



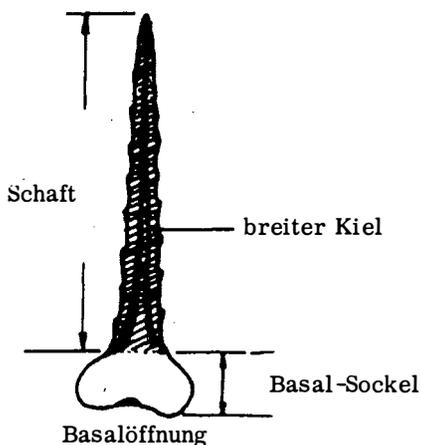
Beschreibung der "Gitter"-Stachel

- Typus 1 : Stachel mit nur wenig aufgeblähtem Basal-Sockel und extern liegender Basalöffnung. Der Schaft ist dreikielig und wird von einer einzigen Gitterreihe aufgebaut. An jedem der 3 Kiele sind kleine, nach oben weisende Dornen. (Taf.3, Fig.9, Ansicht von vorne, Taf.3, Fig.1, ein weiteres Exemplar von der Seite gesehen)
- Typus 2 : Die Basis des Stachels ist trotz seiner Breite etwas schmaler als der Beginn des Gitterschaftes. Auffallend ist auch hier wiederum, dass trotz Anlage von 3 Kielen unmittelbar über der Basis nur 2 für den weiteren Aufbau des Stachels genutzt werden; der dritte Kiel ist nur rudimentär entwickelt. (Taf.4, Fig.9)

7. "Trompeten"-Stachel

Stachelformen dieser Art gibt es sehr häufig, da sie nur wenig differenziert sind, können sie in einer Gruppe zusammengefasst werden.

Abbildung 14: "Trompeten"-
Stachel



Beschreibung der "Trompeten"-Stachel :

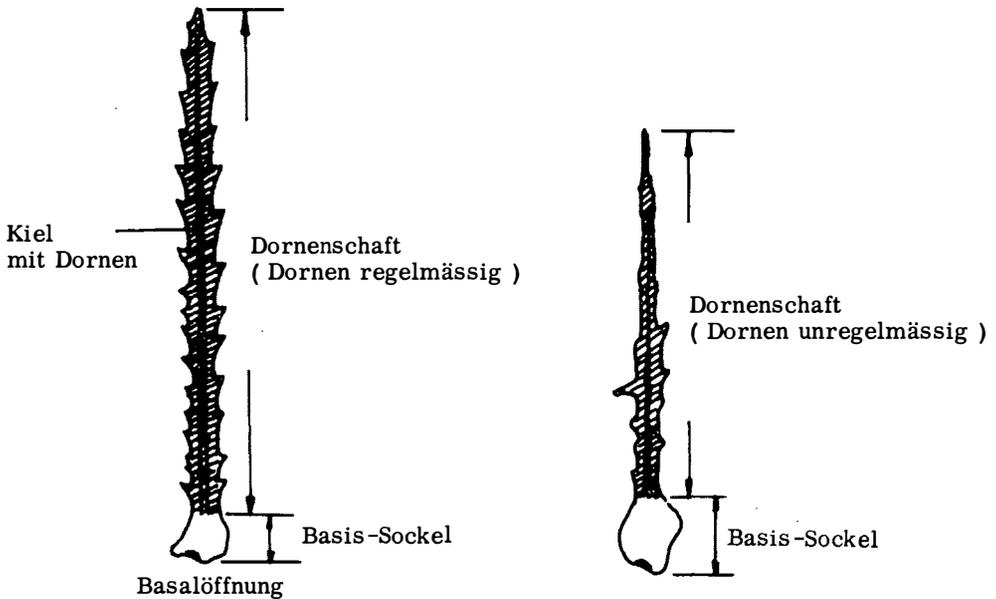
Stachel mit relativ langem, dreikieligen Schaft. Die Kiele sind sehr stark hervortretend und tragen an ihren Enden kleine mehr oder weniger abstehende Dornen. Der Basal-Sockel ist stark aufgebläht, ähnlich der Öffnung einer Trompete. Die Basalöffnung liegt mehr oder minder zentral; die Trompetenöffnung ist eher asymmetrisch (Taf.4, Fig.5-7). Das auf Taf.3, Fig.2 abgebildete Exemplar ist nicht mehr typisch, zeigt aber im Aufbau des Schaftes Ähnlichkeiten mit den Trompeten-Stachel.

8. "Dornen"-Stachel

Der weitaus grösste Anteil der triassischen Armstachel gehört zu den "Dornen"-Stacheln. Es lassen sich grob 2 Gruppen von "Dornen"-Stachel auseinanderhalten :

- Stachel mit regelmässiger Anordnung der Dornen
- Stachel mit unregelmässiger Anordnung der Dornen bzw. stark variierender Form und Grösse der Dornen.

Abbildung 15: "Dornen"-Stachel



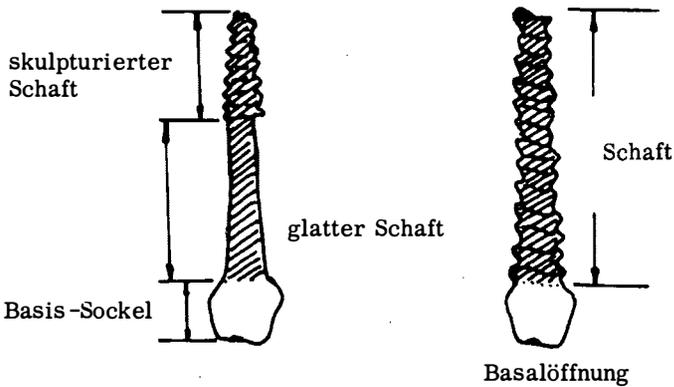
Beschreibung der "Dornen"-Stachel :

- Typus 1 : Sehr lange Stachel mit dreikieligem Stachelschaft. Die Dornen sind ziemlich regelmässig an den Kanten der Kiele angeordnet und mit ihren Spitzen stets nach oben gerichtet. Die Basis ist stark asymmetrisch dreikantig. Die Basalöffnung liegt extern (Taf. 3, Fig. 5, 10, 12 ; Taf. 4, Fig. 8 ; Taf. 3, Fig. 6 ist von der Seite aufgenommen).
- Typus 2 : Mehr oder weniger langer Stachelschaft mit unregelmässiger Dornenführung. Abgesehen von der unregelmässigen Anordnung der Dornen sind diese auch verschieden gross. (Grosse Dornen wechseln in engsten Abständen mit kleinen Dornen). Der Basal-Sockel ist meist höher als breit und weist einen asymmetrischen Bau auf. Die Basalöffnung liegt mehr extern. (Taf. 3, Fig. 10 ; Taf. 4, Fig. 15) Das auf Taf. 3, Fig. 7 abgebildete Exemplar soll auf Grund gewisser Ähnlichkeiten hier anhangsweise dazugestellt werden; eine sichere Zuordnung ist nicht möglich, da sowohl der Schaft als auch der Sockel Abweichungen von den typischen "Dornen"-Stacheln aufweisen.

