

# Wandel in Bauformen – Wandel in Lebensformen früher Organismen

## 1. Einleitung

Einen Beitrag aus paläontologischer Sicht zum Thema Kulturwandel zu liefern scheint zunächst auf Schwierigkeiten zu stoßen. Die Erforschung des Wandels in der Faunen- und Florengeschichte gehört zwar zur Hauptbeschäftigung der Paläontologen, aber die Übertragung und Anwendung des Begriffs Kultur auf Phänomene die Entwicklung des Lebens betreffend kann leicht zu zwanghaften Verknüpfungen mit der Gefahr zu Fehlinterpretationen führen. Der Definition Otto Koenigs folgend („Kulturethologie ist eine spezielle Arbeitsrichtung der allgemeinen Vergleichenden Verhaltensforschung (Ethologie), die sich mit den ideellen und materiellen Produkten (Kultur) des Menschen, deren Entwicklung, ökologischer Bedingtheit und ihrer Abhängigkeit von angeborenen Verhaltensweisen sowie mit entsprechenden Erscheinungen bei Tieren vergleichend befasst“, Koenig, O. 1970, 17), lassen sich jedoch durchaus Parallelen zwischen biologischer und kultureller Evolution untersuchen. Dies trifft insbesondere für Bauformen zu, die im kulturellen wie im biologischen Bereich durch die Umweltbedingungen geprägte Verhaltensmuster widerspiegeln.

Von katastrophalen Ereignissen des gleichzeitigen Massenaussterbens unterschiedlicher Tiergruppen („Faunenschnitte“) abgesehen, die im kulturellen Bereich wohl eher mit Kulturbrüchen vergleichbar wären, war und ist die Entwicklung des Lebens auf der Erde ständigen Veränderungen unterworfen. Heutzutage sind wir z. B. Zeugen schnellen Wandels in der Zusammensetzung bereits etablierter Tier- und Pflanzengesellschaften durch eingeschleppte oder angesiedelte Arten (Neozoen, Neophyten). Die Muster der Veränderungen der an spezielle Umweltbedingungen angepassten Lebensgemeinschaften sind durchaus vergleichbar mit Wandlungsprozessen in Kulturen, die durch kulturellen Austausch ausgelöst werden.

Im Folgenden soll anhand ausgewählter Beispiele aus der fossilen Dokumentation untersucht werden, ob ein Wandel der Lebensformen mit entsprechenden Veränderungen in Bauformen früherer Organismen verknüpft war und nach welchen Mustern solche Entwicklungen ablaufen. Dabei ist auf Veränderungen an Bauformen bei unterschiedlichen Tiergruppen mit

annähernd gleicher Lebensweise genauso zu achten wie auf einen Wandel der Bauformen innerhalb der Lebensspanne eines einzelnen Individuums.

## 2. Wandel in Bauformen:

### Parallel-Entwicklung bei unterschiedlichen Tiergruppen

Konvergente Entwicklungen bei der Anpassung an einen Lebensraum können bei unterschiedlichen Organismen nur dann zu einander ähnlichen Problemlösungen führen, wenn die Variabilität ihrer Organe dies in den vom Grundbauplan gesetzten Grenzen erlaubt. Trotz des einheitlichen Grundbauplans weisen nahe verwandte Taxa (Gruppen) oft einen erstaunlich hohen Grad an Spezialisierung und damit verbundener Umgestaltung ihrer Morphologie auf. Dass z. B. Säugetiere aus den gleichen im Lauf der Stammesgeschichte erworbenen Gliedmaßen Organe zum Laufen, Klettern, Schwimmen oder Fliegen entwickelt haben, ist bekannt. Allerdings ist die Entwicklung solch hoch spezialisierter Organe nicht reversibel („Dollo'sche Regel“). Dies liegt darin begründet, dass der Entwicklung zu hoch spezialisierten Organen eine Vielzahl von Mutationen zugrunde liegt. Zwar ist in Einzelfällen nachgewiesen, dass Mutationen durch entgegengesetzt wirkende Mutationen („Rückmutationen“) wieder aufgehoben werden, wenn dadurch die ursprüngliche Sequenz der Stickstoffbasen in der DNA wieder hergestellt wird. Sobald jedoch eine lange Abfolge von Mutationen zur Spezialisierung geführt hat, ist es praktisch unmöglich, alle Veränderungen im Erbgut wieder rückgängig zu machen. Deshalb ist es zwar möglich, dass einzelne Formcharaktere zurückgebildet werden und später erneut auftreten können, jedoch ist es praktisch ausgeschlossen, dass komplexe homologe Organe wieder entstehen. Werden komplexe rückgebildete Organe erneut benötigt, müssen sie auf dem Weg neuer Mutationen auf andere Weise neu gebildet werden (analog). Die Entwicklung der Schildkröten seit der Trias ist ein bekanntes Beispiel dafür, wie Bildung, Abbau und Neubildung des Panzers als analoges Organ im Wechsel von einer Lebensweise im Wasser zum Land- und schließlich wieder zum Wasserleben erfolgte. Werden bei einer Veränderung der Lebensumstände erworbene komplexe Organstrukturen nicht mehr benötigt, können sie entweder bei einer weitergehenden Spezialisierung in der gleichen Entwicklungsrichtung fortentwickelt werden oder als funktionslose Rudimente bestehen bleiben.

Als Beispiel für die Vielfalt der im Lauf der Evolution entwickelten Bauformen, die speziellen Lebensweisen entsprechen, können die Muscheln gelten (Abb. 1). Obwohl sie alle, von einigen Süßwasserformen abgesehen, im Meer leben, haben sie dort die unterschiedlichsten Lebensräume und öko-

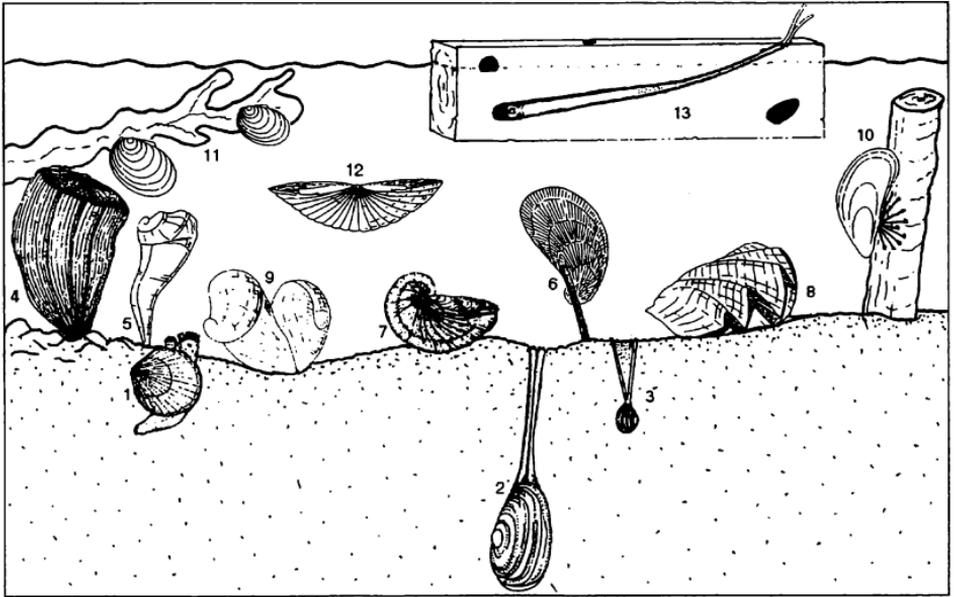


Abb. 1: Unterschiedliche Bauformen (Schalenmorphologie) in Abhängigkeit von der Lebensweise bei Muscheln

