

Fossillagerstätten in Süddeutschland – Ursachen für Massensterben

Zur Bildung von Fossilien müssen die natürlichen Stoffkreisläufe unterbrochen sein, diese bewirken sonst unter stabilen ökologischen Bedingungen ein Recycling der stofflichen Bestandteile und führen damit zu einem vollständigen und irreversiblen Verlust der organismischen Strukturen. Für Fossillagerstätten erhebt sich immer auch die Frage nach möglichen Todesursachen für die fossilisierten Organismen. Im folgenden werden drei Beispiele aus der aktuellen Forschung beschrieben, die zugleich rasche Prozesse dokumentieren.

Fischsaurierfriedhof im Unterjura von Eislingen: Massentod durch Vergiftung?

Bei Eislingen im Landkreis Göppingen (Baden-Württemberg) wurde 2002 bei Arbeiten an der Bundesstraße 10 ein Massengrab von teilweise sehr großen Meeresbewohnern auf einer Fläche von mindesten fünf mal acht Kilometern entdeckt (JAKOB 2005). Es handelt sich zumeist um Fisch-echsen (Ichthyosaurier) der Gattung *Stenopterygius* („Schmalflosser“) und einige Jungtiere des großen *Temnodontosaurus* („Schnitzzahnsaurier“); letztere sind bis zu 7,5 m lang (MAISCH 2003, 652f.). „Schnitzzahnsaurier“ konnten kolossale Ausmaße erreichen; aus Kanada wurde ein Exemplar mit einer Länge von 25 m beschrieben (HAVLIK et al. 2003, 81). Auch bei den Ichthyosauriern der berühmten Fossilfundstelle Holzmaden (bei Kirchheim/Teck; an der Autobahn Stuttgart-Ulm) handelt es sich zumeist um *Stenopterygius* (vgl. HAUFF & HAUFF 1981, 19f.). Allerdings stammen diese aus dem Posidonienschiefer (Untertoarcium-Stufe des Unteren Jura), während die Fossilschicht von Göppingen etwas höher liegt, genau an der Grenze zwischen Posidonienschiefer und Jurensismergel (Übergangsbereich Untere/Obere Toarcium-Stufe; mit 181,6 Millionen radiometrischen Jahren angegeben). Der Fundhorizont konnte in der Schichtenfolge mit Hilfe von Mikro-Leitfossilien (besonders Dinoflagellaten) sehr präzise festgelegt werden; Mikrofossilien erlauben im Unterjura inzwischen eine detailliertere Einstufung als die traditionelle Untergliederung mit Ammoniten (MAISCH 2003, 650f.).

Michael MONTENARI, Mikropaläontologe an der Universität Tübingen, schlägt als Todesursache für diese Organismen, die nach Lehrmeinung in einem subtropischen Flachmeer mit einer Wassertiefe von 100 bis 150 Meter Wassertiefe gelebt haben,

große Mengen von Methan vor, das aus Gas-hydraten (Clathraten) stammt.

Bisher konnten die verschiedenen Befunde nicht schlüssig erklärt werden, so z.B., daß die Kadaver an Ort und Stelle zerfallen und die Skelettelemente im engeren Umkreis zerstreut sind, ohne daß eine Einregelung (lineare Ausrichtung durch eine Strömung) der Knochen erkennbar wäre. Die einzelnen Skeletteile können schon deshalb nicht weit transportiert worden sein, da sie sonst aufgrund ihrer dünnwandigen Leichtbauweise rasch zerstört worden wären. Die Knochen weisen auch keine transportbedingten Abrollspuren auf. Das Problem besteht darin, daß Strömungen dennoch sicher nachweisbar sind: In der Meersaurier-Fundschicht liegen zahllose Belemniten. Diese spitzen, geschoßartigen (projektilförmigen) Skeletteile entfernt kalmarartiger Tintenfische (populär als „Donnerkeile“ bezeichnet) liegen dicht an dicht gepackt und bilden ein sog. „Belemniten-schlachtfeld“. In Eislingen zeigen die Spitzen der Belemniten in zwei entgegengesetzte Vorzugsrichtungen; das wurde als Hinweis auf Gezeitenströmungen (Ebbe und Flut) im küstennahen Flachwasser interpretiert (Abb. 1). Die Gezeiten-Hypothese setzt extremes Flachwasser voraus; dies wird aber bereits durch die Meersaurier in der gleichen Schicht in Frage gestellt; beispielsweise stammt ein zu 60% erhaltenes „Schnitzzahnsaurier“-Skelett direkt aus dem „Belemniten-schlachtfeld“. Denn die Fischechsen sind zwar in ihre Einzelknochen zerfallen, sie wurden aber nicht, wie man bei der ursprünglich vermuteten langen Zeit der Anreicherung von Jahrzehnten oder Jahrhunderten auf dem Meeresboden annehmen sollte, durch Strömungen umgelagert, zerstreut und zer-