9. "Kegel"-Stachel

Stachel dieser Art sind nicht selten. Ihr Aufbau ist recht einheitlich, sodass sie in einer Gruppe zusammengefasst werden können. (Typus 1 und 2)

Abbildung 16: "Kegel"-Stachel



Beschreibung der "Kegel"-Stachel

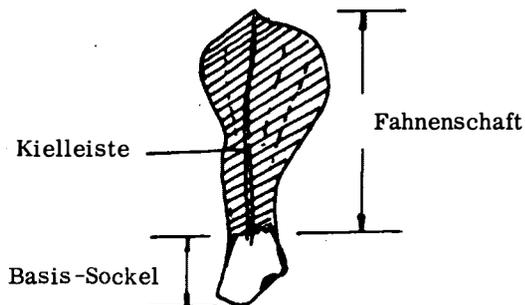
- Typus 1 : Relativ grosse Stachel mit massiv entwickelten, leicht asymmetrisch gebautem Basal-Sockel, der nach oben in einem zunächst glatten, im Querschnitt runden Schaftabschnitt übergeht. Erst im letzten Drittel des Schaftes tritt eine Skulpturierung auf (unregelmässig verteilte Dornen), Taf. 4, Fig. 11
- Typus 2 : Kleine Stachel mit massivem Basal-Sockel aus dem sich ein über die ganze Länge skulpturierter Schaft entwickelt. Die Dornen entlang dieses Schaftes sind regelmässig angeordnet und durch Leisten z. T. verbunden (Taf. 4, Fig. 10)

10. "Fahnen"-Stachel

Eine Reihe von Ophiuren-Stachel wurden aus der Trias bekannt, deren Wachstum besonders in einer Richtung stark vorangetrieben wurde, wodurch ein Schaft gebildet wurde, der einem Segel oder einer Fahne der Form nach am nächsten kommt. Allen "Fahnen"-Stacheln gemeinsam ist der stark asymmetrische Bau. Es lassen sich 2 Typen von "Fahnen"-Stacheln unterscheiden :

- Stachel mit glatter Aussenbegrenzung
- Stachel mit gezahnter oder gezählter Aussenfläche

Abbildung 17:
"Fahnen"-Stachel



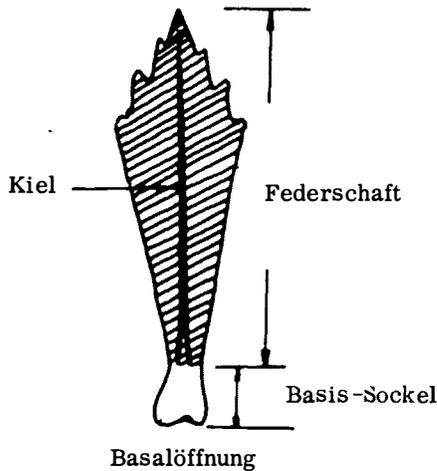
Beschreibung der "Fahnen"-Stachel :

- Typus 1 : Aus einem stark asymmetrischen Basal-Sockel heraus entwickelt sich nach Anlage von 3 Kielen der Fahnen-Schaft. Der Schaft ist hauchdünn, nur in der Mitte, wo der reduzierte dritte Kiel als Grat nach oben zieht, ist eine Verdickung, ortswise die Andeutung einer Lamelle, zu beobachten. Ein sehr charakteristisches Merkmal ist auch der stark asymmetrische Bau des Schaftes (Taf. 4, Fig. 3)
- Typus 2 : Asymmetrisch gebauter, hochgezogener Basalsockel mit dreikieligem, galttten Schaft, der im zweiten Drittel zunächst gezähnt ist, weiter oben gleichmässig tief eingeschnittene Bezaugung aufweist. Auch bei dieser Form ist primär eine "Dreikieligkeit" angelegt. (siehe basaler Teil des Schaftes), nur wird im weiteren Ausbau, bedingt durch die starke asymmetrische Anlage, eine einzige Fläche für die Gestaltung des Stachels genutzt (Taf. 4, Fig. 12)

11. "Feder"-Stachel

Selten vorkommende Stachel, die einen mehr oder minder symmetrischen Bau aufweisen und im Gesamthabitus einer "dreikieligen" Feder entsprechen.

Abbildung 18: "Feder"-Stachel

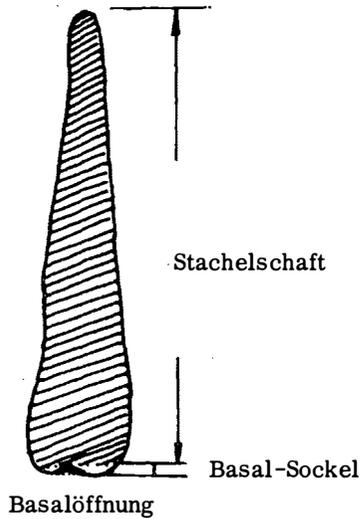


Beschreibung der "Feder"-Stachel :

- Typus 1 : Mehr oder weniger kleine Stacheln mit schwach asymmetrischen aufgebühten Sockel an dem sich unmittelbar darüber 3 kräftige Kiele entwickeln. Der Schaft weist einen symmetrischen, federförmigen Bau auf; während er in den ersten zwei Dritteln der Länge glatte Aussenbegrenzung aufweist, ist das letzte Drittel durch Zacken begrenzt. Mit dem Auftreten der Zacken verjüngt sich der Schaft rasch zu einer zentralen Spitze (Taf. 4, Fig. 4)
- Typus 2 : Schlanker Federstachel mit deutlichem Sockel, aus dem sich im leicht geschwungenen Bogen 3 Kiele zum Schaft herausentwickeln. Der Schaft erreicht unmittelbar an der Basis die grösste Breite und verjüngt sich allmählich gegen oben, ohne dass es zu einer Zähnelung der Ränder kommt (Taf. 4, Fig. 1)

12. "Primitiv"-Stachel (Abb. 19)

Abbildung 19: "Primitiv"-Stachel

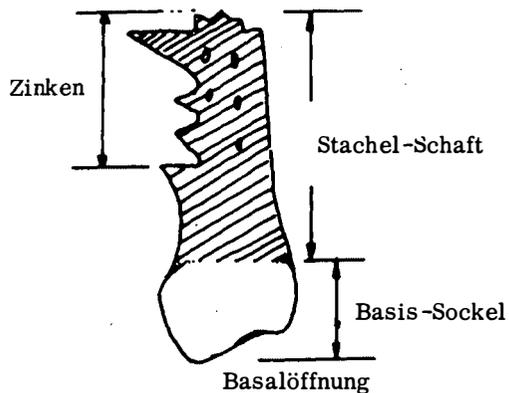


Zu diesen Formen zählen wohl die meisten Arm-Stachel der Ophiuren. Sehr charakteristisch ist das völlige Fehlen eines Basalsockels; nur im ganz basal liegenden Teil fehlt eine Skulpturierung und lässt an dieser Stelle einen Sockel erahnen. Weiters ist bei den sehr plumpen Stacheln nur eine schwache Skulpturierung zu beobachten; d. h. sie besitzen lediglich eine raue Oberfläche (diese wird durch sehr viele kleine Tuberkel die reihenweise von unten bis zur Spitze des Stachels ziehen, verursacht). Die Form der Stachel variiert meist nicht, oder nur sehr wenig. (Taf. 4, Fig. 2, 13).

