Der Ichthyosaurier vom Hauensteiner Nebelmeer : wie eine Kopflandung die Wissenschaft Kopf stehen lässt

Autor(en): **Hänggi, Hannes / Reisdorf, Achim G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen / Naturforschende Gesellschaft des Kantons Solothurn**

Band (Jahr): **40 (2007)**

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-543333

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Der Ichthyosaurier vom Hauensteiner Nebelmeer

Wie eine Kopflandung die Wissenschaft Kopf stehen lässt.

Hannes Hänggi in Zusammenarbeit mit Achim G. Reisdorf

Adresse der Autoren

Hannes Hänggi
Redaktor
Falkenstrasse 111
CH-4106 Therwil, Schweiz
E-Mail: hannes.haenggi@bluewin.ch

Achim G. Reisdorf
Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel
Bernoullistrasse 32
CH-4056 Basel, Schweiz
E-Mail: achim.reisdorf@unibas.ch

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkung 9

2. Einleitung
   Infobox – Naturmuseum Olten 9

3. Saurierexperte fand die ersten Hinweise 9

4. Ein Zufall macht den Fund erst komplett 9

5. Im Labor kommt Überraschendes zu Tage 10

6. Schädel vereint viele Superlative auf sich
   Infobox – Was sind Ichthyosaurier? 11

7. Interdisziplinäre Zusammenarbeit 12

8. Die wenigsten toten Lebewesen sind schwimmfähig 12

9. Hauensteiner Ichthyosaurier überdauerte im Sarkophag 14

10. Abbildungen 15

Der Ichthyosaurier vom Hauensteiner Nebelmeer

Wie eine Kopflandung die Wissenschaft Kopf stehen lässt.

1. Vorbemerkung

Die Erläuterungen zu den Textnoten finden sich in REISDORF (nachfolgender Artikel dieses Heft).

2. Einleitung

Er konnte nicht ahnen, dass seine Kopflandung den Forschern später Kopfzerbrechen bereiten würde. Damals, vor 190 Millionen Jahren, wimmelte es von Leben in den Meeren. Wie kleine U-Boote mit Tentakeln schwebten Ammoniten durch das lichtdurchflutete Wasser. Der Wasserströmung folgend wiegten sich Seelilien hin und her und filterten Nahrung aus dem Wasser. Den Boden belebten Muscheln, Würmer und Krebse. Über ihnen zogen Belemniten, Fische und Ichthyosaurier ihre Runden. Es war der Kreislauf von Fressen und Gefressen werden. Starben Tiere, wurden ihre Überreste von Aasfressern verwertet oder im Meerwasser aufgelöst und so wieder dem Kreislauf zugeführt. Dass die Überreste von Wirbeltieren länger als ein paar Jahre im frühen Jurameer überdauerten, war sehr unwahrscheinlich. Hingegen erhielten sich Muschelschalen und Belemnitenrostren häufig, eingebettet im Gestein des heutigen Juragebirges, über 190 Millionen Jahre. In diesem Geschichtsbuch der Erde können Geologen lesen, wie die Welt früher ausgesehen hat und Lebensräume rekonstruieren. Aber manchmal scheinen sich Druckfehler in das geologische Geschichtsbuch eingeschlichen zu haben – Funde, die eigentlich gar nicht sein dürften.

Infobox – Naturmuseum Olten

Der Schädel und das postcraniale Skelett des Ichthyosauriers vom Unteren Hauenstein können im Naturmuseum Olten besichtigt werden:
Dienstag bis Samstag 14–17 Uhr, Sonntag 10–17 Uhr
Eine Multimediashow informiert über die Thematik.
http://www.naturmuseum-olten.ch

3. Saurierexperte fand die ersten Hinweise

Im Frühjahr 1999 stapfte Christian A. Meyer, Paläontologe und heutiger Direktor des Naturhistorischen Museums Basel, durch die Tongrube auf dem Unteren Hauenstein. Was vor 190 Millionen Jahren noch der Grund eines Meeres war, befindet sich heute rund 680 Meter über dem Meeresspiegel. Vor ungefähr fünf Millionen Jahren, als sich das Jurameer schon längst zurückgezogen hatte, wurden die marinen Sedimente im Zuge der alpinen Faltung zum Juragebirge aufgefaltet und damit in diese häufig nebelverhangene Höhe gehoben.
Deshalb wundert sich Christian A. Meyer auch nicht, dass er in der Hauensteiner Tongrube «sackweise» Belemniten und andere Fossilien findet. Es war kalt und Meyer suchte bei seiner Begehung eigentlich nichts Besonderes, als ihm an einem frischen Hangrutsch im oberen Teil der Grube eine seltsame Kalkkonkretion auffiel. «Ich erkannte sofort, dass es sich um die Reste eines Ichthyosauriers handelt», sagt Meyer heute. Im dunklen Gesteinsklumpen erkannte er Rückenwirbel und Rippen. Es handelte sich um einen Teil des postcranialen Skeletts eines Ichthyosauriers – jenen Knochen also, die im Anschluss auf den Schädel folgen (Abb. 1 und 16).

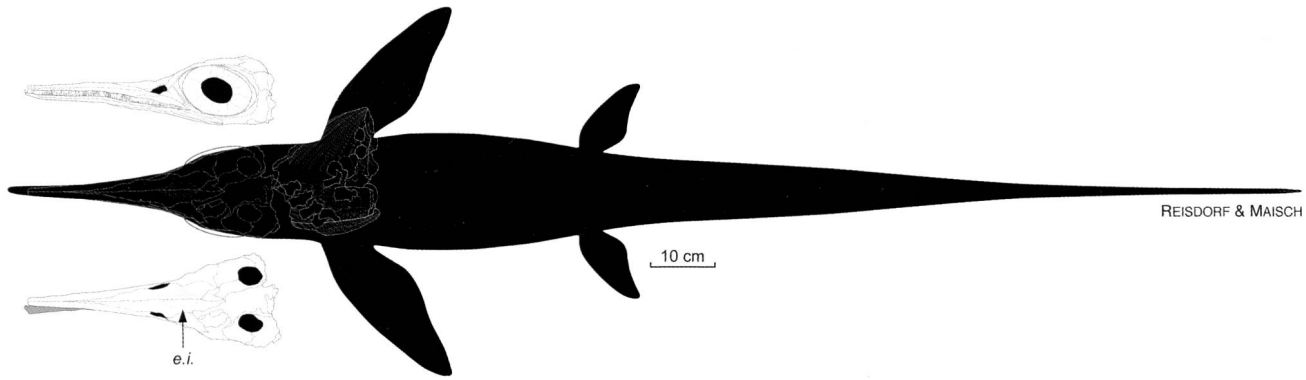
4. Ein Zufall macht den Fund erst komplett

Ein halbes Jahr später durchstieg Achim G. Reisdorf, Doktorand der Universität Basel, die Tongrube auf dem Unteren Hauenstein. Es war ein heisser Spätsommertag im September. Reisdorf hatte für seine Doktorarbeit im unteren Teil der Grube zwei Profile aufgenommen und wollte nun herausfinden, inwieweit diese mit einem weiter entfernten Profil im oberen Teil der Grube übereinstimmen. So stieg er schwitzend den Hang hinauf – ausgerechnet zum Fundort von Meyers Ichthyosaurier-Knochen. «Ich wusste zwar, dass Christian Meyer an dem besagten Rutsch die Konkretion mit den Resten des postcranialen Skelettes gefunden hat», erinnert sich Reisdorf, «ich wusste aber nicht, wo genau das war». Zudem wollte er

damals gar nicht nach weiteren Knochen suchen, sondern nur ein weiteres Profil in der Tongrube aufnehmen, sagt Reisdorf.
Eine merkwürdige Vertiefung in der Gesteinschicht, die als Rutschfläche diente, interessierte Reisdorf. Wie der Zufall es wollte, setzte er genau am Fundort des postcranialen Skelettes Hammer und Meissel an. Dabei fand Reisdorf weitere Reste des Ichthyosauriers: Rippenbruchstücke, Paddelknochen und vor allem einen der beiden Sklerotikalringe, gleichbedeutend den vielleicht eindrucksvollsten Bestandteilen eines Ichthyosauriersschädels. Diese im Durchmesser fast zehn Zentimeter grossen Knochenringe umgaben die Augen des urzeitlichen Tieres (Abb. 2 und Textbox «Was sind Ichthyosaurier?»)[2]
Der Fund des Ichthyosaurier-Schädels löste einige Betriebsamkeit aus. Peter F. Flückiger vom Naturmuseum Olten liess die Fundstelle absichern und organisierte nach Rücksprache mit dem Kantonsgeologen Peter Jordan und mit der finanziellen Unterstützung durch den Lotterie-Fonds des Kantons Solothurn die fachgerechte Bergung sowie die Präparation des Fundes. Im Juni 2000 wurde dann der Schädel durch Christian A. Meyer, Samuel Boll, Ina Groebke, Achim G. Reisdorf, Hans-Rudolf Rüegg, Basil Thüring und Willy Tschudin von der Universität Basel geborgen.[3]
Das Überraschende war, dass der Schädel nicht schichtparallel im Sediment eingebettet war wie das gewöhnlich der Fall ist, sondern senkrecht und vermeintlich in gleich drei Gesteinsschichten steckte (Abb. 3). Zudem war der Schädel nicht flachgedrückt, sondern dreidimensional erhalten – ein so bislang noch nie da gewesener Fund, der heute im Naturmuseum Olten liegt, aber noch längst nicht all seine Geheimnisse preisgegeben hat.
Im Winter 2005 steht Achim Reisdorf wieder in der verschneiten Tongrube auf dem Unteren Hauenstein. Eisig bläst der Wind und das sonst weiche Tongestein ist bocksteif gefroren. Immer wieder abrutschend steigt Reisdorf zur Fundstelle empor. Hier war es also? – «Ja», sagt Reisdorf, «aber eine neue Rutschung hat die Stelle wieder bedeckt. Ob ich da unsere Grabungsstelle sofort wieder finden würde...?» Der Doktorand dreht sich um und geht durch das nebelige Winterwetter zurück zum Auto. Nun kann er die Arbeit nur noch im Labor fortsetzen. Über die schneebedeckte Fahrbahn rutschend fährt Reisdorf nach Trimbach.