Abb. 1: Sogenanntes „Belemniten-Schlachtfeld“ aus dem Oberen Unterjura von Eislingen (Württemberg). Die gleichsinnige Ausrichtung der angereicherten Skelettelemente kalmarartiger Tintenfische ist strömungsbedingt (Einregelung). Ihre Spitzen weisen nach links oder rechts, was mit Hilfe der Richtungsrose (unten) dargestellt wird. (Aus GEYER 1973)

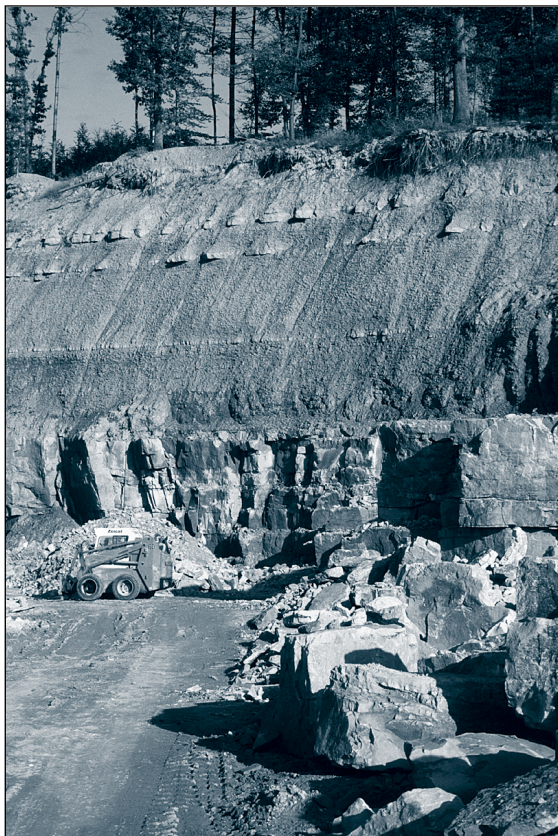


Speziellere Aspekte zu Sedimentologie und Fossilisation (Taphonomie) des Fischesaurierlagers

In der Mergellage mit den Fischesauriern und Belemniten bzw. in der direkt darunter liegenden Schicht treten Reste unterschiedlicher Ammoniten miteinander vergesellschaftet auf, die eigentlich in verschiedenen Horizonten des oberen Posidonien-schiefers gefunden werden. Man spricht dann von stratigraphischer Kondensation bzw. kondensierten Schichten (vgl. FÜCHTBAUER 1988, 939f.). Das heißt, sie entstanden bei insgesamt niedrigen Sedimentationsraten und können mehrere Leitfossil-Zonen umfassen. Bei den Fossilresten handelt es sich um versteinerte Sedimentfüllungen von Ammonitengehäusen (Steinkerne) und Windungsfragmente, die mit Kalziumphosphat (Apatit) imprägniert sind (HAVLIK et al. 2003, 81). Es wird angenommen, daß

sie durch stärkere Strömungen bei fehlender Sedimentablagerung aus verschiedenen Schichten des unterlagernden Posidonien-schiefers erodiert (ausgewaschen) wurden (MAISCH 2003, 651); zu diesem Zeitpunkt müssen sie schon ansatzweise versteinert (präfossilisiert) gewesen sein. Phosphoritisierung tritt häufig in kondensierten Sedimenten auf (GEYER 1973, 237). Mit dem erneuten Einsetzen stärkerer Sedimentablagerung wurden die phosphorisierten Ammonitenreste endgültig in der Belemniten-schicht bzw. im Fischesaurierlager eingebettet. Sie befinden sich demnach in einer sekundären Lagerstätte, ein Befund, der häufiger in der Literatur beschrieben wird (Überblick bei STEPHAN 2002, 49-52, 197-204).