1-3: im Sediment eingegraben; 1) *Cerastoderma* (Herzmuschel, rezent), 2) *Mya* (Sandklaffmuschel, rezent), 3) *Macoma* (Plattmuschel, rezent). 4-6: auf Hartsubstrat festgewachsen; 4) *Hippurites* (Rudist, Kreide), mit der rechten Klappe aufgewachsen, 5) *Caprinula* (Kreide), mit der rechten Klappe aufgewachsen, 6) *Exogyra* (Jura), mit der linken Klappe aufgewachsen. 7-8: nur im juvenilen Stadium mit der linken Klappe festgewachsen, später dem Sediment frei aufliegend; 7) *Gryphaea* (Jura), 8) *Lopha* (*Auster*, Jura - rezent). 9: frei auf dem Sediment liegend; 9) *Diceras* (Kreide). 10-11: mit Byssusfäden angeheftet; 10) *Mytilus* (Miesmuschel, rezent), 11) *Posidonia* (Jura, an treibenden Algen angeheftet, pseudoplanktisch). 12: frei schwimmend, nektisch (in Ruhestellung mit der rechten Klappe aufliegend); 12) *Pecten* (Tertiär - rezent). 13: bohrend, in Bohrhöhlen lebend; 13) *Teredo* („Schiffsbohrwurm“, in Treibholz, Tertiär - rezent).

logischen Nischen erobert. Entsprechend groß ist die Anzahl der entwickelten Bauformen. Obwohl auf einem gemeinsamen Grundbauplan mit zwei annähernd gleich ausgebildeten Klappen basierend, haben einzelne Taxa durch Differenzierung der einen oder Reduktion der anderen Klappe bei der Besiedlung spezieller Biotope Vorteile gegenüber gleichklappigen Arten gewonnen. Ist die Gleichklappigkeit bei im Sediment grabenden Arten kein Nachteil, so erfordert die sessile Lebensweise im Riffbereich z. B. eine dickere Schale mit höherer Widerstandskraft gegen starke Wasserbewegungen sowie ein starkes Höhenwachstum, um gegenüber Nahrungskonkurrenten erfolgreich zu sein. Einzelne Gruppen von Muscheln haben dieses Ziel auf unterschiedlichem Weg erreicht. So weist bei den riffbildenden Rudisten der Kreide die rechte Klappe massives Höhenwachstum auf, während

die linke zu einem Deckel umgestaltet ist. Bei den Austern dagegen ist die linke Klappe massiv gestaltet und der rechten kommt die Funktion eines Deckels zu. Auch zu aktiven Schwimmbewegungen befähigte Muscheln wie *Pecten* haben eine starke Asymmetrie der Klappen entwickelt. Pseudoplanktisch lebende, an treibenden Algen festgeheftete Taxa (z. B. *Posidonia*) zeichnen sich durch hauchdünne Schalen aus. Der damit verbundene Verlust der Schutzwirkung ist für die Gesamtpopulation zu verkraften, da der Lebensraum Algendickicht ausreichende Versteckmöglichkeiten bietet. Beim „Schiffsbohrwurm“ (*Teredo*, trotz des Namens ebenfalls zu den Muscheln gehörig) ist die Schale zu einem kleinen Raspelorgan umgestaltet und reduziert. Da diese Muscheln in Festsubstraten (z. B. Holz) bohren, bieten die so geschaffenen Bohrhöhlen genügend Schutz vor Fressfeinden.

Bei den kreidezeitlichen Rudisten wurde bereits auf das starke, ansonsten für Muscheln atypische Höhenwachstum hingewiesen. Einzelne Rudisten lassen sich auf den ersten Blick kaum von fossilen Korallen unterscheiden. Wie diese besitzen sie ein massives, turmförmiges Gehäuse, das an der Außenseite meist durch ausgeprägte Längsrippen verstärkt ist. Ähnliche turmförmige Bauformen finden sich bei etlichen Tiergruppen und in fast allen Zeitabschnitten der Erdgeschichte (Abb.2). Eine solche Wuchsform

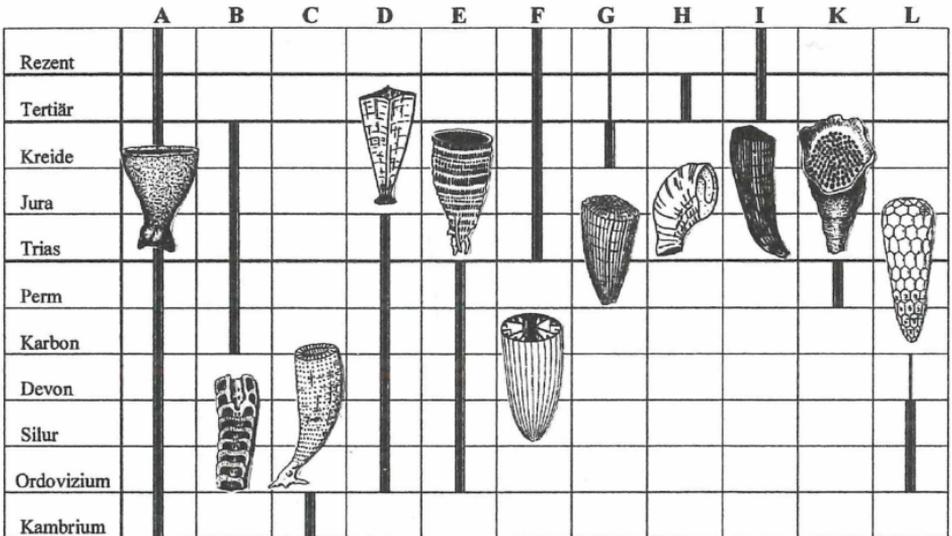


Abb.2: Verbreitung koralligener Wuchsformen bei verschiedenen Tiergruppen  
A: Porifera (Schwämme): Tremadictyon ; B: Sphinctozoa ; C: Archaeocyatha ; D: Scyphozoa : Conularia ; E: Rugosa (Korallen); F: Scleractinia (Korallen); G: Pelecypoda (Muscheln, Rudisten): Hippurites ; H: Gastropoda (Schnecken): Rothpletzia ; I: Cirripedia (Rankenfußkrebse): Pyrgoma ; K: Brachiopoda (Armfüßer): Richthofenia ; L: Cystoidea (Beutelstrahler, Stachelhäuter): Calix.

wird als koralligenes (oder korallines) Wachstum bezeichnet. Dieses Musterbeispiel für konvergente Entwicklungen im Tierreich überrascht nicht, da bei gleicher oder sehr ähnlicher Lebensweise in gleichem Milieu den gleichen Umweltzwängen Rechnung getragen werden muss. Zum einen gilt es der starken Wasserbewegung im Riffbereich Stand zu halten, zum anderen bei hohen Sedimentationsraten der Zuschüttung und Erstickung zu entgehen. Letzteres ist für Riffbewohner besonders von Bedeutung, da die sessile Lebensweise keinen Ortswechsel erlaubt. Da Riffe eine hohe Besiedlungsdichte aufweisen, besteht eine starke Nahrungskonkurrenz gegenüber anderen Riffbewohnern. Starkes Höhenwachstum garantiert ausreichenden Zugang zu nährstoffreichen Wasserbereichen.

