

# Bartenwale mit Zähnen

von Johannes Albers

Unter heutigen Walen stellt sich die Unterscheidung zwischen den beiden rezenten Unterordnungen, den Zahnwalen und den Bartenwalen, einfach dar. Schon die Bezeichnungen drücken aus, worauf es ankommt: Zahnwale tragen im Maul Zähne (wenn auch manchmal nur im Zahnfleisch verborgen), Bartenwale hingegen fransige Hornlamellen (Barten) im Oberkiefer. Aber schon bei heutigen Bartenwal-Embryos wird die Sache komplizierter: Sie besitzen noch Zahnanlagen, die beweisen, dass Bartenwale von zahntragenden Vorfahren abstammen. Paläontologisch zählt man zur Unterordnung der Bartenwale (Mysticeti) auch Tiere, die gar keine Barten hatten, sondern ein Gebiss.

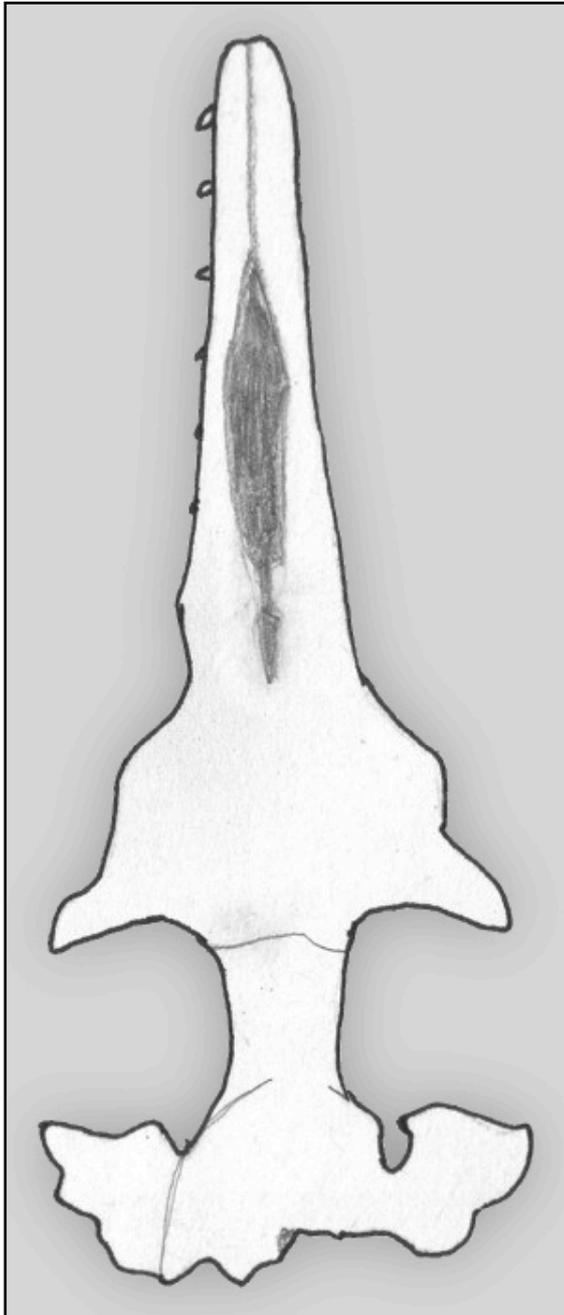
## Neue Strömung, neue Wale: die Bartenwale (Mysticeti)

Der große Südkontinent Gondwana zerbrach ab der Kreidezeit in mehrere Teile. So trennte sich Afrika bereits in der unteren Kreide von der Antarktis, Neuseeland in der oberen Kreide. Vor rund 65 Millionen Jahren begann nach dem berühmten Sauriersterben das Paläogen (Alttertiär). In dessen Verlauf trennten sich auch Australien und Südamerika von der Antarktis. Um diese herum konnten sich nun kalte Meeresströmungen etablieren. Ein entscheidender Faktor dafür war nicht nur die Entstehung der Drake-Straße zwischen der Antarktis und Südamerika: Nach neueren Erkenntnissen begann diese Straße sich bereits vor 40 Millionen Jahren zu öffnen, also noch im Eozän, dem Zeitalter der Urwale (Unterordnung Archaeoceti). Ent-

scheidend war aber auch, dass sich vor ca. 34 Millionen Jahren das Meer zwischen der Antarktis und Australien vertiefte. Damit bekamen die kalten Strömungen freiere Bahn, in der Antarktis bildete sich Packeis, und es begann das Zeitalter des Oligozän, in dem die Urwale durch die moderneren Unterordnungen der Zahnwale (Odontoceti) und der Bartenwale (Mysticeti) abgelöst wurden.