13. Übergangsformen: Stachel - Haken

Eine Reihe von Stacheln leiten zu Haken über. Aus der Trias sind bisher nur wenige solcher Übergangsformen bekannt geworden (z. B. Taf. 3, Fig. 14). Andererseits gibt es Haken, die Aufsätze tragen, die rein morphologisch völlig denen eines Stachels entsprechen. (siehe Abb. 20). Bei rezenten Ophiuren sind alle Übergänge von primären und sekundären Armstachel bis zu Haken zu beobachten.

Abbildung 20: Übergangsform Stachel/Haken



Beschreibung der Übergangsformen

Typus 1 : Stachel mit stark hochgezogener, granulierter Basis aus der allmählich der Stachelschaft hervorgeht. Die Vorderseite des Schaftes zeigt bereits Zinken (Dornen), wie sie bei den Haken typisch sind. Die Hinterseite ist nach der Art eines Stachels mit unregelmässigen Dornen, wie bei den Dornen-Stacheln, ausgebildet (Taf. 3, Fig. 14).

Typus 2 : Haken mit Fortsatz, der dem Aufbau nach einem Stachelschaft entspricht; der basale Teil ist leider abgebrochen, sodass über den Sockel des Hakens bzw. Stachel nichts ausgesagt werden kann. (siehe Abb. 21).

Abbildung 21: Haken mit
"Stachelfortsatz"



B) Einteilung der Haken in Formgruppen

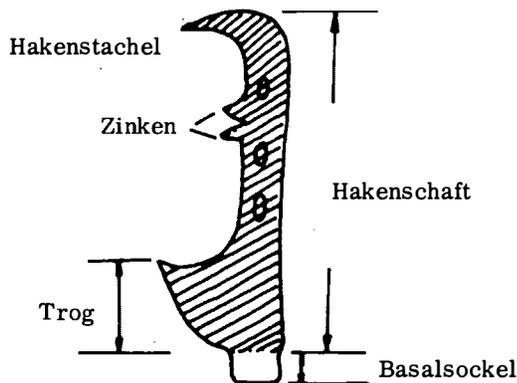
Die Haken lassen sich grundsätzlich in 2 Grossgruppen gliedern. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal ist die Ausbildung der Basis.

a) Haken mit Sockel, analog dem der Stachel (z. B. Abb. 22)

b) Haken mit Basaltrichter (Abb. 24)

Von einer Benennung der Haken wurde abgesehen. Es sollen im folgenden nur die Typen beschreibend erfasst werden.

Abbildung 22: Haken



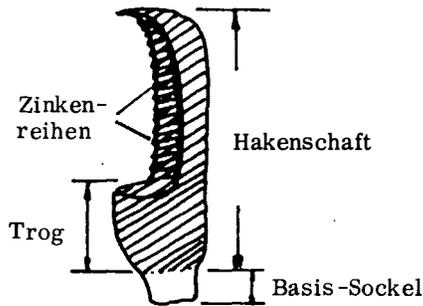
a) Beschreibung der Haken mit Sockel, analog dem der Stachel:

Typus 1 : Haken mit einzeiliger Porenreihe; ausgeprägter Trog und wenige kleine Zinken. Zu diesen Typen zählen die Haken auf Taf. 4, Fig. 17, 18 und Taf. 5, Fig. 16.

Typus 2 : Haken mit deutlichem Basalsockel und grossen Zinken (Taf. 4, Fig. 16, Taf. 5, Fig. 17 u. 20).

Typus 3 : Haken mit nur undeutlich abgesetzter Basis, massiven Trog und auf breiter Fläche angelegte Zinkenreihen; siehe Abb. 23 (Taf. 5, Fig. 15, 18, 22)

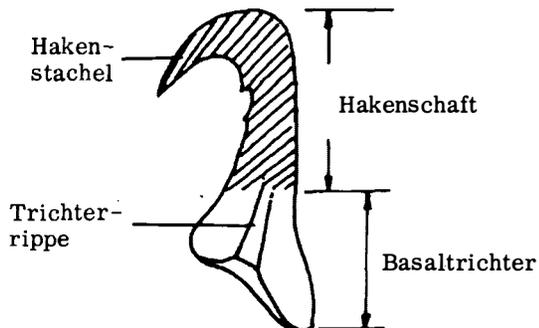
Abbildung 23: Massiver Haken



Typus 4 : Aufgeblähter Basalsockel mit kurzem Hakenschaft, der zum Grossteil schon in den Hakenstachel einbezogen ist; nur eine Zinke aufweisend.

Typus 5 : Sehr massiver Basal-Sockel mit geradem Hakenschaft; viele senkrecht zum Schaft stehende Zinken (Taf. 4, Fig. 19)

Abbildung 24: Haken mit Basaltrichter



b) Beschreibung der Haken mit Basaltrichter :

Typus 1 : Haken mit grossem Basaltrichter und stark entwickeltem Hakenstachel; Zinken fehlen (Taf. 5, Fig. 7-8, 10, 14).