Koralligene Bauformen bei riffbewohnenden Organismen zeichnen sich nicht allein durch turmförmiges Wachstum aus. Um die Stabilität gegenüber starker Wasserbewegung zu erhöhen, müssen die Gehäuse verstärkt werden. Auch hierbei lassen sich konvergente Entwicklungen bei den meisten in Abb. 2 gezeigten Tiergruppen erkennen. So erhöhen Längsrippen, Leisten, Querrunzeln und der Einbau von Dissepimenten (Querböden in der Röhre) die Stabilität der Schalen.

Die Analyse koralligener Wuchsformen bei so unterschiedlichen Tiergruppen wie Schwämmen, Sphinctozoen, Archaeocyathen, Conularien, Korallen, Muscheln, Schnecken, Crustaceen, Brachiopoden und Stachelhäutern lässt erkennen, dass bei gleichen Umweltzwängen die sich behauptenden Organismen ähnliche Lösungen bezüglich der Schalenmorphologie entwickelt haben, somit bei ähnlichen Lebensformen aus unterschiedlichen Grundbauplänen ein Wandel zu sehr ähnlichen Bauformen stattgefunden hat.

### **3. Wandel in Bauformen im Leben eines Individuums**

Wie am Beispiel der koralligenen Wuchsform bei riffbildenden Organismen gezeigt wurde, führt die Anpassung an spezielle Lebensräume zur Ausbildung optimal geeigneter Bauformen. Da selbst unterschiedliche Tiergruppen in der Lage sind, solche vom allgemeinen Grundbauplan abweichende, unter gleichen Bedingungen aber ähnliche Bauformen zu entwickeln, ist nun der Frage nachzugehen, ob ein Individuum während seiner ontogenetischen Entwicklung ebenfalls in der Lage ist, seinen Bauplan als Reaktion auf Änderungen seiner äußeren Lebensbedingungen abzuwandeln.

Am Beispiel heteromorpher Ammoniten lässt sich der Wandel von Bauformen in Abhängigkeit von der Lebensweise darstellen. Ammoniten, eine ausgestorbene Gruppe der Cephalopoden, zu denen auch die heutigen Tin-

tenfische gehören, sind als sogenannte Ammonshörner weithin bekannte und bei Sammlern geschätzte Fossilien. Ihre Blütezeit lag im Jura und in der Kreide, wo sie die Meere in großer Arten- und Individuenzahl bevölkerten. Mit dem Ende der Kreidezeit starben sie aus.

Ammonitentiere besaßen ein planispiral eingerolltes Gehäuse, dessen hinterer gekammerter Abschnitt, der Phragmokon, mit Gas gefüllt war und dem isostatischen Ausgleich diente. Durch teilweises Fluten der Kammern mit Lymphflüssigkeit waren die Tiere in der Lage, ihr Gewicht auf bestimmte Wassertiefen einzustellen. Ein noch heute lebender entfernter Verwandter, das Perlboot (*Nautilus*), ist auf diese Weise in der Lage, im Tag-Nacht-Rhythmus zwischen ca. 400 m Wassertiefe und dem Meeresspiegel zu pendeln. Mehrfach im Lauf der Erdgeschichte (in der Trias, im Jura und in der Kreide) traten in verschiedenen Entwicklungslinien gehäuft Formen mit entrolltem, geradem oder irregulär gewundenem Gehäuse auf, die sich jeweils von planispiral eingerollten Formen ableiten lassen. Deutete man früher das Auftreten dieser unregelmäßigen, entrollten Gehäuse zunächst als degenerative Entwicklungen der Ammoniten und sprach von aberranten Formen, sieht man heute in den als heteromorph bezeichneten Gruppen hoch spezialisierte Arten, deren Gehäusemorphologie eine optimale Anpassung an die jeweiligen Lebensbedingungen widerspiegelt (z. B. Wiedmann, J. 1969, 1973). Besonders während der Oberen Kreide lässt sich eine beschleunigte Entwicklung zu heteromorphen Ammonitenformen feststellen.

Unter der Bezeichnung „Hyphantoceras-Event“ beschrieben Ernst, Schmidt & Seibertz (1983) sowie Dahmer & Ernst (1986) aus Schichten des Oberen Turons von NW-Deutschland das auf einige Lagen beschränkte Auftreten der heteromorphen Ammonitenart *Hyphantoceras reussianum* (d'ORBIGNY). Sie erkannten, dass die Gehäuse der ausnahmslos adulten Tiere am Abhang submariner Erhebungen gehäuft auftraten. Schalen anderer Altersstufen dieser Ammonitenart fehlten in diesen Ablagerungen völlig. Der Lebens- und Ablagerungsraum von *Hyphantoceras* im Turon NW-Deutschlands war durch eine stark gegliederte, submarine Morphologie geprägt. Infolge des durch Auflast jüngerer Schichtenfolgen ausgelösten Aufstiegs permischer Salzgesteine in sogenannten Salzstöcken, die darüberliegende Sedimentschichten nach oben aufbeulten, entstanden zahlreiche Erhebungen und Schwellen, über denen flachmarine Verhältnisse herrschten. In weiterer Entfernung dieser Salzstöcke lag die Wassertiefe in den Becken dagegen bei mehreren Hundert Metern (Abb. 3, unten). Das räumlich und bathymetrisch unterschiedliche Auftreten juveniler und adulter *Hyphantoceras*-Exemplare lässt auf Wanderungsbewegungen dieser Ammoniten

während ihres Lebenszyklus schließen. Pelagisch lebende Tintenfische legen in heutigen Meeren große Entfernungen zurück, um sich in ihren angestammten Laichgebieten zur Fortpflanzung zu treffen. Bei einigen Arten sterben die adulten Tiere gleich nach dem Laichen bzw. der Eiablage.

Die von Dahmer & Ernst (1986) dargelegten Beobachtungen lassen sich so interpretieren, dass *Hyphantoceras*-Tiere verschiedener Alterstufen ebenfalls in unterschiedlichen Meeresbereichen lebten. In Verbindung mit der Analyse des *Hyphantoceras*-Gehäuses und unter Berücksichtigung der damaligen Morphologie des Meeresbodens lassen sich folgende Lebensstadien der Ammonitentierte rekonstruieren, denen jeweils entsprechende Gehäuseabschnitte zugeordnet werden können (Abb.3):

Stadium A: Nach der Eiablage in flachmarinen Bereichen über einer durch Salzaufstieg emporgesprengten, submarinen Erhebung schlüpfen die Ammoniten-Larven. Möglicherweise wurden die Eier ähnlich wie bei vielen heutigen Tintenfischarten am Grund an Steinen angeheftet. Nach dem Schlüpfen bildeten die Larven winzige Larvalschalen aus, die kaum fossilisationsfähig waren (Abschnitt A in Abb. 3 oben). Zu diesem Zeitpunkt dürften die Larven zur planktischen Lebensweise übergegangen sein.