5. Im Labor kommt Überraschendes zu Tage

Dort, am Fuss des Hauensteins, betreiben die Gebrüder Beat und Thomas Imhof ihr geowissenschaftliches Atelier. Die beiden Brüder haben sich auf die Präparation von Fossilien spezialisiert und sich in Fachkreisen einen klingenden Namen geschaffen. Unter anderem präparierten sie auch den Schädel des Hauensteiner Ichthyosauriers. Dabei wirkt das Atelier der Brüder unscheinbar. Versteckt in einem Hinterhof fällt das Licht aus der Werkstatt auf einen tristen Betonboden im Hof. Wasser staut sich in Löchern, die der Zahn der Zeit langsam in den Beton genagt hat. Hinter einer niedrigen, knarrenden Türe wird aber Forschung greifbar. Thomas Imhof beugt sich über ein Binokular. In seiner rechten Hand hält er einen mit Druckluft betriebenen Minimeissel, der fast wie ein Zahnarztbohrer surrt. In der Linken hält Imhof eine Kalkplatte aus Solnhofen und legt Millimeter für Millimeter die fossilen Knochen eines Fischs zu Tage. «Eine Geduldsarbeit», lacht Imhof und zündet sich eine Zigarette an. «Im Vergleich zum Ichthyo-Schädel ist das aber nicht der Rede wert.» Tatsächlich habe er zwischen 200 und 300 Stunden am Schädel gearbeitet. Besonders die Zähne des Tieres hätten ihm zu schaffen gemacht. Denn diese waren weicher als das umgebende Gestein, was nach einer besonders sorgfältigen Behandlung verlangte.
Als wäre diese Arbeit nicht genug gewesen, verlangten die Forscher zudem, dass er dem Schädel regelmässig kleine Proben für geochemische Analysen entnehmen sowie die verschiedenen Stadien der Präparation fotographisch dokumentieren soll (Abb. 12).[64] Auch das umgebende Gestein wurde markiert und für weitere Untersuchungen aufbewahrt, damit es später wieder zur Original-Konkretion zusammengesetzt werden konnte. Was – wie sich zeigen sollte – sehr wichtig sein wird. Denn der Schädel gibt trotz oder gerade wegen seiner ausserordentlich guten Erhaltung eigentlich nur Rätsel auf. «Was uns zuerst irritierte war, dass der Schädel senkrecht im Sediment steckte und nach dem Befund der Bergungskampagne gleich drei Biozonen zu durchstossen schien», sagt Achim Reisdorf. Damit hätte der Schädel mit der Schnauzenspitze eine geologische Schicht durchstossen, die im Extremfall bis zu zwei Millionen Jahre älter ist als die oberste Schicht, in welcher der Hinterkopf steckte.
So oder so scheidet eine allmähliche Sedimentbedeckung der Ichthyosaurierreste als Ursache für deren Fossilwerdung aus. «Ein solches Szenario ist nicht möglich», sagt Reisdorf, «denn es käme einem Wunder gleich, dass von Kopf und Brustkorb nach Millionen von Jahren ohne Einbettung und damit potentiellen Aasfressern, der Strömung und chemischen Lösungsvorgängen ausgesetzt überhaupt noch Knochenreste erhalten geblieben wären.»[4] Selbst unter der Annahme, dass der Schädel nur für einige Wochen bis Monate frei gelegen hätte, sei in dem lebensfreundlichen Milieu zumindest mit einer Auflösung von Knochenverbundstellen, Korrosionsspuren und mit Bewuchs durch wirbellose Tiere zu rechnen, fährt Reisdorf fort.[5]
Die Freude über den seltenen Fund weicht also bald einem munteren Rätselraten, das seltsame Hypothesen auslöst[6] und selbst Kreationisten auf den Plan ruft. Diese sehen im senkrecht im Sediment steckenden Saurierschädel ein probates Beweisstück für die Sintflut, denn «Ablagerungen, die über Jahrmillionen abgesetzt werden, können keine Fossilien enthalten…», wie eine kreationistische Zeitschrift schrieb.[7]



Silhouette des Leptonectes tenuirostris vom Unteren Hauenstein (Dorsalansicht).[66] Die Gestalt dieser Ichthyosaurierart wird treffend im Gattungs- und Artnamen wiedergegeben: Leptonectes = «schlanker Schwimmer», tenuirostris = «dünnschnäuzig». e.i. = excavatio internasalis. Lateral- und Dorsalansicht des Schädels umgezeichnet nach MAISCH & REISDORF (2006).

Infobox – Was sind Ichthyosaurier?[1]

Die Fischsaurier (Ichthyosauria) stellen eine formenreiche Gruppe ausgestorbener Reptilien aus dem Mesozoikum dar. Ihr Skelettbau zeugt von einer Abstammung von landlebenden Reptilien. Die ältesten Vertreter kennt man aus der Unter-Trias (ca. 245 Mio. Jahre), die jüngsten aus der Ober-Kreide (ca. 90 Mio. Jahre). Ichthyosaurier verkörpern eine eigenständige Reptiliengruppe, sie gehören folglich nicht zu den Dinosauriern. Bekannt sind über 30 Gattungen, deren Grössenspektrum von weniger als ein Meter bis deutlich über 20 Meter reicht. Einen derartigen Riesenwuchs brachte bislang keine andere marine Reptiliengruppe in der Erdgeschichte hervor. Vollständig an eine Existenz im Meer angepasst, erstreckte sich ihr Lebensraum bis in Polarregionen. Der Körper der meisten Ichthyosaurierarten ist durch eine klare Stromlinienform gekennzeichnet, viele ähnelten in ihrer Gestalt den heutigen Delfinen. Allerdings besassen Ichthyosaurier noch vier zu Flossen umgewandelte Extremitäten. Dank aussergewöhnlicher Erhaltungsweise («Weichteilerhaltung») konnte bei einigen Exemplaren eine dreieckige Rückenfinne und eine halbmondförmige Schwanzflosse direkt nachgewiesen werden. Durch die Biegeeigenschaften einer Reptilienwirbelsäule vorgegeben hatten Ichthyosaurier eine vertikal stehende Schwanzflosse. Die Schnauze war lang und in der Regel bezahnt. Gemäss ihrer Reptiliennatur besassen Ichthyosaurier Lungen. Aufgrund ihrer vollkommen aquatischen Lebensweise waren sie lebendgebärend, genau gesprochen ovovivipar, wie das entsprechende Funde darlegen. Besonders die posttriassischen Ichthyosaurier lassen sich als agile und ausdauernde Schwimmer sowie effiziente Taucher charakterisieren. Einzigartig im Wirbeltierreich sind bei Ichthyosauriern die Relationen der Körpergrösse zu den Augäpfeln. Ichthyosaurier besassen nicht nur proportional zur Körpergrösse die grössten Augäpfel, mit 260 mm – nachgewiesen bei einem Exemplar der Gattung Temnodontosaurus – stellen sie sogar die grössten jemals bei einem Lebewesen festgestellten Augapfel-Durchmesser. Diesem wahrscheinlich äusserst sensitiven Sinnesorgan stand ein eher urwüchsiger Gehörapparat entgegen, der – wenn überhaupt – in einem nur geringen Masse auf akustische Reize ansprach. Die Orientierung im Raum erfolgte also vornehmlich über den Sehsinn. Ichthyosaurier waren Raubtiere und ernährten sich allen Anschein nach hauptsächlich von Kalmaren. Funde von höheren Wirbeltieren im fossilisierten Mageninhalt von Fischsauriern gibt es dagegen kaum.

6. Schädel vereint viele Superlative auf sich

Zurück in Basel sitzt Achim Reisdorf in seinem Büro am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität. Der Raum gleicht einem engen Schlauch, der vom Boden bis zur Decke mit Büchern, Ordnern und Steinen vollgestopft ist. Nur eine kleine Arbeitsfläche ist nicht belegt. Dort, vor dem Computer, versucht Reisdorf dem Rätsel des Ichthyosauriers auf die Spur zu kommen. Mit wenigen Klicken mit der Computermaus ruft Reisdorf eine Datei auf, die sich «Steckbrief des Hauensteiner Ichthyosauriers» nennt. «Das ist bekannt», sagt Reisdorf und erklärt, was er bereits weiss: So handelt es sich beim Hauensteiner Ichthyosaurier um einen Vertreter der Art *Leptonectes tenuirostris*. Der Tübinger Wirbeltierpaläontologe Michael W. Maisch hat dies neben weiteren wichtigen Details herausgefunden. Das subadulte Tier war rund 1,90 Meter lang und lebte in der Zeit des Lias vor ungefähr 190 Millionen Jahren.[8, 55d] Diese nach geologischen Gesichtspunkten zeitlich genaue Einordnung der Saurierreste wurde aber erst in einer zweiten Grabungs-

kampagne möglich, die im Sommer 2003 stattfand.[9] Bei dieser Grabung wurden neben weiteren Ammoniten auch Ostracoden geborgen, mit denen die Datierung wesentlich verfeinert werden konnte (siehe Abb. 3).[10] Die Bestimmungen erfolgten hier durch Rudolf Schlatter, Leipzig, und Elke Beher, Heidelberg.
Mit dem Fund am Hauenstein kam damals der erst fünfte Ichthyosaurier-Schädel aus der Zeit des Lias in der Schweiz zum Vorschein. Heute sind es nunmehr sechs. Gleichzeitig stellt der Fund den weltweit bislang jüngsten Nachweis der Gattung *Leptonectes* dar. Die Art *Leptonectes tenuirostris* selbst avanciert zur stratigraphisch langlebigsten posttriassischen Ichthyosaurierart.[11] Damit der Superlative aber noch nicht genug: Der Ichthyosaurier vom Hauenstein ist auch der weltweit besterhaltene und vollständigste seiner Zeitepoche. Und – Reisdorf hat es bereits angedeutet – der Schädel ist dreidimensional erhalten. Denn normalerweise werden grössere «perfekt» erhaltene Wirbeltierfossilien unter der Last der später auflagernden Sedimente stark zusammengedrückt. Von einem einst stattlichen Tier bleibt dann gewöhnlich nur noch ein wenige Millimeter bis Zentimeter flaches Fossil zurück.[12, 52]

7. Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Die «obligatorischen Fragen» zu Name, Alter und Schichtzugehörigkeit waren rasch gelöst. Nur wie kommt es, dass ein fossiler Schädel durch drei Gesteinsschichten hindurchstösst, dreidimensional und vollständig erhalten bleibt, und nicht zum Beispiel von Aasfressern vollständig abgebaut wurde? «Ich habe dazu die interdisziplinäre Zusammenarbeit gesucht», sagt Achim Reisdorf. Das klingt fast untertrieben, denn Reisdorf suchte nach Antworten in nicht weniger als 16 Disziplinen. Sedimentologie, Meeresbiologie und Mikropaläontologie scheinen da noch nachvollziehbar. Reisdorf zog aber beispielsweise auch Erkenntnisse aus der Walfang-Industrie, Rechts- und Veterinärmedizin, Gynäkologie, U-Boot-Technik und sogar der Inquisition zu.[13]
Grundsätzlich ging Reisdorf davon aus, dass der Ichthyosaurier tot war, als er in das Sediment eindrang.[14] Sieht man jedoch den Tod des Ichthyosauriers als gegeben und als Ausgangspunkt für alle weiteren Szenarien an, so stellen sich sofort Widersprüche mit gängigen Denkmodellen der Paläontologie ein. Nicht zuletzt darin liegt aber die besondere Bedeutung des Hauensteiner Ichthyosauriers:[15] Die vielfältigen Widersprüche lassen sich grundsätzlich verallgemeinern und geben den Impuls, einschlägige Hypothesen zum Beispiel über Einbettungsmechanismen, spezifisches Körpergewicht und Tauchphysiologie fossiler mariner Lungenatmer zu hinterfragen. Widersprüche deshalb, weil posttriassische Ichthyosaurier – und ein solches ist das Hauensteiner Reptil – unmittelbar nach ihrem Tod zunächst an der Oberfläche getrieben sein sollen.[16] Je nach Erhaltungszustand der Fossilien wird eine kurze oder längere Driftzeit der Tiere angenommen. In der Regel werden nur isolierte Skelettelemente von Ichthyosauriern gefunden.[17] Weisen die Knochen und das Einbettungsmedium keine Spuren von Aufarbeitungsvorgängen auf, dann wird zumeist ein langanhaltendes Treiben an der Wasseroberfläche eines Kadavers als wahrscheinlich angenommen. Der dort allmählich voranschreitende Zerfallsprozess eines durch Strömung und Wind transportierten Kadavers soll dann ein grossflächiges Streufeld seiner Skelettelemente bewirken.[18] Im Falle weitgehend vollständiger Ichthyosaurier-Skelette wird hingegen auf eine kurze Driftzeit geschlossen.[19]
Erst durch Meerwasser, das in die Lungen einzuströmen beginnt, soll der Kadaver schwer genug werden, dass er auf den Meeresgrund absinken kann. «Diese Hypothese wurde im letzten Jahrhundert aufgestellt und nie wirklich angezweifelt.», sagt Reisdorf. Tatsächlich geistert seit Jahrzehnten immer dasselbe postmortale Szenario durch die wissenschaftliche Literatur, welches einen Ichthyosaurier an der Wasseroberfläche treibend darstellt.[20] Nach und nach wird der Kadaver skelettiert, die Knochen lösen sich und sinken zum Meeresgrund.[21] Nur wenn vor den Zerfallsprozessen Meerwasser rasch genug in die Lungen einzuströmen beginnt, sinke ein Leichnam als Ganzes auf den Grund. «Diese Annahme hat sich in der Paläontologie bis heute hartnäckig gehalten, obwohl aus rechtsmedizinischen Versuchsreihen seit über 100 Jahren das Gegenteil bekannt ist», kritisiert Reisdorf.[22]
Reisdorf überprüfte nun die paläontologischen Hypothesen zum Driften und Absinken von Ichthyosauriern. Dazu ging er der Frage nach, unter welchen Bedingungen Wasser in die Lungen eines Leichnams einströmt (Abb. 4). Der erstaunliche Befund: nur unter ganz eng gesetzten Voraussetzungen. Im Wesentlichen dann nämlich, wenn der umgebene Wasserdruck gross genug ist, um Wasser in die Lungen zu drücken – an der Wasseroberfläche, wie es die in der Paläontologie präsente Hypothese besagt, ist das bestimmt nicht der Fall. Normalerweise bleiben die Lungen eines an der Wasseroberfläche treibenden Leichnams «trocken», wenn die Todesumstände nicht mit einem Ertrinken im Zusammenhang stehen.[24] In die Lunge einströmendes Wasser konnte also den Ichthyosaurier nicht auf den Meeresgrund sinken lassen.

8. Die wenigsten toten Lebewesen sind schwimmfähig

Aber, so fragte sich Reisdorf, trieb das tote Tier überhaupt an der Wasseroberfläche? – Antworten fand er im Jagdwesen und der Veterinärmedizin. Erlegen Walfänger einen Wal, so müssen sie das getötete Tier sofort mit Pressluft aufpumpen, damit es nicht in den Tiefen des Ozeans versinkt.[25] Japanische Walfänger machen sich aber gerade die Eigenschaft des Zubodensinkens zu nutze, indem sie die toten Tiere an bestimmten Stellen am Meeresgrund zwischenlagern und damit die Auswirkungen von Fäulnisprozessen vermindern.[26] Allein dieses Beispiel zeigt, dass das spezifische Gewicht haar- oder federloser mariner Lebewesen mit

rascher Fortbewegungsweise in der Regel schwerer als von Meerwasser ist.[27, 29c] Im Klartext bedeutet das, dass solche Tiere – ob tot oder lebendig – ohne ausreichende aktive oder passive Bewegung sofort absinken (Abb. 5 und Tab. 1).[30]

Das Bild eines unmittelbar nach dem Tod an der Wasseroberfläche treibenden Ichthyosaurierkadavers stimmt so also nicht. Marine Lungenatmer nutzen nun ihre Lunge als Auftriebs- und Tarierungsorgan.[31] So haben Forscher festgestellt, dass bei agilen marinen Wirbeltieren beim Tauchen sowohl der Brustkorb als auch die Lungen aufgrund des hydrostatischen Druckes zusammengedrückt werden.[32] So findet bei Delfinen ein vollständiger Lungenkollaps in einer Wassertiefe von 70 Metern statt. Bei Meeresschildkröten geschieht dies um 90 Meter Tiefe, bei Blauwalen hingegen schon 30 Meter unter dem Meeresspiegel.[33] Delfine und viele Ichthyosaurierarten ähneln einander stark in ihrer Körperform.[34] Auch der Aufbau des Brustkorbes weist viele Gemeinsamkeiten auf: Die langen, gekrümmten Rippen der Ichthyosaurier stehen ebenso wie die bei Delfinen nur in einem lockeren Verbund mit der Wirbelsäule.[35] Deshalb ist auch beim Ichthyosaurier vom Hauenstein mit einer ausreichenden Flexibilität des Brustkorbes zu rechnen, die eine Verringerung des Lungenvolumens bei zunehmenden Wasserdruck ermöglicht. Das auf der linken Seite gestauchte und auf der rechten Seite entsprechend «aufgefächerte» Erscheinungsbild der Rippenstellung im überlieferten postcranialen Skelett unterstützt diese Hypothese (siehe Abb. 1).