Typus 2 : Formen mit grossem seitlich stark komprimierten Basaltrichter und deutlich hervortretender Trichterrippe; ohne Zinken bzw. nur sehr schwache Ansätze solcher; siehe auch Abb. 24 (Taf. 4, Fig. 20, Fig. 21 ?, Taf. 5, Fig. 11-12)

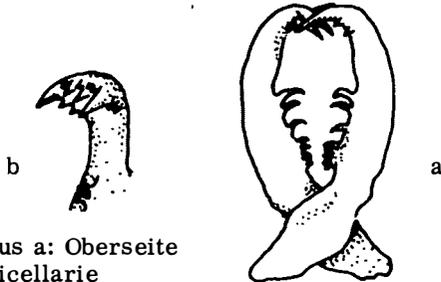
Typus 3 : Ähnlich wie beim Typus 2 aber mit deutlichen in unregelmässigen Abständen auftretenden Zinken (Taf. 4, Fig. 14, Taf. 5, Fig. 19, 21, 22)

5) Die Unterscheidung von Ophiuren-Skelettanhängen mit solchen anderer Echinodermen wie Crinoiden, Asteriden, Echiniden, und Holothurien

Haken kommen nur bei den Ophiuren vor. Verwechslungsmöglichkeiten sind allerdings mit Endklauen von Crinoiden gegeben. Um die Unterschiede aufzuzeigen sind auf Taf. 5, Fig. 1-6, 9 einige solcher "Klauen" abgebildet. Eine weitere, aber schon

weit hergeholte Verwechslungsmöglichkeit der Haken mit Pedicellarien von Asteriden, weniger mit solchen von Echiniden, wäre möglich (siehe Abb. 25). Letzteren fehlt sowohl der Basistrichter als auch die typische Trichterrippe.

Abbildung 25: stark bezahnte Pedicellarien von Asteriden nach
L. HYMAN



Detail aus a: Oberseite
der Pedicellarie

Bei den Stacheln sind die Unterscheidungen zwischen denen der Ophiuren und Asteriden oft recht problematisch; z. T. gelingt eine solche bei den "Primitiv"-Stacheln überhaupt nicht. Schwierigkeiten gibt es auch bei der Unterscheidung von Echiniden- und Ophiuren-Stacheln. Bevor wir aber auf die Kriterien der Unterscheidung der einzelnen Stachel eingehen, sollen noch kurz die oben beschriebenen Stacheltypen diskutiert werden.

Von den 13 angeführten Stachelgruppen sind 11 rezent bekannt. 2 Gruppen wurden bisher nur aus der Obertrias und zwar weltweit gefunden.

Zunächst scheint es uns sehr wesentlich einen Überblick über die Lokalisierung der Stachel auf dem Ophiurenkörper (Scheiben oder Armbereich) zu erstellen.

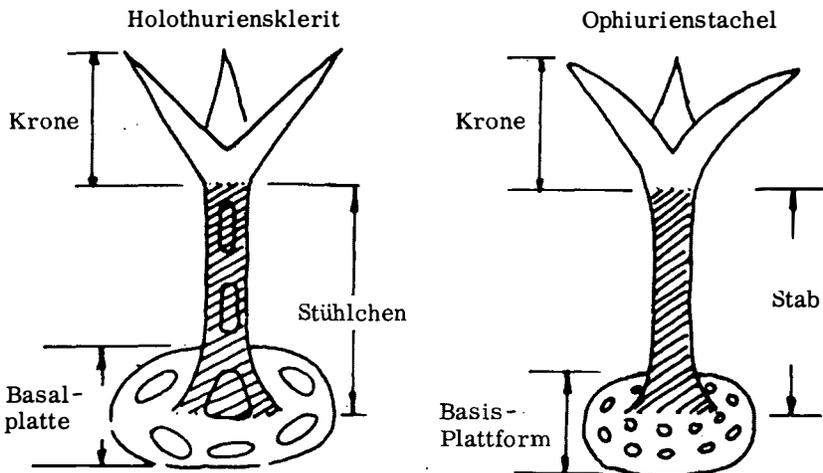
- "Parasol"-Stachel
- "Nadel"-Stachel
- "Gitter"-Stachel (z. T.)
- "Trompeten"-Stachel (z. T.)
- a) Armstachel :
 - "Dornen"-Stachel
 - "Fahnen"-Stachel
 - "Feder"-Stachel
 - "Primitiv"-Stachel (z. T.)
 - Übergang : Stachel/Haken
- "Kronen"-Stachel
- "Hauben"-Stachel
- "Loch"-Stachel
- b) Scheibenstachel :
 - "Trompeten"-Stachel (z. T.)
 - "Gitter"-Stachel (z. T.)
 - "Kegel"-Stachel
 - "Primitiv"-Stachel

Von den Armstacheln, die vorwiegend Lateralia, selten Dorsalia bestücken, nehmen die Parasol-Stachel (hier sind nur die einfach gebauten Parasol-Stachel gemeint) schon rein nach dem Habitus eine eigene Stellung ein. Der meist mehr oder minder schlanke Stab sitzt auf einem Gelenkhöcker der seinen Platz auf dem Lateralschild hat (siehe Abb. 1).

Die weiteren, oben angeführten Armstachel, sind im Prinzip einander recht ähnlich, vor allem in Hinblick der Ausbildung des basalen Teiles des Stachels; typisch hierfür sind der meist stark asymmetrisch entwickelte Basal-Sockel, sowie die häufig mehr oder weniger exzentrische Lage der Basalöffnung. Weiters sind die Armstachel durch einen dreikeiligen Bau, der seinen Ansatz unmittelbar über dem Basissockel hat, besonders ausgezeichnet. Wesentlich erscheint es dem Autor hier noch festzuhalten, dass der Habitus der Armstachel innerhalb einer Spezies nur wenig oder gar nicht variiert; lediglich die Grösse der Stachel ändert sich je nach der Lage (proximaler oder distaler Teil des Armes bzw. die mehr ventrale oder dorsale Lage am Lateralschild).

Die auf der Scheibe (Dorsalseite) aufsitzenden Stacheln weisen nur z. T. einen ähnlichen Bau wie die Armstachel auf; die meisten sind aber durch eine sehr breite, z. T. perforierte Basis gekennzeichnet. Durch die Ausbildung einer breiten Plattform sind sie relativ leicht von den Armstacheln abzutrennen. Wird aber die basale Öffnung (Kanal zu dem Nervenstrang) übersehen, kann leicht eine Verwechslung mit Holothurienskleriten vorkommen; vor allem ist eine Verwechslung mit Formen der Gattung Priscopodatus (SCHLUMBERGER) sehr leicht möglich. In der Aufsicht kann man tatsächlich eine breite, perforierte Basis an diesen Stacheln erkennen, die nahezu der Basalplatte der Formgattung Priscopodatus entspricht. Auch der Aufsatz (hier ist der Stab und die Krone gemeint) entspricht einem "hochgezogenem Stühlchen" bei den Holothurienskleriten (siehe Abb. 26)

Abbildung 26: Vergleich Holothuriensklerite/Ophiurienstachel



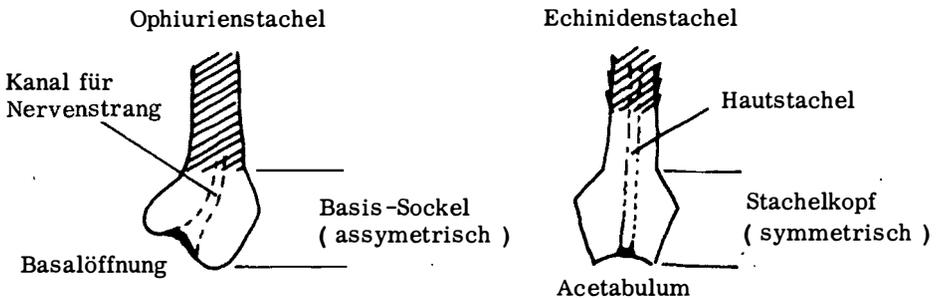
Das einzige Unterscheidungsmerkmal ist die Basalöffnung, die nur bei den Ophiurenstachel vorkommt, da durch diese der Nervenstrang zu Lebzeiten des Ophiurenindividuum mit einem grossen Ganglion an der Basis Zutritt in den Stachel hatte.