Stadium B: Mit der Bildung der ersten Primärschale des Ammonitengehäuses (Abschnitt B in Abb. 3, oben) wanderten die juvenilen Ammonitentierte, eventuell begünstigt durch ablandige Meeresströmungen, in pelagische Lebensräume ab (oberer Pfeil in Abb. 3, unten).

Stadium C: Bei zunehmendem Größenwachstum bildeten die Tiere ein korzenzieherförmiges Gehäuse aus (Abschnitt C in Abb. 3 oben). Da aktives Schwimmen den Tieren in Anbetracht der offen spiraligen, turriconen Gehäuseform in diesem Stadium nicht möglich gewesen sein dürfte, gingen sie zu einer bodenbezogenen Lebensweise über. Die Ammoniten lebten auf dem Meeresboden, über den sie sich eher kriechend bewegten.

Stadium D: Das Reifestadium der Ammonitentierte ist durch die Ausbildung eines annähernd geraden, langen röhrenförmigen Gehäuseabschnitts gekennzeichnet, der genügend Raum in der Wohnkammer für die nun reifenden Gonaden bietet. In diesem Stadium waren die Tiere wieder zu aktivem Schwimmen befähigt. Ähnlich wie heutige Tintenfische besaßen Ammoniten einen Trichter, durch den sie vorher eingesogenes Wasser durch Mantelkontraktionen ausstoßen und sich dadurch ruckartig nach dem Rückstoßprinzip fortbewegen konnten. In diesem letzten Lebensstadium wanderten die Ammonitentierte wieder zurück zu ihren Laichplätzen im flachmarinen Bereich (Abschnitt D in Abb. 3, oben und unten). Heutige

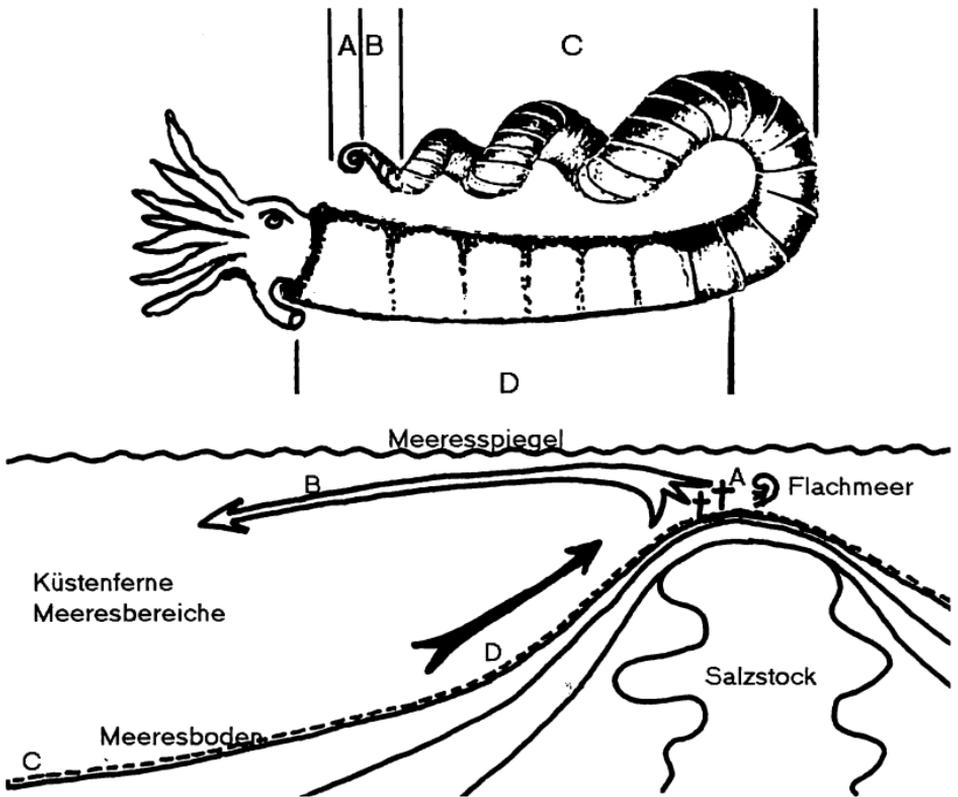


Abb.3: Lebensraum und Lebenszyklus des Ammoniten Hyphantoceras, Kreide Norddeutschlands.

Oben: Ontogenetische Stadien bei Hyphantoceras; A: Larvialschale, Protoconch, B: Primärschale, juvenile Phase, C: Wachstumssphase, korkenzieherförmig gewundenes Gehäuse, D: Schalenbildung des adulten Tieres, gerade gestrecktes Gehäuse mit Wohnkammer.

Unten: Lebensraum und Lebenszyklus, schemat. Teilprofil durch den durch aufsteigende Salzstöcke morphologisch stark gegliederten Meeresraum in der Oberkreide Norddeutschlands (Bezeichnungen entsprechend den Lebensphasen oben). A: Flachmariner Bereich auf dem Top des Salzstocks, Laichgebiet der Ammoniten, Lebensraum der Larven. B: Die juvenilen Tiere mit ihrer Primärschale erreichen mit ablandigen Meeresströmungen ihren neuen, küstenfernen Lebensraum. C: Die Tiere gehen zur bodenbezogenen Lebensweise über; Wachstum des korkenzieherförmig gewundenen Gehäuseabschnitts. D: Die adulten Tiere mit geradem gestrecktem letztem Gehäuseabschnitt schwimmen zurück in flachmarine Meeresbereiche (A), wo sie ablaichen. Der Zyklus beginnt von neuem. Nach dem Ablaichen sterben die adulten Tiere ab, ihre angehäuften Schalen werden fossil.

Tintenfische legen auf ihren Wanderungen zu den Laichgebieten große Entfernungen zurück. Infolge starker Erschöpfung sterben viele Tintenfische unmittelbar nach der Fortpflanzung. Ähnlich dürfte die letzte Phase

im Leben eines *Hyphantoceras*-Tieres abgelaufen sein. Nach der Paarung und Eiablage erfolgte ein Massensterben der adulten Tiere, es kam zur Anhäufung der großen *Hyphantoceras*-Schalen im Bereich der Laichgebiete. Mit dem Schlüpfen der Larven begann der Lebenszyklus aufs Neue.

Am Beispiel des Lebenszyklus von *Hyphantoceras* lässt sich somit darstellen, dass in einzelnen Lebensabschnitten eines Individuums bei unterschiedlicher Lebensweise eine Änderung der Bauform des Gehäuses erfolgt. Dieser Wandel der Bauformen ist genetisch festgelegt. Jeder der unterschiedlich ausgeprägten Gehäuseabschnitte ist einem Lebensabschnitt zugeordnet. Das Beispiel zeigt, dass eine Sukzession von Bauformen erfolgt, ja notwendig ist, wenn sich während der Ontogenese eines Individuums der Lebensraum und damit verbunden auch die Lebensweise ändern.