Abb. 2: Steinbruch Hägnach bei Tübingen-Pfrondorf. Hinter dem Steinbruchfahrzeug der im Abbau stehende Rätssandstein (Oberer Keuper; Oberste Trias). Die dunkle, schräge Wand darüber besteht bereits aus Tonsteinen des untersten Schwarzhäns; im Hangenden sind einige harte Kalkmergelbänke eingeschaltet (Unterer Jura).



stört, vielmehr sind sie sehr gut erhalten. Auch die Funde von Baumstämmen, in deren Strömungsschatten die Knochen angeblich vor den Auswirkungen starker Wasserbewegungen geschützt gewesen seien, hätten das während längerer Zeit kaum verhindert (s.o.; vgl. MAISCH 2003, 651-653).

Die dargestellten Probleme werden nun durch die Hypothese der plötzlichen Massenvergiftung mit Methan sowie anschließendem Zerfall und

gleichzeitiger Bedeckung der Skelette mit Sediment umgangen.

Dagegen dürfte die Anreicherung des Meeresbodens mit den erodierten (ausgewaschenen) Ammonitenresten aus unterschiedlichen Schichten des Untergrunds (vgl. Kasten) und den Tintenfisch-Skelettelementen („Belemniten-schlachtfeld“) etwas längere Zeit in Anspruch genommen haben (vermutlich vor Zerfall und Überdeckung der Meeresaurier), und man kann annehmen, daß während dieser Zeit immer wieder stärkere Strömungsereignisse stattfanden, die zur Einregelung der Belemniten führten.

Bei massenspektrometrischen Untersuchungen fand MONTENARI, daß das Kohlenstoff-Isotop C-12 auffällig hoch angereichert war. In der Photosynthese, welche für die Methanhydrat-Vorkommen als C-Quelle angesehen wird, wird das leichtere C-12 gegenüber den schwereren C-Isotopen angereichert. Aufgrund dieser Befunde schlägt der Tübinger Paläontologe eine gigantische Methan-eruption als Todesursache für das Massensterben vor. Diese Eruption müßte sich allerdings in einiger Entfernung oder genauer gesagt in größeren Wassertiefen ereignet haben, da die Einlagerungen von Methangas in Eiskristallen nur bei hohen Drücken und tiefen Temperaturen stabil sind. Die Auswirkungen der Methangaseruption auf die in weiter Entfernung lebenden Meerestiere, auch bei den für jene Zeit vermuteten geographischen Gegebenheiten, müssen durch weitere Untersuchungen grundsätzlich geklärt werden.

Trias/Jura-Grenze bei Tübingen: Sedimentabsatz durch Tsunami-Killerwelle?

In einem Steinbruch in der Nähe von Tübingen-Pfrondorf (Abb. 2) untersuchte MONTENARI eine 20-40 cm mächtige Kalkschicht, die sog. Pylonotenbank. Dieser reichlich fossilführende Horizont besteht aus Trümmern von Muschelschalen, anderen tierischen Resten, Sand, Schlamm und Schutt; das Sediment wurde bei Tübingen über dem feinkörnigen Rätssandstein abgesetzt (Abb. 3). Mit der Pylonotenbank, die nach den ältesten Jura-Ammoniten benannt ist (Pylonoten bzw. Psiloceraten), beginnt in Süddeutschland der Jura; im genannten Steinbruch bei Tübingen-Pfrondorf treten an der Basis dieser Bank erstmals Angehörige der Psiloceraten auf (BLOOS 1999b, 52; 2003, 142f.; vgl. SCHLEGELMILCH 1992, 20f. Abb. 4). Der darunter liegende Rätssandstein wird noch in die Obere Trias gestellt (vgl. AIGNER & ETZOLD 1999, 58-62).

Die Pylonotenbank weist keine erkennbare Schichtung auf. Insgesamt kann der Befund als Hinweis auf eine heftige, stark erodierende Strömung interpretiert werden, der eine sehr rasche



Abb. 3: Hinter dem Blockwerk in Bildmitte der helle Rhätsandstein (Oberste Trias). An seiner Oberkante (Top) die Psilonotenbank; mit ihr beginnt der Jura. Darüber die dunklen Tone des untersten Unterjuras. Steinbruch Hagnach bei Tübingen-Pfrondorf.