Bestimmte Paxillen von Asteriden sind den Ophiuren-Stacheln ähnlich. Erstere sind aber meist wesentlich kleiner und zeigen im Kronenbau, aber auch in der Entwicklung der Basis, meist einen erheblichen Unterschied. Der Kronenbau bei den

Paxillen weist sehr viele stark gebündelte Äste auf; die Basis dieser ist meist stark gelappt (4-6 lappig).

Die eben diskutierten Ophiurenstachel mit breiter Basis (Scheibenstachel) können mit Echinidenstachel nicht verwechselt werden. Eine Reihe anderer Ophiurenstachel wurde aber recht oft mit solchen der Echiniden verwechselt. Der Unterschied liegt vor allem in der Gestaltung der Basis. Bei den meisten Ophiuren-Stachel ist ein asymmetrischer Basal-Sockel entwickelt (Stachel der Scheibe ausgenommen). Auch ist die Basalöffnung meist mehr oder weniger extern, praktisch nie völlig zentral gelegen. Bei den Echiniden-Stacheln ist meist ein Acetabulum unter dem Stachelkopf entwickelt; besonders wichtig erscheint aber die zentrale Öffnung für den Hautstachel, siehe Abb. 27.

Abbildung 27: Basalbildungen: Ophiuriestachel bzw. Echinidenstachel



Bei statistischen Arbeiten sollen Stachel ohne erhaltene Basalteile nicht verwendet werden, wenn man nicht andere sichere Merkmale hat diese den Ophiuren- oder Echiniden-Stacheln zuzuordnen. Auf eine Unterscheidung der verschiedensten Echinodermenstachel im Dünnschliff geht der Verfasser in einer eigenen Arbeit ein.

Die wohl grösste Verwechslungsmöglichkeit besteht zwischen den Asteriden-Stacheln und den "Primitiv"-Stacheln der Ophiuren. Die Asteriden-Stachel sind fast durchwegs unskulpturiert bis sehr wenig skulpturiert. Sie sitzen meist mit einer flachen, basalen Fläche auf (Gelenkfläche), oder sind in der Platte (Marginalplatte) mit Gelenkpfanne fixiert. Meist weisen sie eine zentrale Basalöffnung auf; diese kann auch etwas verstellt sein. In einem solchen Fall ist eine rein morphologische Unterscheidung nicht möglich; hier muss man versuchen andere Kriterien, die aus der Gesamtf fauna hereinspielen, ins Treffen zu führen. (z. B. das Fehlen von Asteridenelementen, wie Marginalplatten, Terminalplatten, Ambulakralia, etc.; sonst nur Echiniden-Skelettelemente und viele Elemente von Ophiuren).

Abschliessend sei noch kurz die Frage des taxonomischen Wertes der Ophiuren-Stachel diskutiert. An rezentem Material wird sehr deutlich, dass den Stacheln eine taxonomische Bedeutung zukommt. So hat eine Ophiurenart oft nur einen Typus von Armstachel, wobei die Form der Armstachel sehr wenig variiert. Es bleibt auf jeden Fall ein leicht zu durchschauender Grundbau erhalten; nur die Grösse der Stachel ändert sich je nach ihrer Lage am Lateralschild. Eine Reihe rezenter Ophiurenarten kann aber auch 2 grundverschiedene Typen von Armstachel aufweisen. Übertragen wir diese Erkenntnis auf unser fossiles Material unter Berücksichtigung einer gewissen Variationsbreite eines bzw. zweier Armstacheltypen, so hätten wir es nach den bisherigem Stand der Untersuchungen in der Trias mit mindestens 20 bis 24 Arten zu tun. Es ist aber kaum anzunehmen, dass alle Arten 2 grundverschiedene Armstachel aufgewiesen haben, sodass die eben genannte Zahl viel zu niedrig

gegriffen erscheint. Ausserdem kennen wir nicht die Kombination der Armstachel mit der der Scheibenstachel, sodass auch hier noch sehr wahrscheinlich eine weitere Erhöhung der Artenzahl zu erwarten ist. D.h. dass es sich um 35-40 Arten handeln wird, die, wie wir eingangs erwähnt haben, sich wahrscheinlich auf 6 bis maximal 8 Gattungen verteilen dürften.

Es ist zwar nicht möglich mit Hilfe der Stachel neue Arten aufzustellen, aber mit ihrer Hilfe kann man sich grob ein Bild machen, wie viele Arten etwa in der Mikrofauna eines bestimmten Ablagerungsraumes vertreten sein könnten. Die Haken sind innerhalb einer Ophiurenart zu variabel, um mit ihnen Rückschlüsse auf die Artenzahl machen zu können.

Trotz dieser stark eingeschränkten Aussagekraft der Ophiurenstachel soll noch darauf hingewiesen werden, dass gewisse Typen von Ophiuren-Stachel in Mikrofaunen sich z. T. als recht gute Leitfossilien erwiesen haben. Über den Leitwert, vor allem über die stratigraphische Bedeutung der Ophiuren-Stachel wird im Zuge des Symposiums 1972 über Mikrofazies und Mikrofauna der Trias berichtet.

6) Zusammenfassung

Ophiuren-Skelettelemente sind in den aus triassischen Karbonatgesteinen herausgelösten Mikrofaunen recht häufig. Besonders stark vertreten sind Ophiuren-Stachel, vor allem sehr auffallend durch ihren Formenreichtum, im Anis und Nor. Neben den Ophiuren-Stacheln bilden auch die Haken eine nicht unbedeutende Rolle. Die Haken wurden nur grob besprochen; auf eine Namengebung wurde verzichtet. Die selten auftretenden Tentakelschuppen wurden nur erwähnt bzw. 2 Exemplare aus der Trias abgebildet.

Die Ophiuren-Stachel aus der Trias liessen sich in 13 Grossgruppen aufgliedern, wovon 6 nur auf Lateralschildern (seltener Dorsalschilder) vorkommen; 4 haben ihren Sitz nur auf der Dorsalseite der Scheibe. 3 weitere Stachelgruppen kommen sowohl auf den Armen als auch auf der Scheibe vor.