#### 4. Das Labyrinth – Beispiel für persistente Verhaltensmuster

Ähnliche Lebensformen führen, wie oben dargestellt, zu ähnlichen Bauformen. Da Bauformen somit auch als sichtbarer Ausdruck spezieller Verhaltensweisen angesehen werden können, wäre nun der Frage nachzugehen, ob und in welcher Weise im Lauf der Stammesgeschichte erworbene, durch äußere Einflüsse bedingte Verhaltensweisen auch in der menschlichen Kultur Ausdruck gefunden haben. In dem Muster des Labyrinths könnte sich eine solche archätypische Verhaltensweise erhalten haben.

Labyrinth-Darstellungen gehören zu den ältesten vom Menschen geschaffenen, künstlerischen Figuren. Sie waren bereits im Neolithikum verbreitet (s. Abb. 4). Unter Labyrinth wird hier nicht ein Muster mit verzweigten Gängen und „Irrwegen“ im Sinne eines Irrgartens verstanden, sondern ein



in seinen Eigenschaften festgelegtes, geometrisches Muster, allgemein als kretisches Labyrinth bezeichnet. Dieses Labyrinth ist eine (runde oder viereckige)

Abb.4: Felsritzung in der Tomba del Labirinto, einem unterirdischen Felskammergrab der San Michele-Kultur (2500–2000 v. Chr.), Luzzanas, Sardinien. Darstellung eines runden Labyrinths vom kretischen Typ, Durchmesser ca. 30 cm.

geschlossene Figur, die nur eine Öffnung (gleichzeitig Eingang und Ausgang) besitzt. Der durch die Öffnung hineinführende Weg ist kreuzungsfrei, erlaubt somit keine Wahlmöglichkeit und wechselt regelmäßig pendelnd die Richtung. Dabei führt er wiederholt nahe an das Zentrum der Figur heran, um sich danach wieder zu entfernen und schließlich doch im Zentrum zu enden. Dabei wird die gesamte Figur mit einem Maximum an Umweg ausgefüllt. Das kretische Labyrinth lässt sich auf zwei Arten darstellen, entweder durch die Begrenzungslinien des Weges (Abb. 5 A) oder durch den Verlauf der Wegstrecke selbst (Abb. 5 B). Letztere Darstellung wird bezugnehmend auf die Sage von Theseus' Kampf mit dem Minotaurus als Ariadnefaden bezeichnet. Die Anzahl der Umgänge eines Labyrinths ist nicht festgelegt, meist beträgt sie sieben oder elf.

Abb.5: Antike Labyrinth-Darstellungen, Europa

A: Schema eines Labyrinths vom kretischen Typ. Dargestellt sind die Begrenzungen des ins Labyrinth hinein und wieder heraus führenden Weges. B: Labyrinthdarstellung nach dem Schema des Ariadnefadens. Dargestellt ist hier nur der Weg durch das Labyrinth, nicht jedoch die Wegbegrenzung.

C: Felsritzung in Granit in Form eines kretischen Labyrinths mit 7 Umgängen; Pedra dos Campinos, Prov. Pontevedra, Galicien, Spanien; Alter: spätbronzezeitlich (ca. 900 v. Chr.). D: Vorgegeschichtliches (bronzezeitliches ?) aus Steinen gelegtes Labyrinth vom kretischen Typ mit 11 Umgängen am Fuß des Galgenberges nördlich von Visby, Insel Gotland, Schweden. Bei einem Durchmesser von 18 m beträgt die Weglänge 650 m.

E: Ritzzeichnung auf der Rückseite eines beschrifteten Tontäfelchens aus dem Palast von Pylos. Neben einer Darstellung aus Tell Rifa'at (Syrien) die älteste, archäologisch-historisch sicher datierte Darstellung eines Labyrinths, spätestens um 1200 v. Chr.; viereckiges Labyrinth vom kretischen Typ mit 7 Umgängen. F: Labyrinth-Zeichnung auf einem Krug (Oinochoe) von Traghiatella, Italien; Etruskisch, um 620 v. Chr. Darstellung eines kretischen Labyrinths in Zusammenhang mit einem Reiter-Spiel und der linksläufigen Aufschrift Truia. G: Labyrinth-Graffito an einer Hauswand in Pompeji, das Labyrinth als solches erstmals schriftlich bezeichnet; Alter: kurz vor 79 n. Chr. H: Ein weiteres Labyrinth-Graffito aus Pompeji.



Die wohl beste Übersicht über den Stand der Labyrinth-Forschung gibt Kern (1982). Während sich für das Neolithikum nur wenige Belege finden lassen, scheint sich die Darstellung von Labyrinthen in der Bronzezeit großer Beliebtheit erfreut zu haben, nicht nur im Mittelmeerraum, sondern auch in NW-Spanien und Skandinavien (Abb. 5 C, D). Als ältestes, sicher datiertes Labyrinth gilt eine Ritzzeichnung auf der Rückseite eines beschrifteten Tontäfelchens, das in den Ruinen des Palasts von Pylos gefunden wurde (Abb. 5 E). Da der Palast von Pylos um 1200 v. Chr. niedergebrannt und das Tontäfelchen durch Brandeinwirkung gefrittet wurde, muss die Labyrinth-Ritzung mindestens kurz vor 1200 v. Chr. angefertigt worden sein. In späterer Zeit wurde das kretische Labyrinth fälschlicherweise mit dem Labyrinth des Minotaurus in Verbindung gebracht, obwohl Theseus der Sage nach den Minotaurus in einem irrgartenähnlichen Gebäude tötete, aus dem er nur Dank Ariadnes Faden wieder herausfinden konnte. Dadurch entstanden in der Folgezeit einige Begriffsverwirrungen. Die Darstellung eines kretischen Labyrinths auf dem etruskischen Krug von Tragliatella (Abb. 5 F) ist mit dem Wort „Troja“ bezeichnet. Noch heute werden die zahlreichen Labyrinth in Skandinavien „Trojaburgen“ genannt. Ein Grafito auf einer Hauswand in Pompeji (vor 79 n. Chr.; Abb. 5 G), mit dem der „Künstler“ dem Hausherrn wohl eins auswischen wollte, trägt neben dem kretischen(!) Labyrinth die Inschrift „labyrinthus, hic habitat minotaurus“. Das Christentum übernahm von den Römern die Figur des Labyrinths in leicht modifizierter Form. Begehbare Labyrinth in Form von Fußbodenmosaiken finden sich heute noch in der Kathedrale von Chartres und in der Kirche S. Vitale in Ravenna.