Somit ist es also viel wahrscheinlicher, dass der Hauensteiner Ichthyosaurier unmittelbar nach dem Eintritt des Todes abzusinken begann. Mit zunehmender Absinktiefe wurden Brustkorb und Lungen immer stärker zusammengedrückt. Da dieser Vorgang die Tarierungsfunktion der Lunge ausser Kraft setzte, erfolgte allmählich eine Verlagerung des Körperschwerpunktes Richtung Kopf: Bestimmte Ichthyosaurier, so auch Leptonectes tenuirostris, hatten einen beträchtlichen Schädel und grosse Vorderpaddel. Als Resultat dessen sanken solche Kadaver offenbar häufig kopfvoran dem Meeresgrund entgegen (Abb. 6).[37]

Aus welcher Position in der Wassersäule der Hauensteiner Ichthyosaurier etwa zum Meeresgrund sank, kann man ohne weitere Untersuchungen aber noch nicht sagen. Ein Maximalwert lässt sich bei ca. 30 Meter festsetzen.[39] Die Absinkgeschwindigkeit dürfte aber 1.5 m/s nicht wesentlich überschritten haben.[40] Fest steht jedoch, dass sich der Kadaver in noch weiches Sediment rammte. Wie der Basler Sedimentologie-Professor Andreas Wetzel herausfand, durchwühlten in mehreren Etappen ganz verschiedene Organismen das diskontinuierlich abgelagerte Sediment. Aus der speziellen Form ihrer Grab- und Wohnbauten lässt sich rekonstruieren, dass das Sediment zur fraglichen Zeit noch eine «Konsistenz zwischen Götterspeise und Mayonnaise» aufgewiesen haben muss.[41]

Weshalb der Ichthyosaurier «lediglich» in eine Schicht und damit «nur» der vordere Teil seines Körpers eindrang, lässt zumindest zwei Deutungsmöglichkeiten zu. Zum einen kann die Eindringtiefe vom darunterliegenden Sediment aufgrund seiner höheren Festigkeit limitiert worden sein. Zum anderen könnte der Ichthyosaurier aufgrund seiner grossen Vorderpaddel nur bis zum vorderen Rumpf in das Sediment eingedrungen sein. Die ausladenden Flossen stoppten also das weitere Eindringen des Kadavers in das Sediment (Abb. 6 und 15). «Welche der beiden Möglichkeiten den Ausschlag gab ist schwierig zu entscheiden. Vielleicht war die Kombination aus beiden Möglichkeiten massgebend» erläutert Reisdorf.[42]

Der Rest des Tieres ragte also aus dem Meeresboden hervor. Dieser war rege belebt. Soweit man das aus rezenten Studien abzuschätzen vermag, dürften die nun einsetzenden Abbauprozesse trotz der lebensfreundlichen Bedingungen am Meeresgrund allerdings Monate in Anspruch genommen haben, also wesentlich länger, als dies beispielsweise in der Tiefsee der Fall ist.[43]

Nur der im Sediment steckende Kopf, der vordere Teil des Rumpfes und geringfügige Reste eines Vorderpaddels waren substantiell von Bodenströmungen, Aasfressern, bohrenden Organismen und chemischem Abbau abgeschirmt (Abb. 6).[44] Hätten damals keine Aasfresser am Meeresboden gelebt, so wäre der Kadaver dennoch durch die aufgetretenen Bodenströmungen skelettiert worden. Dies legen rechtsmedizinische Befunde aus der jüngeren Zeit nahe.[45]

Dass Knochen ohne eine Einbettung in Sediment aber in Meerwasser über Jahrzehnte erhalten bleiben können, das demonstriert der Fund eines Mini-U-Bootes, das Ende des Zweiten Weltkrieges in der Ostsee gesunken war. Als die Deutsche Marine das Boot nach 57 Jahren barg, waren die Gebeine der Besatzung im Innern des Bootes noch vollständig und ohne Anzeichen von Korrosion erhalten[46] – Aasfresser konnten auf lange Zeit nicht in das U-Boot-Innere vordringen. Der Ichthyosaurier wäre also ohne das Zutun von Aasfressern und Bodenströmungen, vor allem aber im Falle einer hohen Sedimentationsrate, vollständiger erhalten geblieben.

Dass während einer langen Zeitspanne nicht eingebettete Knochen im fossilen Bericht durchaus überliefert werden können, das beweisen zum Beispiel die zahlreichen Reptilienfunde vom Monte San Giorgio (Tessin). In dieser weltbekannten Fossillagerstätte werden die Reptilienskelette häufig vollständig, aber nicht mehr im anatomischen Zusammenhang, gefunden.[47] Für diese Fragestellung sind nun solche Skelette besonders aufschlussreich, die nicht auf der Seite, sondern auf dem Bauch oder Rücken liegend fossilisiert wurden. Häufig lässt sich bei genau solchen Exemplaren der Zerfall des Unterkiefers entlang der Knochennaht feststellen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn der Oberschädel zuvor auf dem Unterkiefer «lastete». Auseinandergeklappt liegen nun die Unterkieferäste beiderseits des Schädels auf der Schichtfläche.[48] Dies darf als Indiz dafür gewertet werden, dass der Schädel nicht von Sediment bedeckt am Meeresboden gelegen hat.

9. Hauensteiner Ichthyosaurier überdauerte im Sarkophag

Der Hauensteiner Ichthyosaurier ist in seiner Einbettungsweise kein Einzelfall (siehe Abb. 7 bis 11). Kopfwärtig eingebettete Ichthyosaurier finden sich in der Zeit von der Trias bis zur Kreide, d.h. nahezu in jeder Zeitepoche ihrer 155 Millionen Jahre währenden Existenz.[49] Die Kopflandung des Ichthyosauriers vom Hauenstein stellt also nichts Abnormes dar, dass sein Schädel aber vollständig und dreidimensional in sauerstoffreichen Sedimenten erhalten blieb, hingegen schon.[52] Dies ist jedoch direkt mit seiner im Tierreich bemerkenswerten Einbettungsart zu erklären.[53]

Dass der Hauensteiner Ichthyosaurier überhaupt als solches überliefert ist hängt nämlich unmittelbar mit seiner Kopflandung zusammen.[54] So muss schon sehr bald nach seinem «Einschlag» die Bildung einer schützenden Kalkkonkretion um den Schädel eingesetzt haben.[55] Die Zersetzungsprozesse des Kadavers etablierten ein chemisches Milieu, welches es erlaubte, Kalk um die eingebetteten Körperteile auszufällen.[56] Der Schädel wurde also in einer nach geologischen Massstäben recht kurzen Zeitspanne zunehmend von widerstandsfähigen Mineralien ummantelt, während das restliche Sediment noch immer stark verformbar war. Wie in einem Sarkophag abgeschirmt konnten so der Schädel und Teile des Brustkorbes die 190 Millionen Jahre bis heute überdauern. Wie Isotopenuntersuchungen des Schädels zeigten, wurde der Schädelinnenraum zuerst und die Schnauze zuletzt von der «Verkalkung» betroffen (siehe Abb. 12).

Exakt diese widerstandsfähige Kalkkonkretion gab nun Antwort auf die auf den ersten Blick irritierende Einbettungsweise der Ichthyosaurierreste, dass heisst ihrer relativen Position zum generellen Schichtverlauf – der Ichthyosaurierschädel also, der «vorgaukelte», postwendend bei seinem Aufprall auf dem Meeresboden gleich drei Sedimentschichten durchdrungen zu haben. Dank der sorgfältigen Präparationsarbeit von Thomas Imhof konnte aber das tatsächliche Geschehen rekonstruiert werden. Im Verlauf der Zeit lagerte sich immer mehr Sediment auf dem Meeresgrund ab, die Auflast erhöhte sich und presste das unterliegende Sediment zusammen – nicht so aber die druckresistente Kalkknolle mit dem Schädel im Innern. Die Auflast drückte die Knolle in zwei darunterliegende Schichten. Weil diese noch nicht verhärtet waren, konnte die Kalkknolle sie entsprechend verformen und zur Seite drängen (Abb. 13).[57]

Tatsächlich schmiegt sich eine dunkle, mergelige Schicht an die Konkretion (Abb. 14). Deutlich erkennbar sind in dieser normalerweise schichtparallel verlaufenden Mergellage auch Fossilien, die entsprechend dem Kompaktionsvorgang orientiert sind, teilweise sogar zerbrachen. Der Schädel wurde also nur in einer einzigen Sedimentschicht platziert und erst wesentlich später durch Druck und dank seiner unverwüstlichen steinernen Ummantelung wohlbehalten durch zwei weitere Schichten hindurchgedrückt – keine Spur von Sintflut, wie die Kreationisten noch gehofft hatten.[58]

Die Kalkkonkretion ermöglichte aber nicht nur eine «bewegte» Fossilisationsgeschichte der Ichthyosaurierreste. Sie ist – wie bereits angedeutet – dafür verantwortlich, dass der Hauensteiner Ichthyosaurier in nahezu undeformiertem Zustand über die Millionen Jahre und tektonischen Ereignisse kam.[59] Wesentlich «gestresster» waren da die vielen kopfwärtig in Tonstein eingebetteten Ichthyosaurier aus Südwest-Deutschland. Bei ihnen konnte das Gewicht nachfolgender Sedimentstapel vollumfänglich wirken (siehe Abb. 7, 8, 9, 11). Da solche speziell deformierten Funde einen nach rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten enormen Präparationsaufwand erfordern und sich so gar nicht in das Bild eines «perfekt erhaltenen Fossils» einfügen wollen, finden nur wenige dieser aussagekräftigen Stücke ihren Platz in den Ausstellungen. Dass wir diesen Fossilien nur so selten begegnen ist also ein reines Artefakt. Viele solcher Skelette zeigen eine verbogene oder gar zersplitterte Schnauze (siehe Abb. 8 bis 11). «Überhaupt ist der Schädel oft stark in Mitleidenschaft gezogen», sagt Achim Reisdorf. Ein weiteres Kompaktionsphänomen bei kopfgelandeten Ichthyosauriern wurde vom Paläontologen Freiherr von Huene vor 80 Jahren scherzhaft als «Katzenbuckel» bezeichnet (siehe Abb. 15).[60]

Acht Jahre nach der Entdeckung des Ichthyosaurierschädels vom Hauenstein scheinen also alle Fragen gelöst zu sein – wirklich alle? «Da gibt es schon noch Dinge, die mich beschäftigen.», sagt Achim Reisdorf. In seinem engen Büro zeigt er auf ein Foto, das an der Wand hängt, und den Saurierschädel von vorn portraitiert. «Weshalb gibt es diese längliche Vertiefung auf der Schädeloberseite?», fragt Reisdorf. Könnte diese als *excavatio internasalis* bezeichnete Schädeleinbuchtung[62] womöglich ein Hinweis darauf sein, dass dort und nicht an den Schädelseiten ein muskulöser Nasenverschluss ansetzte? Befand sich bei Ichthyosauriern dort eine Atemöffnung, die in ähnlicher Position auch bei bestimmten fossilen Vorfahren von Walen vorkam?[63]

Ungeklärt bleibt ferner, weshalb die mineralogische Zusammensetzung einer Phosphoritknolle aus dem Umgebungsgestein des Ichthyosauriers geradezu verblüffend mit der von rezenten menschlichen Knochen übereinstimmt, die Ichthyosaurierknochen selbst dagegen nicht.[64] Oder ganz «schlicht» die Frage, woran der Ichthyosaurier eigentlich starb.[65] «Ob wir das je herausfinden werden...?», fragt sich Reisdorf und schaltet mit einem Klick seinen Computer aus.