Weiters wurden spezifische Merkmale zur Unterscheidung von Ophiuren-Stachel, Echiniden-Stachel, Asteriden-Pedicellarien und Asteriden-Stachel herausgearbeitet, um Verwechslungen innerhalb dieser z. T. sehr ähnlichen Skelettelemente weitgehend auszuschliessen. Eine Diskussion über den taxonomischen Wert der Ophiuren-Stachel bildet den Abschluss dieser Studie.

LITERATURNACHWEIS

- BACHMAYER, F. & H. A. KOLLMANN: Ein Ophiure aus der Trias Jugoslawiens. - Ann. Naturhistor. Mus. Wien, 72, 645-648, Wien 1968
- BROGLIO, L. C. & B. CAVICCHIA: Praeaplocoma hessi n. gen. n. sp. un 'ofura del Werfeniano (Triasinferiore) del gruppo della Costadella, Dolomiti. - Mem. Geopaleont. Univ. Ferrara 2, 2, 185-197, Ferrara 1969
- CLARK, H. L.: North Pacific Ophiurans in the collection of the United States National Museum. - Bull. U. S. Nat. Museum 75
- FRIZZELL, D. & H. EXLINE: Monograph of Fossil Holothurian Sclerites. - Bull. Missouri School of Mines, 89, 200 S., Rolla, Miss. 1955
- GLAZEK, J. & A. RADWANSKI: Determination of brillite stars in thin sections. - Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. geol. et geogr., Vol. 16, Varsovie 1968
- HESS, H.: Mikropaläontologische Untersuchungen an Ophiuren. - Ecl. geol. Helv., Vol. 55, Nr. 2, Basel 1962
- HESS, H.: Trias-Ophiuren aus Deutschland, England, Italien und Spanien. - Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 5, 151-177, München 1965
- HESS, H.: Mikropaläontologische Untersuchungen an Ophiuren. V. Die Ophiuren aus dem Argovien (unteres Ober-Oxford) vom Guldenenthal (Kt. Solothurn) und von Savigna (Dept. Jura). - Ecl. geol. Helv., Vol. 59, Nr. 2, Basel 1966
- HYMAN, L. H.: The Invertebrates: Echinodermata (vol. IV). - New York (Mc Graw-Hill) 1955
- KOEHLER, R.: Ophiurans of the Philippine Seas and adjacent waters. - Bull. U. S. Nat. Mus. 100, vol. 5, 1922
- KRISTAN-TOLLMANN, E.: Die Osteocrinusfazies, ein Leithorizont von Schwebcrinoiden im Oberladin - Unterkarn der Tethys. - Erdöl u. Kohle, 1970
- KÜPPER, K.: Ophiuroidea aus dem Torton des Wiener Beckens. - Paläont. Z., 28, 1954
- LEONARDI, P.: Le Dolomiti. Vol. I. - Trento 1967
- LUDWIG, H. & O. HAMANN: Die Schlangensterne. - Bronn's Klassen u. Ordnungen des Thier-Reichs, Leipzig 1901
- LYMAN, T.: Report on the Ophiuroidea. - Rept. Sci. Results Voyage Challenger, Zool 5, 1882
- MATSUMOTO, H.: A monograph of Japanese Ophiuroidea, arranged according to a new classification. - J. Coll. Sci. Tokyo 38, Art 2, 1917
- MORTENSEN, T.: A Monograph of Echinoidea. I. Cidaroidea. - Textband Atlas, Kopenhagen und London 1928
- MOSTLER, H.: Conodonten und Holothuriensklerite aus den norischen Hallstätter Kalken von Hernstein (Niederösterreich). - Verh. d. Geol. B. A., H. 1/2, Wien 1967
- MÜLLER, A. H.: Zur Ökologie und Fossilisation triadischer Ophiuroidea (Echinodermata). - Monatsber. d. Deutsch. Akad. d. Wiss. Berlin, Bd. 11, H. 5/6, 1969
- NÖTH, L.: Über Ophiurenreste aus den Werfener Schichten der Dolomiten. - Centralbl. f. Min. etc., S. 426-432, Abt. B., Nr. 10, 1927
- POKORNY, V.: Grundzüge der zoologischen Mikropaläontologie. - Bd. 2, Berlin 1958
- RUHRMAN, G.: Fossil-Lagerstätten Nr. 15: Riffnahe Sedimentation paläozoischer Crinoiden-Fragmente. - S. 56-100, N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 138, Stuttgart 1971
- SIEVERTS-DORECK, H.: Zur Verbreitung känozoischer Ophiuren. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 6, 275-286, Stuttgart 1953
- SIEVERTS-DORECK, H.: Spezielle Arbeitsweise der Mikropaläontologie: 3. Echinodermen. In: H. Freund, Handbuch d. Mikroskopie in der Technik, Bd. II, Teil 3, Frankfurt 1958
- SPENCER, W. K. & C. W. WRIGHT: Asterozoans in: Treatise on Invertebrate Paleontology U (Echinodermata) 3 (1), p. U4-U107, New York 1966

- WOLBURG, J. : Skelettreste von Ophiuren aus dem deutschen Lias, ihre systematische Zugehörigkeit und Bedeutung als Mikrofossilien. - Paläont. Z. 21, 1939
- ZANKL, H. : Holothuriensklerite aus dem Dachsteinkalk (Obertrias) der Nördlichen Kalkalpen. - Paläont. Z. , 40, 70-88, Stuttgart 1966

TAFELERLÄUTERUNGEN

Taf. 1

Fig. 1-3, 5, 9-12 u. 18. Einfache "Parasol"-Stachel aus Hallstätter Kalken des höheren Nor

Fig. 4, 6-8, 10. Einfache "Parasol"-Stachel aus unter- und mittelnorischen Hallstätter Kalken

Fig. 13-17, 19. Zusammengesetzte "Parasol"-Stachel aus obernorischen Hallstätter Kalken

Fig. 20, 25. Zusammengesetzte "Parasol"-Stachel aus dem mittleren Nor

Fig. 21-24. Stachel, deren Zugehörigkeit zu den Ophiuren fraglich ist.