Soweit mag ein kurzer Überblick über die Verbreitung des kretischen Labyrinths genügen. Das häufige Auftreten dieses Motivs im Mittelmeergebiet und die fälschliche Zuordnung zur Minoischen Kultur hat zu der Auffassung verleitet, die Labyrinthfigur habe dort ihren Ursprung und sich schnell in andere Kulturräume verbreitet. Auch vereinzelte Labyrinth-Ritzungen im Kaukasus, in Afghanistan und Indien wurden auf das Mittelmeergebiet zurückgeführt. Labyrinth-Darstellungen auf Gegenständen in Indonesien sind wesentlich jünger und werden ebenfalls europäischen Einflüssen durch Handelsbeziehungen zugeschrieben. Dabei wird übersehen, dass kretische Labyrinth bereits aus dem Neolithikum z. B. Nordwestspaniens vorliegen.

Es wäre durchaus denkbar, dass das Motiv des kretischen Labyrinths, trotz des zunächst kompliziert erscheinenden Baus eher eine einfach darzustellende Figur, unabhängig voneinander an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten entstanden sein könnte. Dann wäre das Labyrinth eher

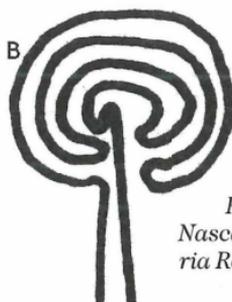
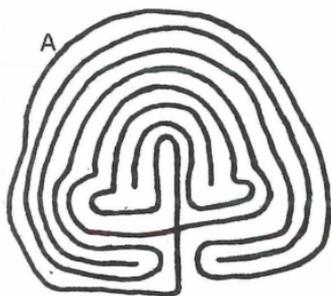


Abb. 6: A: Labyrinth-Ritzzeichnung der Hopi-Indianer auf einem Felsen in Arizona; Durchmesser ca. 23 cm. B: Bodenzeichnung eines Labyrinths der Nasca-Kultur in der Wüste bei Nasca, Peru (n. Plänen v. Maria Reiche); 200–600 n. Chr.

als ein Urmotiv in Sinne Koenigs (1970) aufzufassen. Für diese These lassen sich einige Anhaltspunkte finden. Man müsste zunächst nach alten Labyrinth-Darstellungen bei Völkern suchen, die keinerlei kulturelle Beziehungen zur europäischen (und asiatischen) Welt besaßen. In der Tat sind auch aus Nordamerika Felsritzungen in Form des kretischen Labyrinths bekannt geworden. Besonders bei den Hopi- und Keres-Indianern in Colorado, Arizona und New Mexico war dieses Motiv verbreitet (Abb. 6 A). Da Felsritzungen allgemein schwer zu datieren sind, besteht hier aber insofern noch eine (geringe) Unsicherheit, als diese Darstellungen theoretisch auch erst nach dem Kontakt mit Europäern entstanden sein könnten.

Eindeutig wird die Beweislage dagegen im südamerikanischen Kulturraum, der bis vor kurzem als labyrinthfrei galt. Die Menschen der Nasca-Kultur legten im Boden der peruanischen Küstenwüste riesenhafte Figuren, teilweise in Tierform, an, indem sie besonders aus der Luft gut sichtbare Linien auf dem Wüstenboden durch Abtragen der Verwitterungskrusten schufen. Die noch immer rätselhaften Bodenzeichnungen von Nasca lassen sich auf 300–600 n. Chr. datieren, stammen also aus einer Zeit, in der Amerika vom Rest der Welt noch isoliert war. Die deutsche Mathematikerin Maria Reiche (1903–1998) widmete



Abb. 7: Luftaufnahme eines durch Fahrspuren beschädigten Labyrinths in der Wüste von Nasca, Peru.

ihr ganzes Leben der Erforschung und besonders der genauen Vermessung der Figuren. Fotos und Pläne ihrer Aufnahmetätigkeit sind publiziert (Reiche, M. 1968). Eine Zusammenfassung des gegenwärtigen Forschungsstands erbrachte die Nasca-Ausstellung in Wien 1999 (Rickenbach, U. 1999). Bei der Durchsicht der Pläne von Reiche fanden sich zwei kleine Labyrinth-Darstellungen (Abb. 6 B), eines davon ist auch in einem Luftbild (Aveni, A.1999) zu erkennen (Abb. 7). Es kann somit als sicher gelten, dass

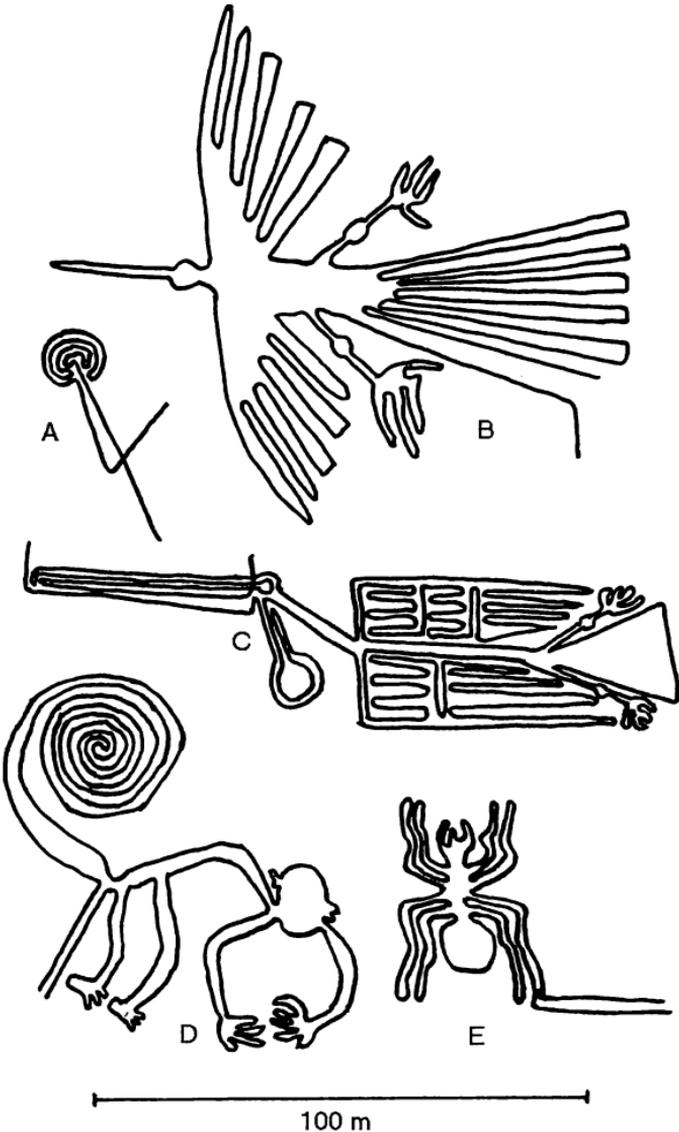


Abb.8: Einige Bodenzeichnungen (Scharrbilder) aus der Wüste von Nasca, Peru (n. M. Reiche)

A: Labyrinth, B: Vogel (Kolibri), C: Vogel (Pelikan?), D: Affe, E: Spinne.

die Figur des kretischen Labyrinths auch in altamerikanischen Kulturen bekannt war. Eine Herkunft des Motivs über kulturelle Beziehungen zu Europa ist somit ausgeschlossen. Bei der Untersuchung der übrigen Figuren (überwiegend Tierdarstellungen, Abb. 8) zeigte sich, dass auch diese aus je einer kunstvoll geschwungenen Linie bestehen. Nach dem Prinzip des Labyrinths verlaufen die Linien der Tierfiguren ebenfalls kreuzungsfrei, wenden sich in entgegengesetzten Windungen dem Zentrum der Figuren zu, um wieder weiteren Abstand zu gewinnen. Demnach wurden die Tierzeichnungen von Nasca nach dem gleichen einfachen Prinzip konstruiert, nämlich als Zeichnung nur einer fortlaufenden, gewundenen Linie. Die Figuren aus der peruanischen Küstenwüste sind daher als abgewandelte Labyrinth aufzufassen.