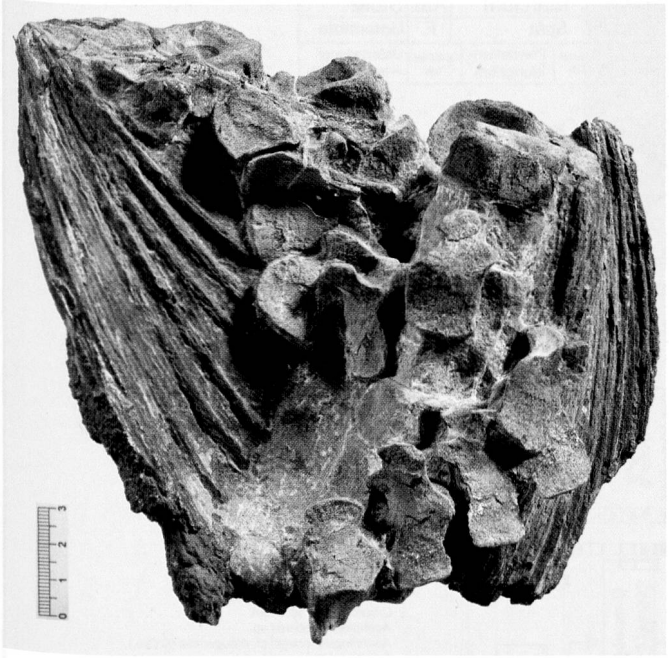


Abb. 1: Dorsalansicht des postcranialen Skeletts. Das postcraniale Skelett des Leptonectes tenuirostris vom Unteren Hauenstein ist nur zu einem geringfügigen Teil, d.h. auf einer Länge von 15 cm überliefert. Bis zur Schichtobergrenze (= Top der Konkretion) stehen die Wirbelkörper miteinander im anatomischen Verbund. Alle übrigen Wirbelkörper sind linienartig entlang der Schichtoberseite angeordnet. Sie stossen ± stark geneigt aneinander, z.T. überlappen sie sich dachziegelartig (siehe auch Abb. 16).[38] Foto: WOLFGANG GERBER (GPI Universität Tübingen).

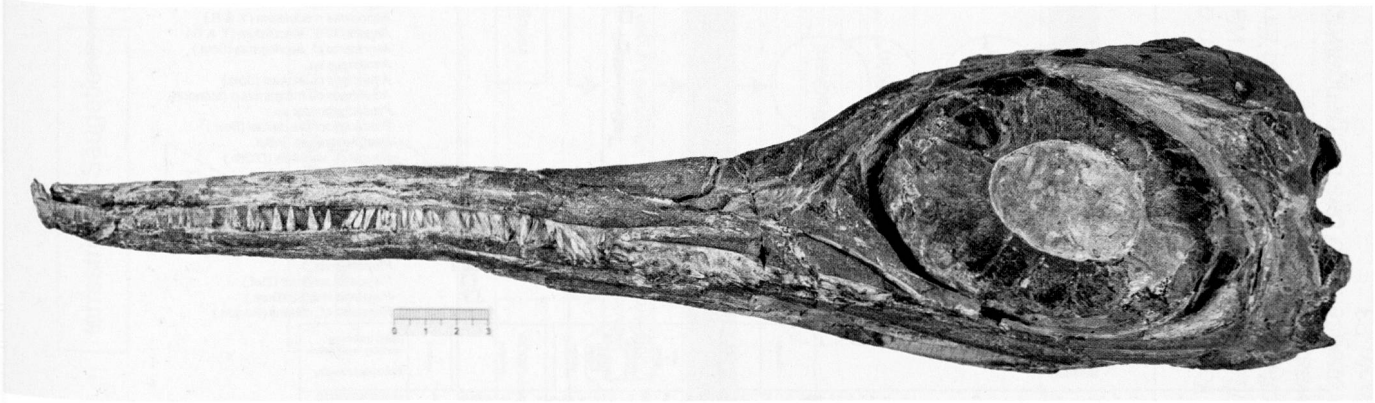
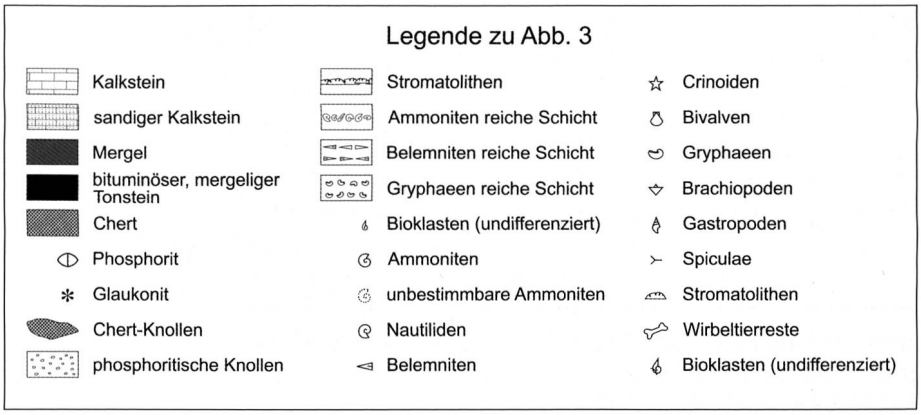


Abb. 2: Schädel des Leptonectes tenuirostris vom Unteren Hauenstein in rechter, lateraler Ansicht. Auf etwa halber Länge weist die Schnauze einen geringfügigen Knick auf (ca. 9°). Dieses Phänomen wie auch die anderswei-tig geringfügigen Deformationen des Schädels lassen sich auf diagenetische Prozesse (differenzielle Kompaktion) zurückführen.[2] Foto: WOLFGANG GERBER (GPI Universität Tübingen).



Profil Unter Hauenstein (SO; Schweiz)
Koord.: 632.800 / 248.000 und 632.880 / 248.100

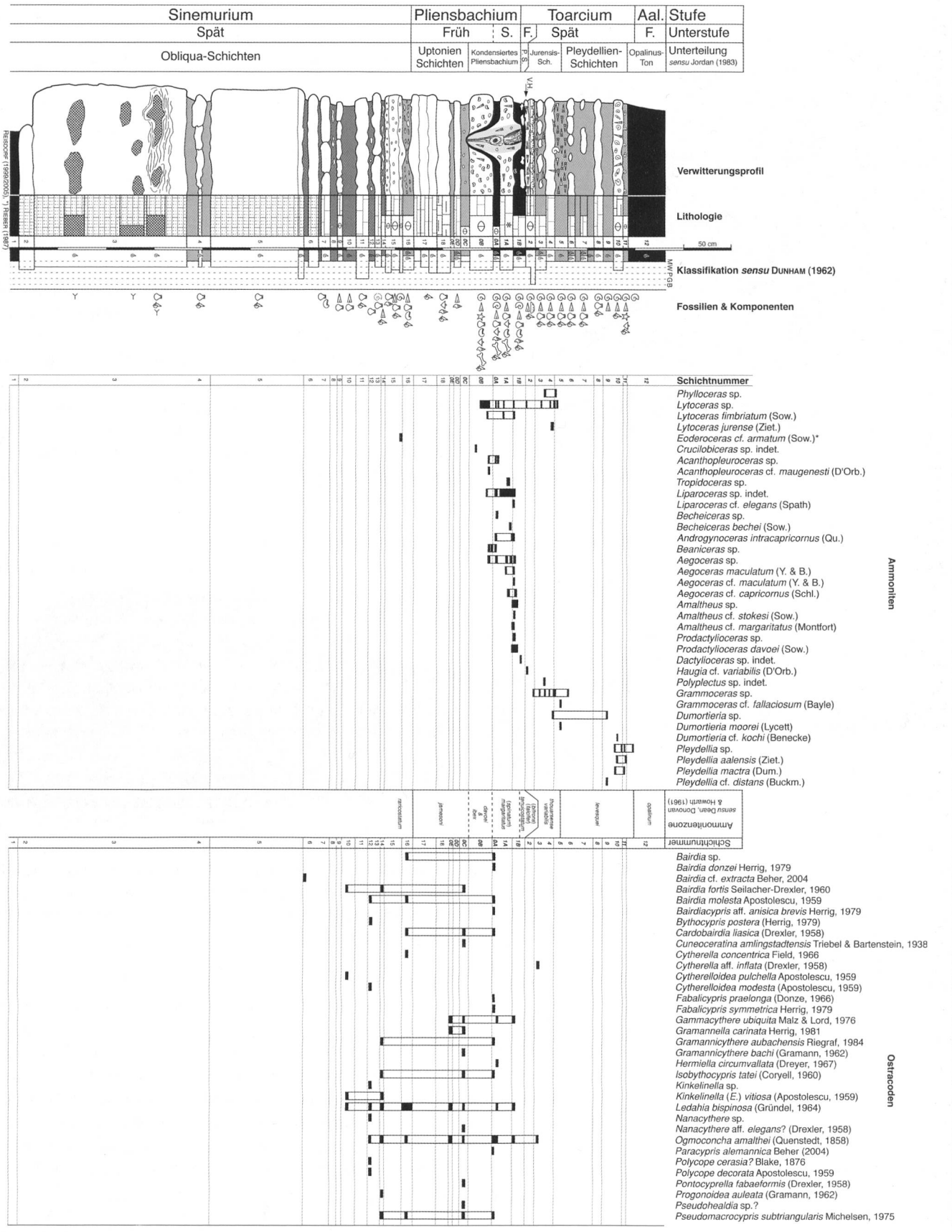


Abb. 3: Lias-Profil der Tongrube Unter Hauenstein. P.S. = Posidonienschiefer; V.H. = variabilis-Horizont. Die Ichthyosaurierreste befanden sich im Niveau der Schichten 0B bis 1A (vgl. Abb. 13). Abbildung leicht verändert nach MAISCH & REISDORF (2006).