Taf. 2

Fig. 1-5, 7, 9-10. "Kronen"-Stachel aus anisischen und norischen Hallstätter Kalken vom Typus 1

Fig. 6 u. 11. "Kronen"-Stachel aus ladinischen Kalken

Fig. 12-14, 17-20, 27?. "Kronen"-Stachel aus dem Nor

Fig. 21. Zugehörigkeit zu den Ophiurenstacheln ist fraglich

Fig. 15-17. "Loch"-Stachel aus obernorischen Hallstätter Kalken

Fig. 22-26. "Hauben"-Stachel aus norischen Kalken

Taf. 3

Fig. 1, 9. "Gitter"-Stachel aus karnischen Hallstätter Kalken

Fig. 2. Untypischer "Trompeten"-Stachel aus dem Nor

Fig. 4 u. 13. "Nadel"-Stachel aus norischen Hallstätter Kalken

Fig. 5-6, 7 ?, 10-12. "Dornen"-Stachel aus anisischen bis norischen Kalken

Fig. 8. Stachel der zwischen "Loch"- und "Fahnen"-Stachel vermittelt

Fig. 14. Übergangsform Stachel/Haken aus dem Nor

Taf. 4

Fig. 1, 4. "Feder"-Stachel aus dem Nor

Fig. 2, 13. "Primitiv"-Stachel aus anisischen bis norischen Kalken

Fig. 3, 12. "Fahnen"-Stachel aus karnischen und norischen Hallstätter Kalken

Fig. 5-7. "Trompeten"-Stachel aus ladinischen und norischen Kalken

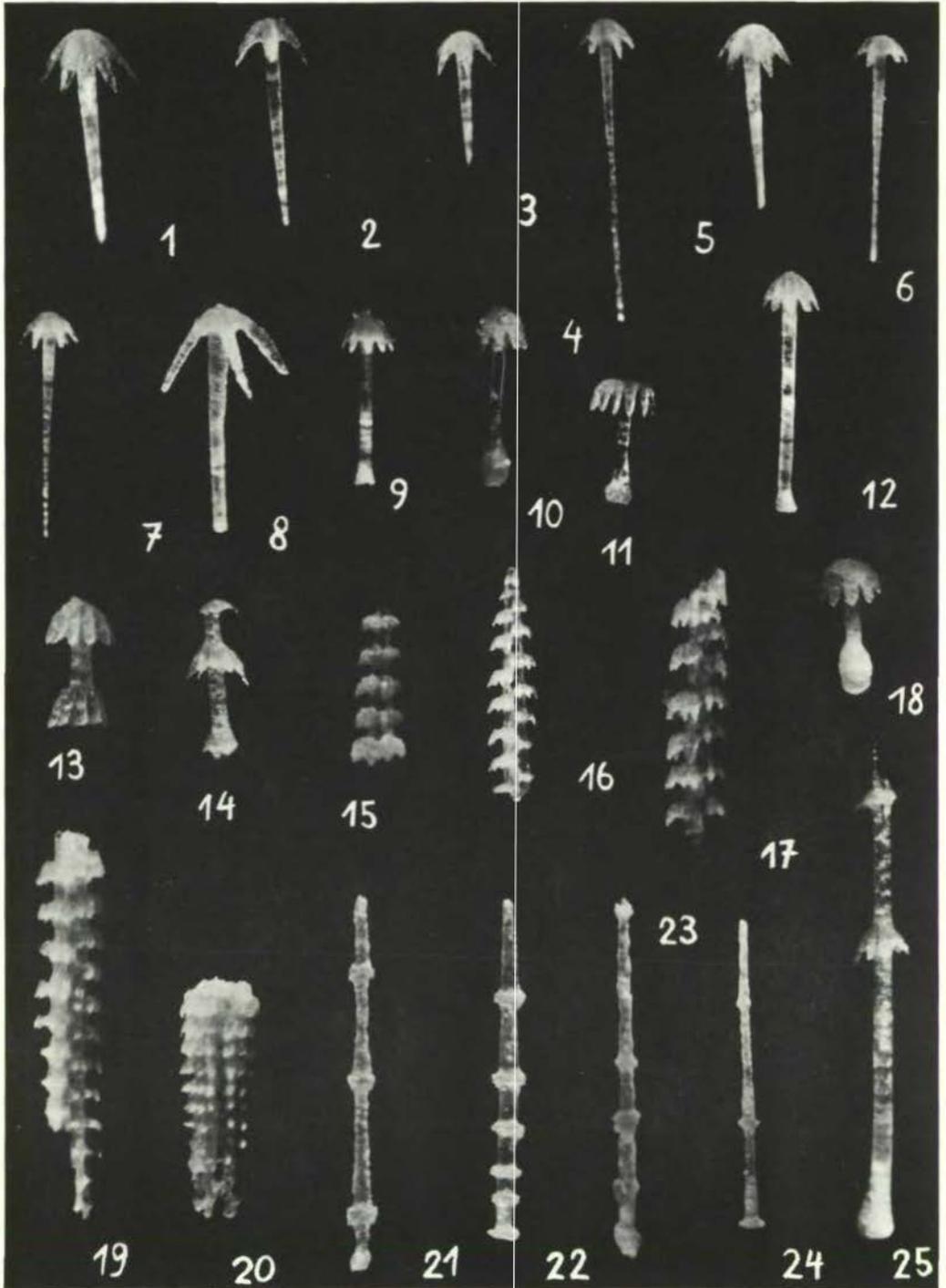
Fig. 8 u. 15. "Dornen"-Stachel aus ladinischen Kalken

- Fig. 9. "Gitter"-Stachel (Typus 2) aus norischen Hallstätter Kalken
Fig. 10-11. "Kegel"-Stachel aus norischen Kalken
Fig. 16-19. Haken mit Basal-Sockel aus dem Anis und Nor
Fig. 14, 20, 21 ?. Haken mit Basaltrichter aus karnischen und norischen Hallstätter Kalken