Ablagerung folgte, die keine Sortierung zuließ. MONTENARI schlägt einen Tsunami (Seebeben-Welle) als Ablagerungsursache der Psilonotenbank vor. Aufgrund der Mächtigkeit des Sediments muß man allerdings eine ganz enorme Tsunami-Woge annehmen, die alle bisher beobachteten bei weitem übertrifft. Von der Trias/Jura-Grenze der Britischen Inseln wurden bereits bis zu 2,5 m mächtige Hochenergie-Meeressedimente beschrieben. Sie werden auf eine Riesensunami-Welle zurückgeführt, die durch einen im Raum Nordamerikas eingeschlagenen Meteorit ausgelöst worden sein soll. MONTENARI nimmt nun an, daß die weniger mächtige Sedimentbank von Tübingen-Pfrondorf durch diese Tsunami-Woge abgelagert wurde, die sich schon etwas abgeschwächt hatte. Nordamerika lag zu dieser Zeit noch viel näher, denn damals begann der Nordatlantik erst, sich infolge plattentektonischer Bewegungen zu öffnen (vgl. ZIEGLER 1990, Fig. 44). Aus dem Osten der USA wurde von der Trias/Jura-Grenze ein erhöhter Iridium-Gehalt und aus Italien geschockter Quarz beschrieben (OLSEN et al. 2002; vgl. BLOOS 2003, 137ff.). Das an sich seltene Metall sowie die Schocklamellen sind (seit 1980) besonders von der Kreide/Tertiär-Grenze bekannt; Iridium gilt in hohen Anreicherungen als wichtiges Indiz für einen Meteoriteneinschlag.

Die Diskussion über die Entstehung der süd-deutschen Psilonotenbank dürfte jedoch damit nicht abgeschlossen sein. Die Bank zeigt bereits einige Dutzend Kilometer weiter im Südwesten vor der Schwäbischen Alb (Großer Heuberg) einen mindestens zweiphasigen Aufbau. Sie führt in diesem Areal unterschiedliche Ammoniten-



Abb. 4: Hinter dem Geologenhammer die Psilonotenbank, an deren Basis die ersten Jura-Ammoniten (Psilonoten bzw. Psiloceraten) auftreten. Der Hammerkopf steht auf dem Top (Oberkante) des Rhätsandsteins (Oberste Trias); er markiert die Trias/Jura-Grenze. Steinbruch Hagnach bei Tübingen-Pfrondorf.

Gattungen der Psiloceraten-Gruppe, die getrennt übereinander auftreten. Die Bank, die dort zudem lithologisch andersartig ausgebildet ist, kann kaum durch einen *einphasigen* hochenergetischen Ablagerungsvorgang wie bei Tübingen entstanden sein (vgl. BLOOS 1999a, 23ff. 1999b, 52).



Abb. 5: Blick über die Grube Messel bei Darmstadt. Dieser ehemalige „Ölschiefer“-Abbau wurde wegen seiner einmaligen Fossilien aus dem Eozän (Alttertiär) unter Schutz gestellt und 1995 von der UNESCO zum Weltkulturerbe erklärt. Nur paläontologische Institute dürfen Fossilgrabungen vornehmen.

Wirbeltiere der Grube Messel: Gifftod durch Algenblüten?

Paläontologen der Universität Bonn entdeckten bei einer Sichtung von Fossilien aus dem Ölschiefer (Mitteleozän, Alttertiär) der ehemaligen Braunkohlengrube Messel bei Darmstadt (Abb. 5) Hinweise auf saisonal gebundene Todeszeitpunkte: trüchtige Stuten und sich paarende Schildkröten in verschiedenen Sedimentlagen.

Durch Vergleiche mit anderen Seesedimenten kommen v. KÖNIGSWALD et al. (2004) zu der Vermutung, daß die Ursache für den Tod der in der Grube Messel fossil erhaltenen Organismen in „Algenblüten“ von Cyanobakterien zu finden sein könnte. Cyanobakterien produzieren Toxine, sogenannte Mikrozytine, die das Seewasser hochgradig vergiften können. Bei Aufnahme des mit diesen cyclischen Heptapeptiden (ringförmige Verbindung aus sieben Aminosäuren) verseuchten Trinkwassers durch die Organismen kann rascher Tod durch kardiovaskulären Schock (d.h., er betrifft Herz und Blutgefäße) eintreten.