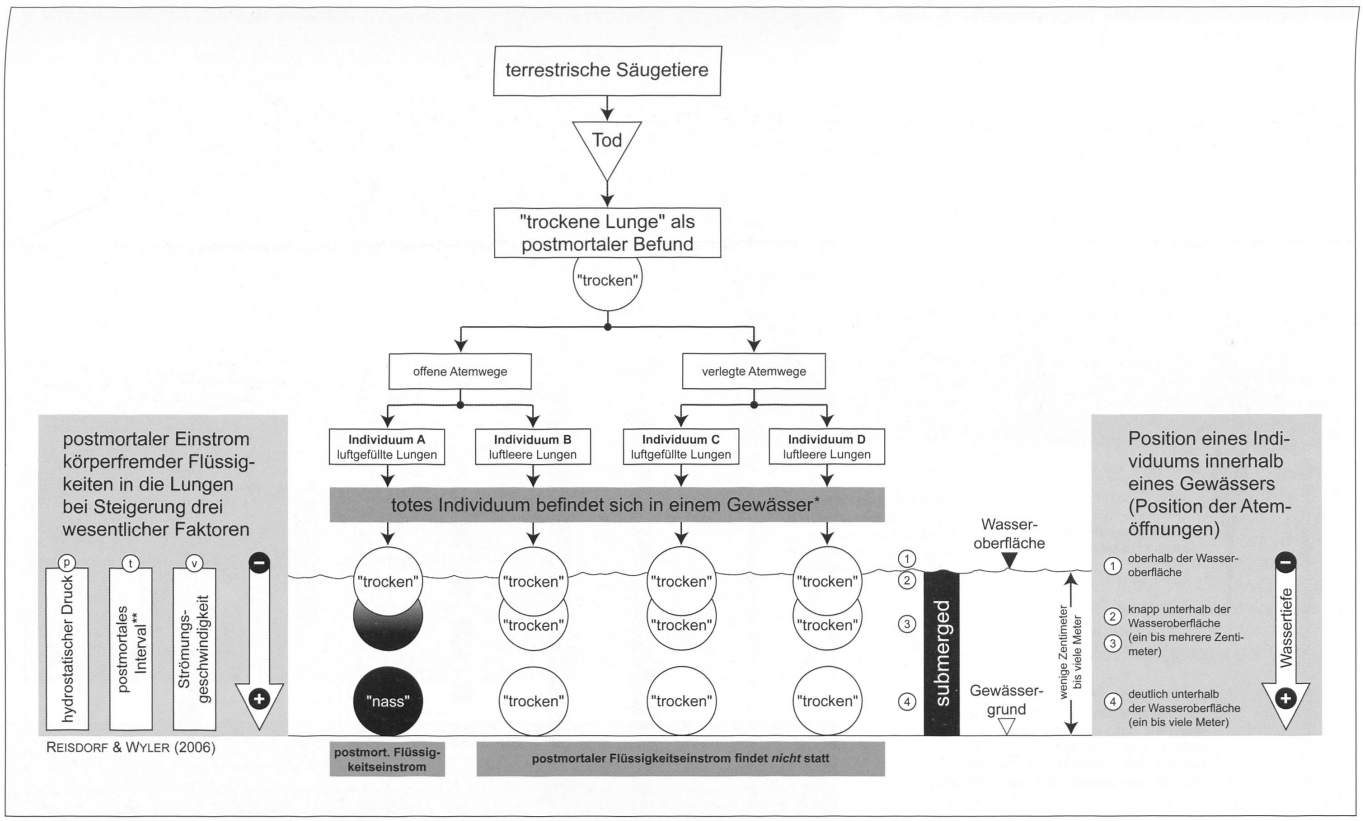


Abb. 4: Unter welchen Bedingungen findet nach dem Tod ein Flüssigkeitseinstrom in die Lungen statt?[86] *Aus den Befunden der Notfallmedizin und forensischen Untersuchungen geht hervor, dass ein postmortaler Flüssigkeitseinstrom nur unter Wasserbedeckung, luftgefüllten Lungen und offenen Atemwegen stattfindet. Die Osmolarität von Salzwasser und Süsswasser hat offenbar keinen wesentlichen Einfluss auf einen etwaigen Flüssigkeitseinstrom.*
**) Sämtliche Versuche wurden im respektive mit Süsswasser durchgeführt.*
***) Ohne Betrachtung von Verwesungs- oder Fäulnisprozessen, die das Lungengewebe zersetzen (deren Wirksamkeit steigt mit zunehmender Wassertemperatur, ist also variabel). Weitere Informationen unter Textnote 23.*

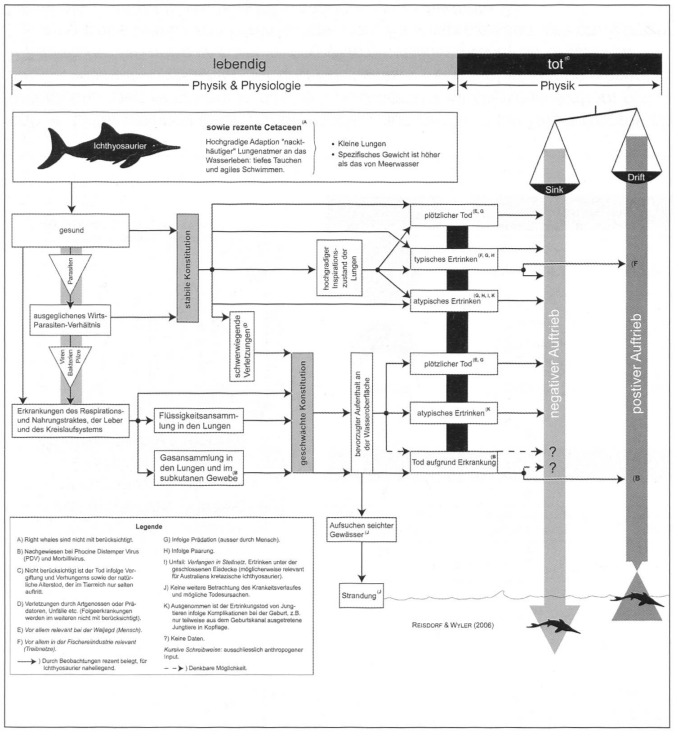


Abb. 5: Postmortales Sinken oder Driften?[66] Aus meeresbiologischen und veterinärmedizinischen Daten und Befunden geht hervor, dass Cetaceen auf offener See i.d.R. unmittelbar nach ihrem Tod zum Meeresgrund absinken. Ein positiver Auftrieb wird im wesentlichen nur durch ganz bestimmte Krankheitserreger erzeugt oder steht mit einem Ertrinken in Treibnetzen im Zusammenhang. Aufgrund der konvergenten Entwicklung[34] und taphonomischen Muster[28, 29a] der Ichthyosaurier kann für sie Gleiches angenommen werden. Bis auf wenige Ausnahmen lässt sich dieses Modell auch auf rezente wie fossile agile marine Lungenatmer mit auftriebswirksamer Körperbedeckung (Haarkleid) anwenden. Weitere Informationen unter Textnote 29.

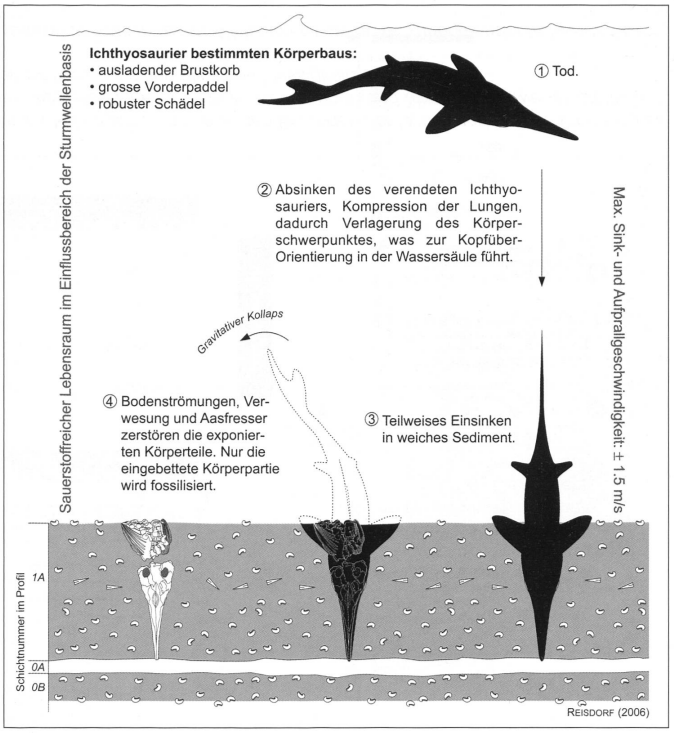


Abb. 6: Einbettungsmodell des Hauensteiner Ichthyosauriers.[38, 49c, 55d, 66] Erfahrungswerte aus der Rechtsmedizin und Meeresbiologie zeigen, dass ein Leichnam unter mässiger Wasserbedeckung infolge der Bildung von Fäulnisgasen wieder an die Wasseroberfläche gelangen kann.[18] Möglicherweise wurde dies im Falle des Hauensteiner Ichthyosauriers aufgrund seiner teilweisen Einbettung verhindert (vgl. PICCARD 1961: 124).