Wie lassen sich nun solche Labyrinthformen erklären? Mit den antiken Labyrinthen Europas sind zahlreiche Überlieferungen von kultischen Tänzen verbunden, z. B. Truje, Kranichtanz oder baskischer Schneekentanz, die alle auf Bewegungen im Zusammenhang mit dem Labyrinth hinweisen. Auch die frühgeschichtlichen Rasen- und Steinlabyrinth Englands und Skandinaviens sind begehbar, ebenso die genannten Kirchenlabyrinth. Die Anlage des Labyrinthweges könnte daher als eine Wiederholung eines sehr alten, überlieferten Bewegungsmusters zu deuten sein.

Auch in der fossilen Dokumentation lassen sich Strukturen finden, die dem Prinzip des Labyrinths entsprechen. Spuren, die frühere Organismen als Lebensäußerungen hinterlassen haben, werden als Spurenfossilien (Ichnofossilien) oder Lebensspuren bezeichnet. Je nach Art ihrer Entstehung unterscheidet man z. B. Ruhespuren, Fährten, Kriechspuren, Weidespuren, Freißspuren, Wohnbauten und andere. Als Faziesindikatoren (z. B. für die Meerestiefe) sind Spurenfossilien für die Rekonstruktion früherer Lebensräume von Bedeutung (Seilacher, A. 1967). Spurenfossilien können als wertvolle Quellen bei der Erforschung der Lebensweise früherer Organismen herangezogen werden, da sie gewissermaßen versteinerte Verhaltensweisen dokumentieren.

Das bereits im Paläozoikum verbreitete Spurenfossil *Dictyodora* (Abb. 9-11) wird als Fressbau eines ortssteten, wurmähnlichen Tieres gedeutet, das sich



Abb. 9: Spurenfossil *Dictyodora* in schiefriigen Siltsteinen aus dem Silur von Cochabamba, Bolivien; labyrinthischer Fressbau eines wurmartigen Tieres, Bildbreite 10 cm.



Abb.10: Spurenfossil *Dictyodora* aus dem Silur von Cochabamba, Bolivien; großflächiger Fressbau nach dem Prinzip des Labyrinths angelegt, Bildbreite 12 cm.

um einen Fixpunkt wendend durch das Sediment des Meeresbodens grub und sich dabei von organischen Bestandteilen des Substrats ernährte. Eine ähnliche Ernährungsweise lässt sich heute z. B. beim Wattwurm (*Arenicola*) beobachten. *Dictyodora* tritt erstmalig im Kambrium auf und wurde u. a. aus dem Silur Schottlands (Benton, M. & Trewin, N. 1980) und Boliviens (Mehl, J. 1984, 67 ff) sowie aus dem Karbon des Frankenwalds (Müller, A. H. 1962) beschrieben. Rekonstruktionszeichnungen von Seilacher (1978) vermitteln einen Eindruck vom dreidimensionalen Aufbau der *Dictyodora*-Fressbauten (Abb. 11 C). Demnach fraß sich das Tier in

Form eines mit zunehmendem Alter immer weiter werdenden Kegelmantels durch das Sediment.

Die Analyse silurischen Materials aus Bolivien ergab weitere Erkenntnisse bezüglich des Verhaltens der Spurenerzeuger. Erhaltungsbedingt sind *Dictyodora*-Bauten meist als horizontale Querschnitte auf Schichtflächen zu erkennen. Folgt man den Linien, die der Erzeuger bei fortschreitender Fress- und Wühltätigkeit hinterließ, ergibt sich das Grundmuster eines (wenn auch oft unregelmäßigen) Labyrinths vom kretischen Typ. Gleichartige, unregelmäßige Labyrinth sind von prähistorischen Felsritzungen aus Spanien bekannt (Abb. 11 D, E).

Das labyrinthische Grundmuster des Fress- und Wühlvorgangs bei *Dictyodora* wird einerseits bestimmt von der Notwendigkeit optimaler Nahrungs-

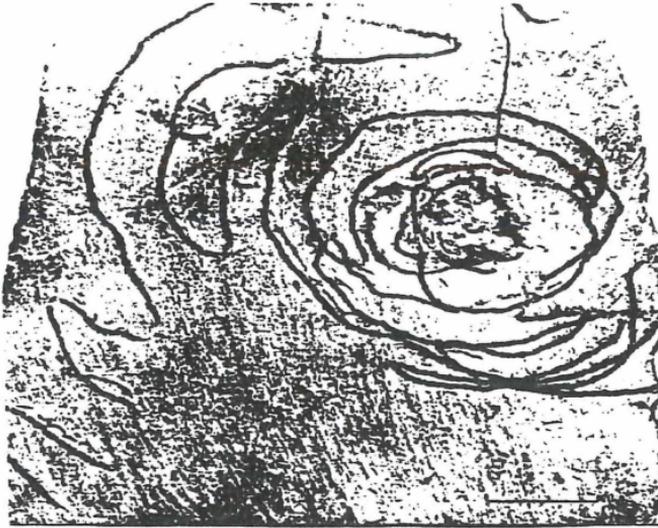
Abb. 11: Fressbauten von *Dictyodora* nach dem Prinzip des Labyrinths

A: Schichtfläche mit Schnitt durch einen Bau von *Dictyodora liebeana* (GEINITZ) aus dem Dachschiefer (Unt. Karbon) vom Koselstein bei Wurzbach, Frankenwald (n. MÜLLER 1962); Bildbreite 10 cm. B: Fressbau von *Dictyodora liebeana* (GEINITZ) aus dem Unt. Karbon von Wurzbach im Frankenwald (n. MÜLLER 1962). Verlauf der Spur in

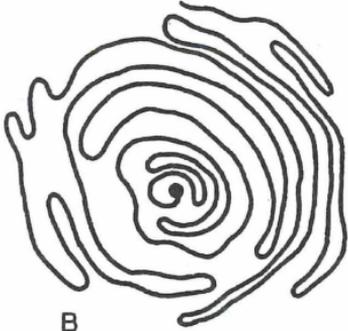
Form eines unregelmäßigen Labyrinths.

C: Schemazeichnung eines *Dictyodora*-Baus; Anlage eines regelmäßigen Labyrinths durch wiederholte Umkehr der Bewegungsrichtung (n. SEILACHER 1978).