Die neuen Strömungsverhältnisse begünstigten das verstärkte Auftreten von Plankton. Pflanzliches Plankton zieht kleine wirbellose Tiere (Krill) an, denen es als Nahrung dient. Der Krill wiederum lockt größere Tiere an, die ihn fressen. Das können z.B. Fische sein, die ihrerseits von zahntragenden Walen verzehrt werden. Unter den Walen erlangten manche Mysticeti auch die Fähigkeit, sich direkt von Krill zu

Johannes Albers (2008): Bartenwale mit Zähnen.  
[http://www.cetacea.de/palaeocetologie/bartenwale\\_mit\\_zae\\_hnen/](http://www.cetacea.de/palaeocetologie/bartenwale_mit_zae_hnen/)  
© Cetacea.de 2013 / Alle Rechte vorbehalten / Veröffentlichung oder Vervielfältigung nur mit schriftlicher Genehmigung der Redaktion Cetacea.de (info@cetacea.de)



*Kekenodon*-Schädel von oben.

ernähren, den sie massenweise in ihr Maul aufnahmen. Dieser Ernährungsweise diente die Entwicklung von Barten. Andere Mysticeti verzichteten auf Barten und jagten weiterhin, wie die Urwale und auch die Zahnwale, mit ihrem Gebiss größere Beute wie z.B. einzelne Fische. Dass es sich bei diesen Walen dennoch um Mysticeti (also

„Bartenwale“) handelte, verraten Eigentümlichkeiten im Knochenbau, die sie von Zahnwalen unterscheiden: Typisch für die Unterordnung Mysticeti ist z.B., dass sich ein hinterer Fortsatz des Oberkieferknochens unter das Stirnbein schiebt, während Zahnwal-Oberkiefer sich nur über das Stirnbein schieben. Ähnliche Anhaltspunkte können Knochenkämme an der Schädelbasis geben.

Wahrscheinlich besaßen manche bezahnten Mysticeti des Oligozän zugleich auch Barten. Nachweise dafür sind höchstens indirekt möglich, da Barten nur selten fossil erhalten bleiben. Zeitgleich mit solchen Tieren gab es aber bereits Wale, die nur noch Barten und keine Zähne mehr trugen. So müssen wir im Oligozän mit drei verschiedenen Erscheinungstypen von Mysticeti rechnen:

- Mysticeti mit Zähnen, aber ohne Barten,
- Mysticeti mit Zähnen und zugleich Barten,
- Mysticeti ohne Zähne, nur mit Barten.