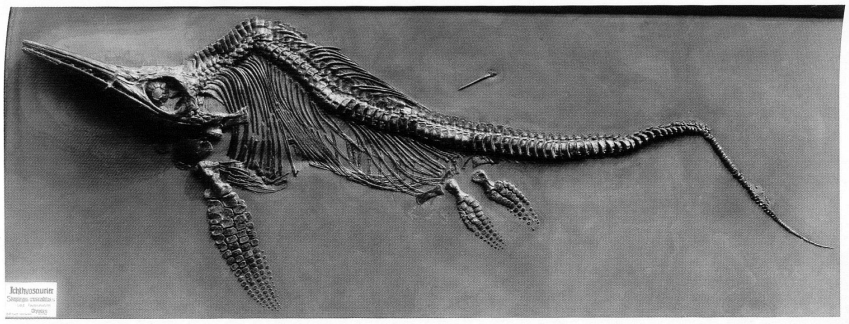


Abb. 7: «Stenopterygius crassicostatus» aus den Posidonienschiefern von Ohmden.[61] Länge der Platte: ca. 1,80 m. Heutiger Standort: Naturwissenschaftliche Sammlung Museum Wiesbaden, Kat. Nr.: Hk 493. Deutlich sichtbar sind der Rumpfknick und die divergierenden Rippen.[60] Der Schädel ist geringfügig vom Achsenskelett abgewinkelt, tritt aber deutlich aus der Plattenebene hervor. Das Rostrum weist einen durchgängigen Bruch auf (vgl. Abb. 15). Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Dr. MICHAEL APEL (Kustos der Naturwissenschaftlichen Sammlung des Museums Wiesbaden).

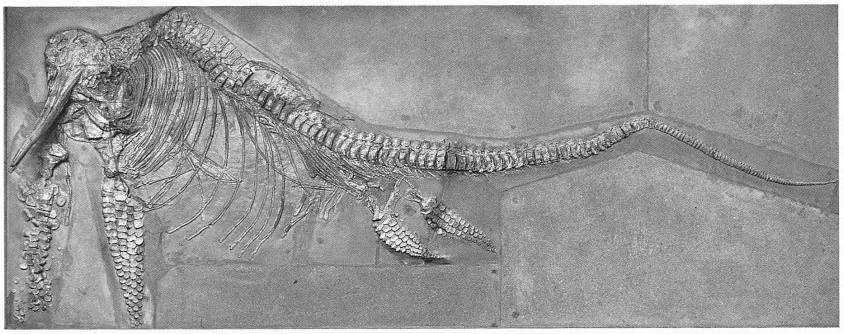
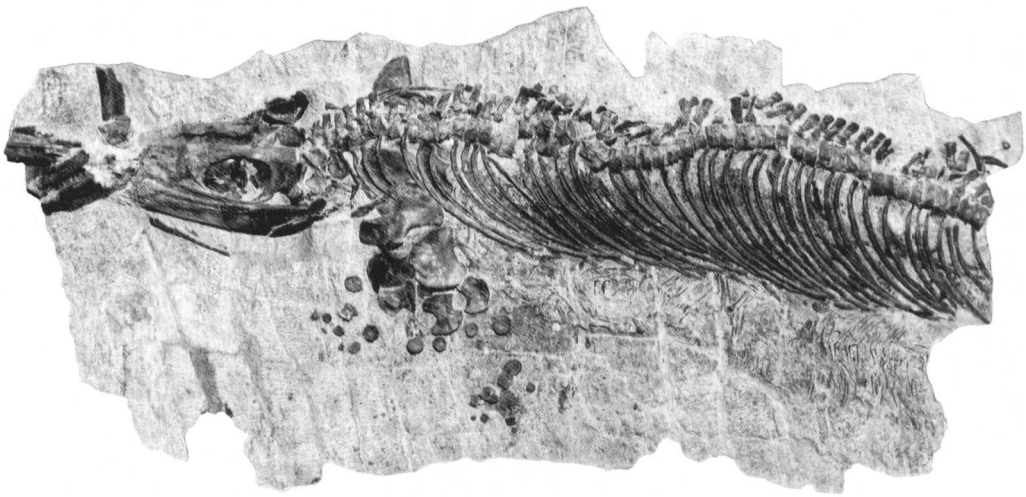


Abb. 8: Stenopterygius quadriscissus aus dem südwestdeutschen Posidonienschiefer. Länge der Platte: 3,02 m. Institut und Museum für Geologie und Paläontologie der Universität Tübingen, Kat. Nr.: GPIT 1491/5. Prominent ausgebildet sind der Rumpfknick und die divergierenden Rippen.[60] Das Rostrum ist deutlich vom Achsenskelett, d.h. aus der Plattenebene abgewinkelt, hat aber ± seine Form gewahrt (vgl. Abb. 9 bis 11, 15). Dementgegen wurde der restliche Schädel zu einer kreisförmigen «Masse» zusammengepresst. Bei dem Exponat handelt es sich um einen sogenannten «Wolpertinger« (= Komposit).[50] Foto: WOLFGANG GERBER (GPI Universität Tübingen), an dieser Stelle erstmals und mit freundlicher Genehmigung des Instituts und Museums für Geologie und Paläontologie der Universität Tübingen publiziert.

Abb. 9: «Stenopterygius crassicostatus»,[61] Fundniveau: Lias epsilon II10 («Falchen»), FO: Ohmden, Länge des präparierten Skeletts: 2,75 m. Fossiliengalerie MANFRED WOLF, Gutenberg-Lenningen, Fundmeldung: 6/83 MH Ohmden. Dieses Exemplar weist alle charakteristischen Merkmale eines kopfwärtig eingebetteten Ichthyosauriers mitsamt den in Schwarzschiefern typischen Kompaktionserscheinungen auf (siehe Abb. 15).[60] Reproduktion mit freundlicher Genehmigung von MANFRED WOLF (Gutenberg-Lenningen).

Abb. 10: Vorderes Teilskelett des Ichthyosauriers Cymbospondylus buchseri in einer Dolomitbank aus der Mitteltrias des Monte San Giorgio (Länge: 2,30 m; z.B. KUHN-SCHNYDER 1963: Taf. IV ; BRINKMANN 1994: Abb. 54). Ähnlich Abb. 11 weist das Rostrum eine starke bruchhafte Deformation auf. Fotographie dankenswerterweise zur Verfügung von Dr. WINAND BRINKMANN (Paläontologisches Institut und Museum der Universität Zürich).



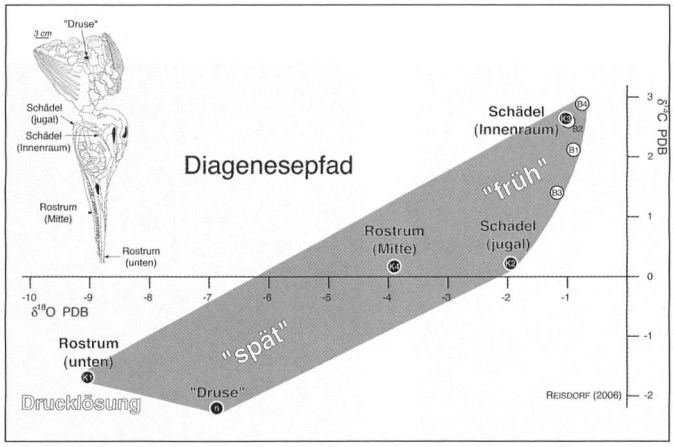


Abb. 12: Plot der Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotopenwerte,[66] die aus Schädelknochen des Hauensteiner Ichthyosauriers (K1 bis K4; Position der Probeentnahmepunkte siehe Skizze), aus Belemnitenrostren (B1 bis B4) und Kalzitkristallen (n) gewonnen wurden. Die Kalzitkristalle kleideten einen kleindimensionalen Hohlraum aus, der zwischen den Knochen des postcranialen Skeletts verblieben war («Druse»; siehe Abb. 18). Die Isotopensignaturen B1 bis B4 dienen aufgrund der weitgehend unveränderten Primärmineralogie der Belemnitenrosten als Referenzwerte (vgl. VEIZER 1974; HÜCKEL & HEMLEBEN 1976; BRANDT 1986b: 263f; SCHWEIGERT 1999). Mit Ausnahme von K3 weichen alle anderen Isotopensignaturen mehr oder weniger stark von denen der Belemniten ab. Diese Abweichungen widerspiegeln den Zeitpunkt ihrer letztmaligen diagenetischen Überprägung (vgl. C. TRUEMAN et al. 2003). Bezeichnend ist, dass die Schnauzenspitze eine spätdiagenetische Isotopensignatur besitzt: Sie war nicht von der Kalkkonkretion umhüllt und somit Drucklösungsvorgängen ausgesetzt. Am Exponat ist die diagenetische Überprägung der Schnauzenspitze in Form einer deutlichen Deformation und Korrosion des Knochenmaterials ersichtlich. Isotopenbestimmung durch Dr. CHRISTINE LATAL (Graz).