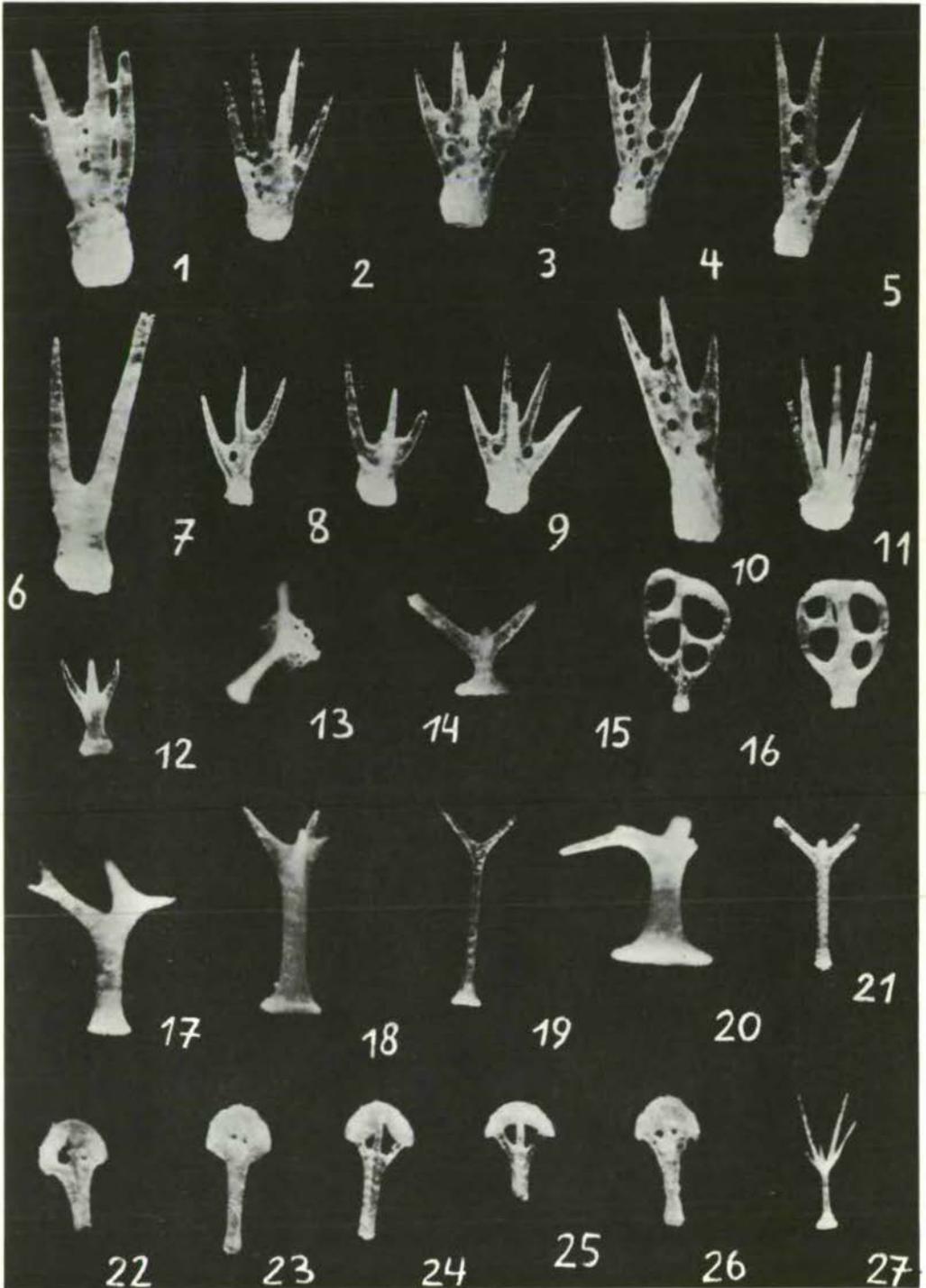
Taf. 5

- Fig. 1-6, 9. Endklauen von Crinoiden aus norischen Hallstätter Kalken
Fig. 7-8, 10-12, 14, 21-22. Haken mit Basal-Trichter aus norischen Kalken
Fig. 13, 15-18 u. 20. Haken mit Basal-Sockel aus karnischen bis norischen Kalken

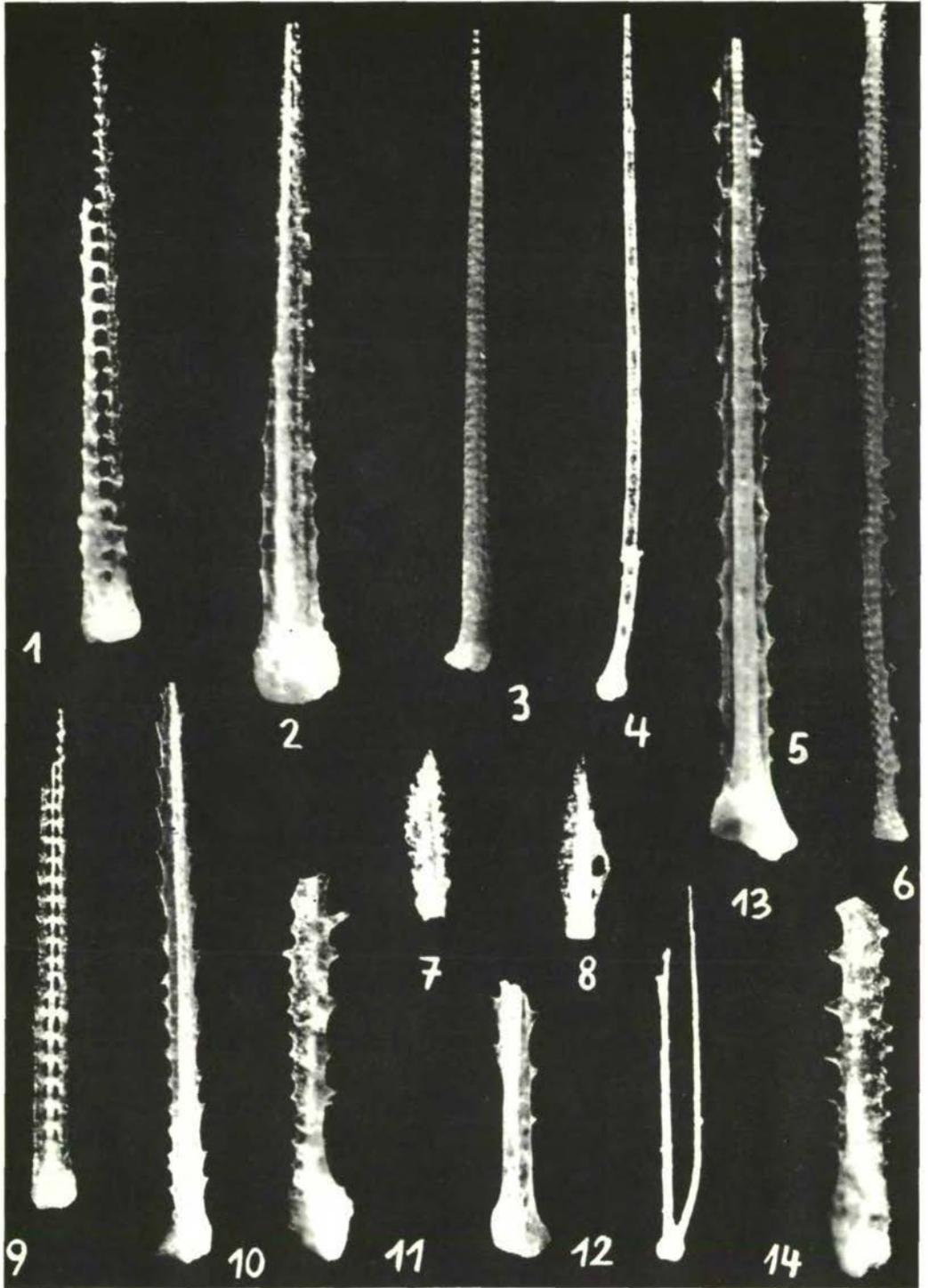
Tafel 1



Tafel 2



Tafel 3



Tafel 4