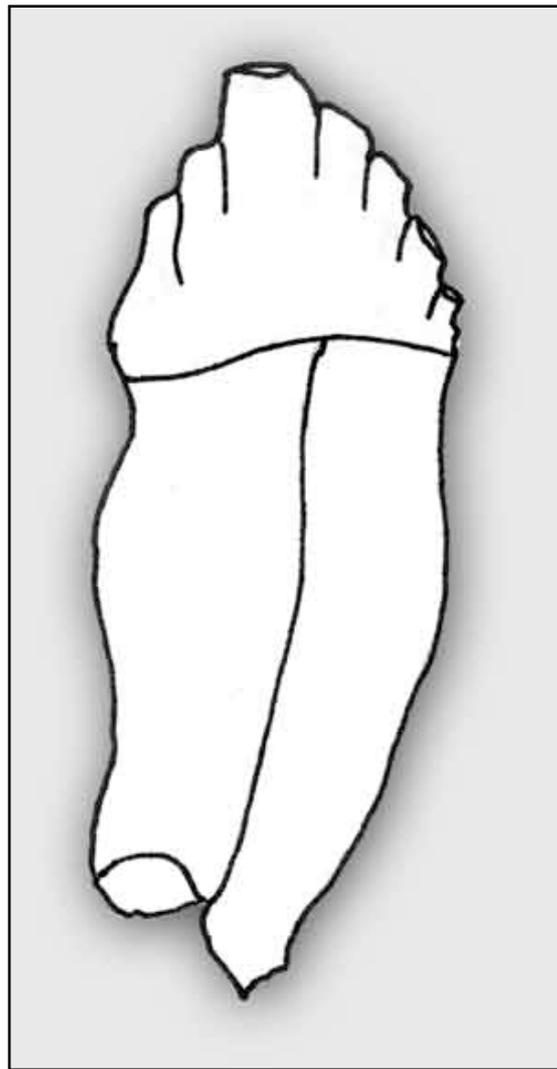
### **Schillernde Einordnungen**

Die Zähne früher Mysticeti schließen sich in ihrer Form an diejenigen ihrer Vorfahren an, der fortgeschrittenen Urwale (Basilosauridae): Die Kronen der Backenzähne bilden schmale Schneiden, bei denen jeder Zahn außer einer Hauptspitze noch eine Reihe mehrerer Nebenspitzen auf den Schneidekanten trägt. Dieses Baumus-

ter finden wir auch bei frühen Zahnwalen (Odontoceti), die es ebenfalls von den Urwalen ererbt haben. Solche Ähnlichkeiten führten bei fragmentarischem Fundmaterial manchmal zu einem Hin und Her in der Frage, welcher Unterordnung bestimmte Fossilien angehören:

Ein Zahnfund aus Südaustralien z.B. wurde nacheinander allen drei Wal-Unterordnungen zugewiesen: 1881 beschrieb SANGER ihn als *Zeuglodon Harwoodi* und damit als Archaeoceten. 1914 stellte OTHENIO ABEL die Art in die Gattung *Microzeuglodon*. 1977 hielten NEVILLE PLEDGE und KARLHEINZ ROTHAUSEN sie für einen Odontoceten und nannten sie *Metasqualodon harwoodi*. Später wurde sie dann den Mysticeti zugesellt.

Ebenfalls 1881 beschrieb JAMES HECTOR anhand von Schädel- und Kieferfragmenten, Zähnen und Gehörknochen aus Neuseeland die Art *Kekenodon onamata*. Man erblickte in ihr einen späten Ausläufer der Archaeoceti aus dem Miozän, also bereits dem Neogen (Jungtertiär). Andererseits wurde auch das Eozän vermutet. Dann korrigierte man die zeitliche Einstufung auf das dazwischen liegende Oligozän. EDWARD D. MITCHELL richtete 1989 zunächst eine eigene Unterfamilie Kekenodontinae ein. 1992 erhob ROBERT EWAN FORDYCE sie zur eigenständigen Familie Kekenodontidae, die nunmehr als bezahnte Mysticeti interpretiert wurde. 2004 ist er jedoch wieder zur Einstufung als eine Unter-



Dieser *Kekenodon*-Zahn hat abgebrochene Kronenspitzen und halb verwachsene Wurzeln.

familie innerhalb der Archaeoceti zurückgekehrt.

In diese Familie bzw. Unterfamilie stellte man auch den französischen *Phococetus vasconum*, dessen Ähnlichkeit mit *Kekenodon* der deutsche ERNST STROMER bereits 1903 erkannte. *Phococetus* wurde 1873 von DELFORTRIE als Urwal *Zeuglodon Vasconum* beschrieben, auf der Basis eines einzelnen Backenzahns von Saint-Médard-en-Jalle im Becken von Bordeaux. 1876 stellte GERVAIS ihn in die eigene Gat-

Erdzeitalter	System	Serie	Alter (in Mio. Jahren)
Känozoikum	Quartär	Holozän	Heute - 0,011784
		Pleistozän	0,011784 - 1,8
	Neogen	Pliozän	1,8 - 5,3
		Miozän	5,3 - 23
	Paläogen	Oligozän	23 - 33,9
		Eozän	33,9 - 55,8
		Paläozän	55,8 - 65,5

#### Jüngere Zeitabschnitte der Erdgeschichte

tung *Phococetus*. Zeitweise sah man in dieser Form auch einen Zahnwal. So ist dies ein weiteres Beispiel dafür, wie ein Zahn im Laufe der Forschungsgeschichte allen drei Wal-Unterordnungen zugewiesen wurde. Auch dieses Fossil stufte man lange in das Miozän ein; heute hält man *Phococetus* für ähnlich alt wie den ältesten bekannten wirklichen Mysticeten: *Llanocetus*.