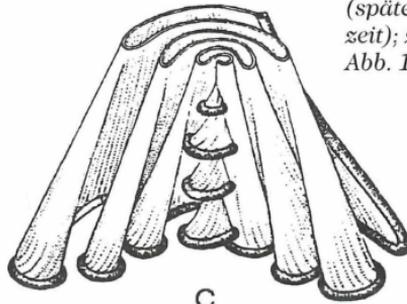
D-E: Felsritzungen (nachgezeichnet) in Form unregelmäßiger Labyrinth von Pontevedra, Spanien (späte Bronzezeit); s. Vgl. m. Abb. 11 B.



A



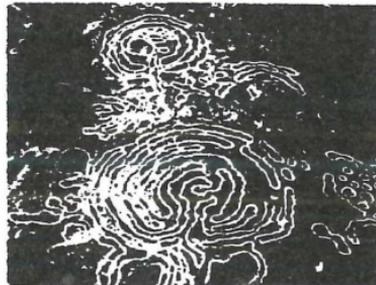
B



C



D



E

ausbeute innerhalb der möglichen Reichweite des Tieres, andererseits durch die anatomisch begründeten Grenzen der Beweglichkeit des an der Sedimentoberfläche mit seinem Hinterende fixierten Wurmes. Kreis- oder spiralförmige Bewegungen um die zentrale Achse des Baus sind dem Spurenerzeuger nicht möglich, da eine solche Bewegungsweise zu einer Torsion seines eigenen Körpers und dem Abquetschen innerer Organe führen würde. Aufgrund der beschränkten Bewegungsfreiheit ist der Körper nur in der Lage, beim Fressvorgang in immer weiter ausgreifenden Dreiviertel- bis Fastkreisen das Sediment nach Nahrung zu durchwühlen. Hat die Drehung um die eigene Körperachse den kritischen Punkt erreicht, ist der Wurm gezwungen, umzukehren. Diese Bewegungsweise hat aber den Vorteil, dass das Tier bei der Nahrungssuche den ganzen für ihn erreichbaren Sedimentkörper vollständig ausnutzen kann, zumal es sich nach der Richtungsumkehr an seinem früher erzeugten Gang orientieren kann. Somit bleibt kein Bereich des nahrungshaltigen Sedimentkörpers ungenutzt. Außerdem müssen abgeweidete Bereiche nicht ein zweites Mal durchquert werden. Lediglich an den Endpunkten früherer Gänge kann die Orientierung leicht verloren gehen. Nachdem sich der Wurm an diesen Stellen vom bisherigen Bau entfernt hat, kehrt er bald wieder in seiner Bewegungsrichtung um und sucht nach Orientierungspunkten seines alten Baus. Dabei kann es vorkommen, dass er zwischen die Endpunkte zweier früherer Umgänge gerät. Er folgt dieser eingeschlagenen Richtung so lange, bis er bereits früher leergefressene Bereiche erreicht und kehrt dann wegen der geringen Ergiebigkeit wieder um. Auf diese Weise entstehen die für das kretische Labyrinth typischen zwischengeschalteten Umgänge, deren Weg von außen wieder in zentrumsnähere Bereiche führt.

Treibende Kraft für das Verhalten von *Dictyodora* ist die Notwendigkeit zu möglichst ökonomischer Ausbeutung eines zur Verfügung stehenden Raums unter Beibehaltung einer Anbindung an dessen Zentrum. Damit entspricht das Verhalten von *Dictyodora* dem Prinzip der Labyrinth-Tänze, eine kleine, vorgegebene Fläche beim Tanz mit möglichst vielen, sich dabei in einer Kette bewegendem Leuten optimal auszunutzen, ohne dass sich die Wege der Tänzer dabei kreuzen. Wie lang der so zurückgelegte Weg bei einem bescheidenen Durchmesser der Grundfläche werden kann, zeigt die Trojaburg von Visby auf Gotland (Abb. 5 D), deren Weglänge bei nur 18 m Durchmesser immerhin 650 m beträgt.

Der Vergleich von Labyrinthen mit dem Grundmuster der *Dictyodora*-Bauten lässt vermuten, dass die Anlage kretischer Labyrinth einer archätypischen, fossil seit ca. 500 Millionen Jahren dokumentierten Verhaltensweise entspricht. Haben sich Verhaltensweisen und damit die daraus resultieren-

den Bauformen jedoch über große Zeiträume als erfolgreich erwiesen und sind daher möglicherweise im Erbgut festgelegt, können sie lange weiter bestehen, gegebenenfalls reaktiviert werden und so manchen Wandel überleben.

## Literatur

- AVENI, Anthony (1999): Theorien zu den Nasca-Linien. In: RICKENBACH, J.: Nasca - Geheimnisvolle Zeichen im Alten Peru. 109-142, Museum Rietberg, Zürich.
- BENTON, M. J. & TREWIN, N. II. (1980): Dictyodora from the Silurian of Peeblesshire, Scotland. *Palaeontology*, 23 (3), 501-513. London.
- DAIIMER, Dirk-Daniel & ERNST, Gundolf (1986): Upper Cretaceous Event-Stratigraphy in Europe. *Lecture Notes in Earth Sciences* 8, 353-362, Springer, Heidelberg.
- ERNST, Gundolf, SCHMIDT, F. & SEIBERTZ, E. (1983): Event-Stratigraphie im Cenoman und Turon von NW-Deutschland. *Zitteliana* 10, 531-554.
- KERN, Hermann (1982): *Labyrinth*. Prestel-Verlag, München.
- KOENIG, Otto (1970): *Kultur und Verhaltensforschung. Einführung in die Kulturethologie*. DTV, München.
- MEIL, Johannes (1984): Geologische, stratigraphische und paläontologische Untersuchungen im Silur der bolivianischen Anden-Ostkordillere. Diss. Univ. Freiburg i. Br.
- MÜLLER, Arno Hermann (1962): Zur Ichnologie, Taxiologie und Ökologie fossiler Tiere, Teil 1. *Freib. Forsch.-II. C* 151, 1-30, Akademie-Verlag, Berlin.
- REICHE, Maria (1968): *Geheimnis der Wüste / Mystery on the Desert / Secreto de la Pampa*. Eigenverlag, Nasca / Peru.
- RICKENBACH, Judith (Hg.) (1999): *Nasca - Geheimnisvolle Zeichen im Alten Peru*. Museum Rietberg, Zürich.
- SEILACHER, Adolf (1967): Bathymetry of Trace Fossils. *Marine Geology* 5, 413-428, Elsevier, Amsterdam.
- SEILACHER, Adolf (1978): Fossil Behaviour. *Scientific American* 1978, 89-96, Freeman, San Francisco.
- WIEDMANN, Jost (1969): The Heteromorphs and Ammonoid extinction. *Biol. Rev.* 44, 563-602.
- WIEDMANN, Jost (1973): Evolution or revolution of Ammonoids at Mesozoic system boundaries. *Biol. Rev.* 48, 159-194.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Matreier Gespräche - Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Wilheminenberg](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [2001](#)

Autor(en)/Author(s): Mehl Johannes

Artikel/Article: [Wandel in Bauformen - Wandel in Lebensformen früher Organismen 10-27](#)