Die Aussichten, das Toxin im Sediment direkt nachzuweisen zu können, sind äußerst gering. Dieser Vorschlag bedarf eingehender Prüfung und wird kontroverse Diskussionen auslösen.

Schlussfolgerungen

Die hier vorgestellten Erklärungsversuche für Fossilagerstätten bzw. Sedimente sind außergewöhnlich; sie können rasche, dramatische und weitreichende Veränderungen in den jeweils betroffenen

Ökosystemen plausibel machen. Vielleicht bewirken solche Vorschläge auch eine wachsende Bereitschaft, konventionelle Erklärungsmuster im Rahmen von Langzeitmodellen kritischer zu prüfen und eine größere Offenheit gegenüber ungewohnten Ideen und Modellen.

Harald Binder und Manfred Stephan

Literatur

- AIGNER T & ETZOLD A (1999) Stratigraphie und Fazies der Trias in der Umgebung von Tübingen anhand von Tagesaufschlüssen und Bohrungen. Jber. Mitt. ober-rhein. Geol. Ver. NF 81, 47-67.
- ANONYMUS (2005) Gifttod durch Cyanobakterien? Chem. i.u.Z. 39, 89.
- BLOOS G (1999a) *Neophyllites* (Ammonoidea, Psiloceratidae) in the earliest Jurassic of South Germany. N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 211, 7-29.
- BLOOS G (1999b) Aspekte der Wende Perm/Trias. In: HAUSCHKE N & WILDE V (Hg) Trias. Mitteleuropa im frühen Erdmittelalter. München, S. 43-68.
- BLOOS G (2003) Untergang und Überleben am Ende der Trias-Zeit. In: HANSCH W (Hg) Katastrophen in der Erdgeschichte. Museo 19. Heilbronn, S. 128-143.
- FÜCHTBAUER H (1988) Sedimentäre Ablagerungsräume. In: FÜCHTBAUER H (Hg) Sedimente und Sedimentgesteine. Sediment-Petrologie, Teil II, 4. Aufl., S. 865-960. Stuttgart.
- GEYER OF (1973) Grundzüge der Stratigraphie und Fazieskunde, Bd. 1. Stuttgart.
- HAUFF B & HAUFF RB (1981) Das Holzmadenbuch. 3. Aufl. Holzmaden.
- HAVLIK P, MAISCH M, MONTENARI M & RADEMACHER R (2003) Ausgrabungen des Ichthyosaurierfriedhofs von Eislängen. Der Landkreis Göppingen. Kreisarchiv und Kreisarchäologie. Chronik der Jahre 2001 und 2002, S. 80-84.
- JAKOB K (2005) Urzeitlicher Doppelschlag. Bild der Wissenschaft 5/2005, S. 54-58.
- KÖNIGSWALD W V, BRAUN A & PFEIFFER T (2004) Cyanobacteria and seasonal death: a new taphonomic model for the Eocene Messel lake. Paläont. Zeitschr. 78, 417-424.
- MAISCH MW (2003) Der Ichthyosaurierfriedhof von Eislängen. Naturwiss. Rdsch. 56, 649-654.
- OLSEN PE, KENT DV, SUES H-D, KOEBERL C, HUBER H, MONTANARI A, RAINFORTH EC, FOWELL SJ, SZAJNA MJ & HARTLINE BW (2002) Ascent of Dinosaurs Linked to an Iridium Anomaly at the Triassic-Jurassic Boundary. Science 296, 1305-1307.
- SCHLEGELMILCH R (1992) Die Ammoniten des süddeutschen Lias. 2. Aufl. Stuttgart etc.
- STEPHAN M (2002) Der Mensch und die geologische Zeittafel. Warum kommen Menschenfossilien nur in den obersten geologischen Schichten vor? Holzgerlingen.
- ZIEGLER PA (1990) Geological Atlas of Western and Central Europe. Shell Internationale Petroleum Maatschappij. Amsterdam-Den Haag.
- Informationen zu Forschung und Publikationen von M. Montenari: www.microstructure.uni-tuebingen.de/montenari
Pressedienst Forschung Aktuell 07/2004 der Eberhard Karls Universität Tübingen. <http://www.uni-tuebingen.de/uni/qvo/pd/pd2004/pd-2004-07.html>