#### ***Llanocetus denticrenatus***

Diese Art stammt zeitlich mit einem Alter von 34 Millionen Jahren von der Grenze zwischen Eozän und Oligozän. Örtlich kommt der Fossilfund von der Seymour-Insel in der Antarktis. Sie liegt östlich des Nordzipfels der Halbinsel, mit der die Antarktis sich in Richtung Südamerika streckt. 1989 publizierte MITCHELL die wissenschaftliche Erstbeschreibung anhand eines natürlichen Schädelausgusses

und eines Unterkieferfragmentes mit zwei Zähnen.

Der Schädelausguss bildet das Innere der Hirnhöhle ab und erinnert noch an Urwale. Zugleich dokumentiert er aber eine reiche Ausstattung mit vernetzten Blutgefäßen, was auf gute Tauchfähigkeiten schließen lässt. Die Zähne des Kieferfragmentes stehen weit auseinander und tragen übermäßig entwickelte Nebenspitzen. Fraglich ist aber, inwieweit diese Zähne noch eine echte Funktion hatten, wobei auch an ein Gitter beim Aussieben von Krillnahrung gedacht worden ist. Denn man nimmt an, dass *Llanocetus* bereits Kleintiere aus dem Wasser filterte, und man rechnet heute damit, dass er auch schon primitive Barten besaß.

MITCHELL richtete für das Tier eine eigene Familie Llanocetidae ein. Der Gattungsname bezieht sich auf den Amerikaner GEORGE A. LLANO, der in Washington für die Polarprogramme

der Nationalen Wissenschaftsstiftung tätig war und sowohl Schiffs- als auch Fossilstudien über Wale gefördert hat. Mittlerweile ist von dem beschriebenen Exemplar mehr bekannt: Man barg den fast vollständigen Schädel mit rund 2 Metern Länge, sowie weiteres Skelettmaterial. Die gesamte Körperlänge des Tieres dürfte etwa 9 Meter betragen haben. Bearbeitet wurde das neue Material von FORDYCE, der auch eine zweite Art provisorisch der Gattung *Llanocetus* zugeordnet hat.

### **Die Gattung *Mammalodon***

Rund 10 Millionen Jahre jünger als *Llanocetus*, ca. 24 - 27 Millionen Jahre alt, ist eine Gattung aus dem oberen Oligozän von Victoria im Südosten Australiens: 1932 fand PRITCHARD den Schädel eines etwa 2,50 Meter lang gewesenen Tieres. Er beschrieb ihn im Januar 1939 als *Mammalodon colliveri*. Heute kennt man noch eine zweite, bislang unbenannte Art von *Mammalodon*, sowie ein unvollständiges Skelett dieser Gattung, das artlich noch nicht bestimmt ist. Hinzu kommen einige isolierte Gehörknochen. All diese Funde stammen aus der gleichen Zeit und Gegend. 1989 errichtete MITCHELL eine eigene Familie Mammalodontidae.

Auch *Mammalodon* (der Name bedeutet „Säugerzahn“) besaß noch Zähne, aber keine Barten. PRITCHARD, der den Fund fälschlich dem Eozän zuschrieb, hielt sein *Mammalodon* für einen Archaeoceten. Erst später erkannte man, dass der Wal zu den Mysticeti

zu stellen ist. Zu seinen Zeitgenossen zählten bereits bartentragende Wale ohne Zähne, die schon vor 28 Millionen Jahren nachzuweisen sind. Unter diesem Aspekt wirkte *Mammalodon* schon zu Lebzeiten etwas urtümlich.