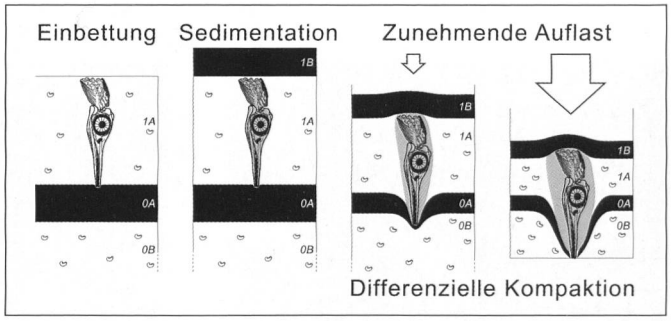


Abb. 13: Auswirkungen der differenziellen Kompaktion auf die die Ichthyosaurierreste umhüllende Kalkkonkretion relativ zum umgebenden Sediment und die darunter liegenden Schichten. Zu beachten ist, dass die Konkretion relativ nach unten bewegt wird. Die Schichtbezeichnung verweist auf die Schichtnumerierung in Abb. 3. Abbildung leicht modifiziert nach WETZEL & REISDORF (in press).

Abb. 11 (rechts): «Stenopterygius crassicostatus»,[61] Detailaufnahme von Abb. 9. Beispielgebend ist bei dem Exponat die schonende Ausführung der Präparationsarbeiten, bei der die Position der Skelettelemente und -fragmente beibehalten wurde und damit dem Fossil die volle wissenschaftliche Aussagekraft bewahrte.[51]
Die Schnauze zeigt eine starke bruchhafte Deformation. Die Wirbelsäule ist wenige Wirbel hinter dem Schädel aufgebrochen, mehrere Wirbelkörper sind disloziert.[60] Einer dieser herausgelösten Wirbelkörper trat aufgrund der differenziellen Kompaktionsvorgänge in den Schädel ein. In die linke Augenhöhle gequetscht verdrängte er den dazugehörigen Sklerotikalring (siehe auch Abb. 19). In Form eines dunklen Fleckes heben sich Reste des fossilisierten Mageninhalts deutlich vom Einbettungsmedium und den Bauchrippen ab (Vorsorglich wurden aber die Markasitaggregate aufgrund ihrer regelmässig mit Oxidationsvorgängen einsetzenden Ausblühungen entfernt). Reproduktion mit freundlicher Genehmigung von MANFRED WOLF (Gutenberg-Lenningen).

Stenopterygius, cf.S.crassicostatus,
Schwarzjura epsilon

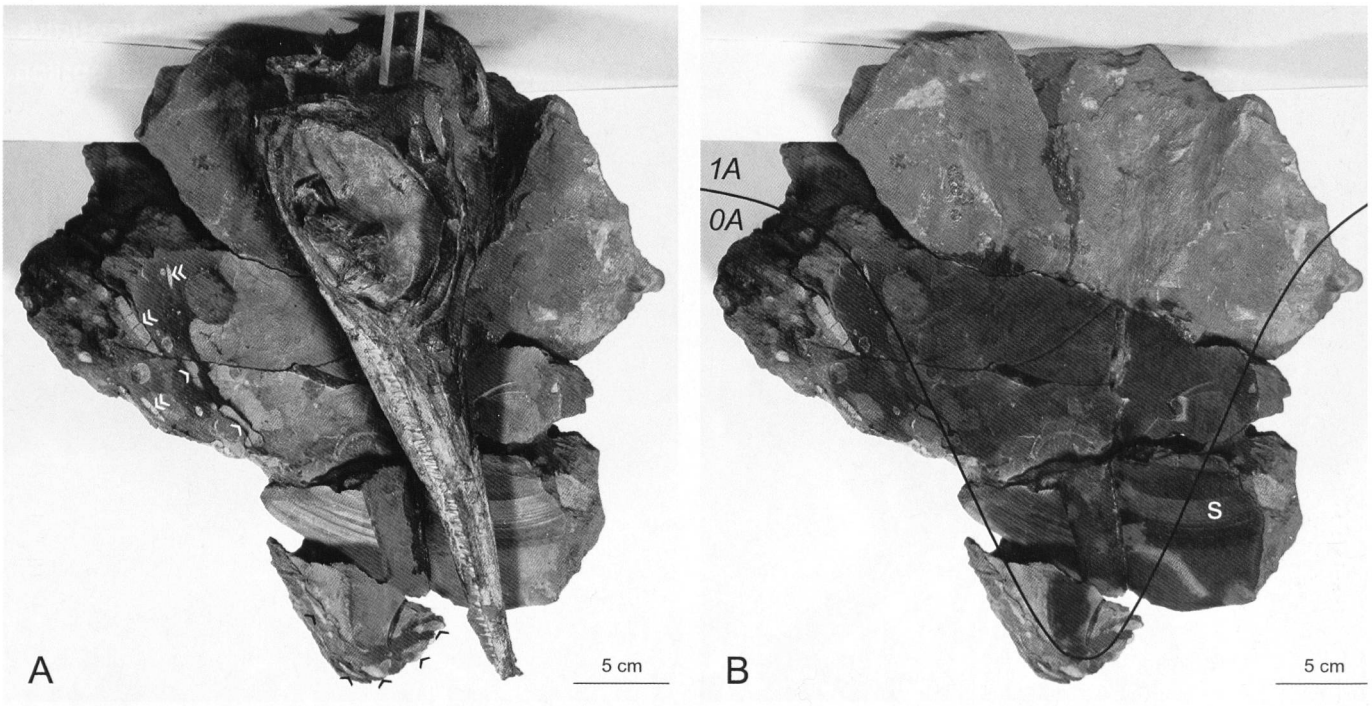


Abb. 14: Teilstück der Kalkkonkretion, die vormals den Hauensteiner Ichthyosaurierschädel umschlossen hatte. (A) Die Fotographie zeigt den Schädel im fortgeschrittenen Präparationszustand (vgl. mit Abb. 17). Der aus Schicht 1A hervorgehenden Kalkkonkretion haftet Material von Schicht 0A an. Darin enthaltene Belemniten (‹) und Phosphoritknollen (›) orientieren sich am unregelmässigen Schichtenverlauf und sind z.T. bruchhaft verformt. Der Verlauf der durch die Kalkkonkretion deformierten Schicht 0A geht aus (B) hervor (vgl. Abb. 13). Die Kalkkonkretion wurde im trockenen Zustand fotographiert. Für (B) wurde die Kalkkonkretion mit Wasser benetzt, um strukturelle Details des Gesteins besser sichtbar zu machen. Bei guter Haftbarkeit des Wassers erscheint das Gestein in einer dunkleren Farbgebung. «s» markiert eine Sägespur, die bei der Freilegung des Ichthyosaurierschädels erzeugt wurde. Abbildung leicht verändert nach WETZEL & REISDORF (in press). Fotos: WOLFGANG GERBER (GPI Universität Tübingen).

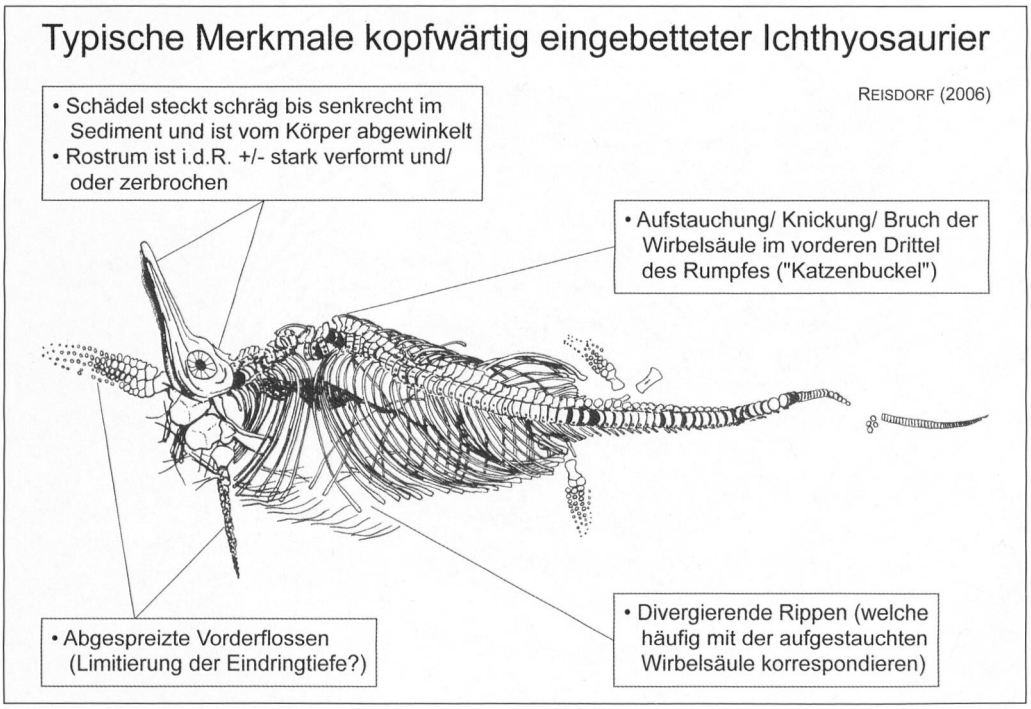


Abb. 15: Typische Merkmale kopfwärtig eingebetteter Ichthyosaurier («Kamikaze-Ichthyosaurier»)[66] erläutert am Beispiel eines «Stenopterygius crassicostatus"»aus den Posidonienschiefern von Holzmaden.[61] In Übereinstimmung mit diesen Merkmalen wurde auch beim Leptonectes tenuirostris vom Unteren Hauenstein im vorderen Drittel des Rumpfes die Wirbelsäule disloziert.[60] «St. crassicostatus» aus HOFMANN (1958: Taf. 2, Abb. 1). Reproduktion mit freundlicher Genehmigung von Dr. KYAW WINN (Kiel, Schriftleitung Meyniana).