Modern für Bartenwale mutet hingegen an, dass seine Kieferknochen sich gegeneinander bewegen konnten. Das gilt für den Ober- wie auch für den Unterkiefer und ist ein Vorteil bei den starken mechanischen Belastungen, denen das Maul eines modernen Bartenwales beim Fressen ausgesetzt ist. Doch war *Mammalodon* kein Filtrierer, der große Mengen Wasser ins Maul nahm, um daraus Kleintiere auszusieben. Das unterscheidet ihn wiederum von modernen Bartenwalen. Die Schnauze ist auffallend kurz und gerundet. Die Zwischenkieferknochen, die üblicherweise am weitesten nach vorn ragen, befinden sich in Rückbildung. Dazu zeigt das Gebiss ein ziemlich kompliziertes Schermuster mit starker Abnutzung. Vielleicht suchte *Mammalodon* seine Nahrung im Meeresboden, was als Filtrierer auch der heutige Grauwal tut.

Insgesamt stellt *Mammalodon* eine abseitige Entwicklungslinie dar, die ohne weitere Nachkommen erloschen ist.

### ***Janjucetus hunderi***

Aus gleicher Zeit und Gegend wie *Mammalodon* kommt *Janjucetus hunderi*, benannt nach der Ortschaft Jan Juc und dem Finder HUNDER. Es ist wie-



*Janjucetus hunderi*. Modell, Foto und Fotobearbeitung von Markus Felix Bühler, (bestiarium.kryptozoologie.net), mit freundlicher Genehmigung

derum ein bezahnter „Bartenwal“ ohne Barten, von dem der Schädel samt Unterkiefer mit Zähnen, einige Wirbel und Rippen, die Schulterblätter und ein Armknochen vorliegen. Beschrieben wurde dieser Wal 2006 von ERICH FITZGERALD, der ihn erst in eine eigene Familie stellte, 2010 aber den Mammalodontidae zuordnete.

Mit ca. 3,50 Metern Körperlänge ist *Janjucetus* einem Großen Tümmler vergleichbar. Er jagte auch im Stil eines Zahnwals seine Beutetiere und ist somit ein weiteres Beispiel dafür, dass nicht alle Mysticeti eine filtrierende Nahrungsaufnahme pflegten, und dass es in der Vergangenheit wesentlich kleinere Mysticeti gab als heute. *Janjucetus* besaß auffallend große Augen, während der Schädel keine Hinweise für die Ausbildung einer Echoortung wie bei Zahnwalen bietet. Dieser Befund widerspricht der Hypothese, auch Bartenwale hätten ursprünglich über eine ähnliche Echoortung wie Zahnwa-

le verfügt und sie erst sekundär wieder eingebüßt.

*Janjucetus* stellte unter seinen Zeitgenossen einen urtümlichen Typus dar, der dem Ursprung der Unterordnung Mysticeti noch recht nahe stand. So ähneln neben den Zähnen auch die Gehörknochen noch eozänen Urwalen. Wir können in *Janjucetus* ein Modell dafür erblicken wie die Entwicklung der Bartenwale begonnen haben mag. Er bildet jedoch eine eigene Linie, die in manchen Merkmalen weiter von den heutigen Bartenwalen abweicht als der ältere *Llanocetus*.

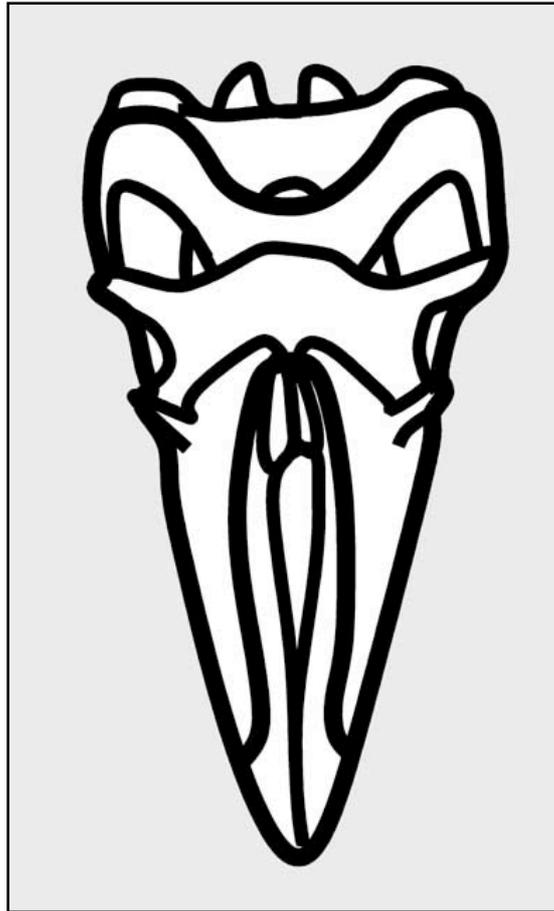
Bartenlose Arten der Mysticeti haben wir nun aus dem Oligozän des Südpazifiks kennen gelernt. Dort gab es damals auch schon zahnlose Barten-träger. Im Oligozän des Nordpazifiks finden wir derweil Wale, die möglicherweise Zähne und primitive Barten zugleich besaßen:

## Die Familie Aetiocetidae

1980 stürzte sich der Fossilien­sammler DOUGLAS RALPH EMLONG im Alter von 38 Jahren von einer Klippe in den Tod. 1966 hatte er einen Walschädel aus dem späten Oligozän Oregons (U-SA) beschrieben. Die Gesamtgestalt des Schädels ergab in der Aufsicht ein spitzes Dreieck, freilich waren auf der rechten Seite die Fortsätze von Stirn- und Schuppenbein weggebrochen. EMLONG hielt das Tier für einen Urwal auf dem Weg hin zu Bartenwalen, nannte es *Aetiocetus cotylalveus* und richtete dafür eine neue Familie Aetiocetidae ein. Der Name bedeutet soviel wie „ursprüngliche Wale“. Heute erkennt man darin bezahnte Mysticeti, die in ihrer Körpergröße dem *Janjucetus* vergleichbar waren.

Ihre Nasenöffnungen lagen noch relativ weit vorn. Die Unterkieferknochen waren bereits gegeneinander beweglich, nicht aber die Elemente des Oberkiefers. Die waltypischen Knochenüberschiebungen am Schädel (telescoping) erreichten bei den Aetiocetidae bereits einen höheren Grad als bei den zahnlosen Bartenwalen ihrer Zeit, von denen die heutigen Bartenwale hergeleitet werden müssen. Insofern waren die Aetiocetidae Spitzenprodukte des Oligozän.

Die Frage nach dem Besitz von Barten ist umstritten. Dafür plädieren 2008 THOMAS DEMÉRÉ und Kollegen aus Amerika mit Verweis auf Nährforamina und Gefäßabdrücke im Gaumen, ähnlich den Strukturen, die bei



Schädel von *Aetiocetus cotylalveus*, ergänzt. Blick auf die Oberseite.

heutigen Tieren den Bartenapparat versorgen.

Skeptisch äußern sich dagegen HIROTO ICHISHIMA und Kollegen in Japan, die 2006 noch auf der Linie der Amerikaner lagen: Die fossilen Strukturen könnten nach ontogenetischen Untersuchungen an heutigen Zwergwalen (nämlich Opfern des wissenschaftlichen Walfangs) auch eine andere Funktion gehabt haben und falsch interpretiert worden sein, da sie bei den breit angelegten Schnauzen der Aetiocetidae in eine ähnliche topographische Position geraten sind wie die

Nährstrukturen für Barten heutiger Wale.

Die Familie Aetiocetidae erwies sich als sehr vielgestaltig, was die Frage aufwirft, ob sie wirklich eine natürliche Einheit bildet. Bereits 1968 beschrieb RUSSELL den besonders primitiven *Chonecetus sookensis* von der Vancouver-Insel in Kanada, den er für einen Archaeoceten hielt. LAWRENCE G. BARNES stellte ihn

1987 in die Familie Aetiocetidae. Derselben Gattung ordneten BARNES und FURUSAWA 1994 auch *Chonecetus goedertorum* zu, der schon stärker abgeleitet ist, aber immer noch die Zahnformel der landlebenden Vorfahren mit 11 Zähnen in jeder Reihe hat.

Dieser Wal stammt von der Olympic-Halbinsel im US-Bundesstaat Washington, wo unter Makah-Indianern ein Interesse an der Jagd auf Grauwale glimmt. Geborgen wurde er 1984 von den Fossiliensammlern JAMES (JIM) und GAIL GOEDERT, nach denen er benannt ist. Die beiden haben auch viele andere bedeutende Funde gemacht. Dabei klagte im Jahre 2000 JIM GOEDERT als unbezahlter Mitarbeiter des Burke-Museums in Seattle, dass dort nur so unzureichende Kapazitäten an Platz und Personal vorhanden sind, dass zahlreiche wichtige Funde wohl in Jahrzehnten noch nicht bearbeitet sein werden.

Damals ging Museumsdirektor KARL HUTTERER nach Santa Barbara, weil er sich in Seattle nicht mit seinen

Forderungen nach Verbesserung der Situation durchsetzen konnte. Er beklagte auch, GOEDERT sei als Nicht-Akademiker im Museum zunächst nicht ernst genug genommen worden. So schaffte GOEDERT viele seiner Fossilien verbittert nach Kalifornien und begann eine fruchtbare Kooperation mit LAWRENCE BARNES vom Los Angeles County Museum of Natural History.

1994 gliederten BARNES und japanische Forscher die Aetiocetidae in Unterfamilien und gründeten dabei auf *Chonecetus* die urtümlichste Unterfamilie Chonecetinae. Nah verwandt mit *Chonecetus* scheint auch der japanische *Ashorocetus eguchii*, 1994 durch BARNES und KIMURA beschrieben und nach dem Ort Ashoro auf Japans Nordinsel Hokkaido benannt, der 2008 sein hundertjähriges Stadtjubiläum feierte. Doch ANNALISA BERTA und THOMAS DEMÉREÉ zweifelten 2005, ob in diesem Tier tatsächlich eine weitere Gattung der Aetiocetidae vorliegt.

Eine vermittelnde Position zwischen *Chonecetus* und *Aetiocetus* nimmt *Morawanocetus yabukii* ein, 1994 durch KIMURA und BARNES ebenfalls von Hokkaido beschrieben. Hier ist der Hirnschädel recht breit, aber die Längenausdehnung der Hirnhöhle verringert, was für Wale schon modern anmutet. Die Backenzähne erinnern dagegen mit ihren doppelten Wurzeln und dreieckigen Kronen samt Nebenspitzen immer noch an die Urwale. Auf diese Form gründeten BARNES und Kollegen die Unterfamilie Morawano-

cetinae. Zur Typusart tritt womöglich eine weitere, noch unbeschriebene.

Am weitesten entwickelt ist die Unterfamilie Aetiocetinae, wo die Backenzähne bereits vereinfacht sind: Sie bilden auf der Krone eine einfache Spitze mit nur noch kleiner Seitenzähnelung. Dazu haben sie nur noch eine einfache Wurzel. Neben der Typusart wurden mehrere weitere *Aetiocetus*-Arten identifiziert:

Als primitivste Art der Gattung stellten KIMURA und BARNES 1994 *Aetiocetus tomitai* von Hokkaido vor. Diese Art betrachteten BERTA und DEMÉRE 2005 aber nur als Synonym von *A. cotylalveus*. Gleiches galt für *A. weltoni*, den sie mittlerweile jedoch als eigene Art anerkennen. Der Holotyp dieser Art aus Oregon spielt eine wichtige Rolle in der Diskussion um die möglichen indirekten Hinweise auf Barten. Die letzte Art ist *A. polydentatus* von Hokkaido, 1994 durch HIROSHI SAWAMURA beschrieben. Hier bezweifelt

2005 ICHISHIMA die Gattungszugehörigkeit. Der Schädel ist 64 cm lang und hat, wie der Artname andeutet, eine leicht erhöhte Zahnzahl (bis zu 15 Zähne in einer Reihe), zeigt andererseits aber morphologische Gemeinsamkeiten mit zahnlosen Mysticeti.

Fossilien der Aetiocetidae haben sich an der amerikanischen Pazifikküste bis hinunter nach Niederkalifornien (Mexiko) gefunden. Von dort wurde 2001 eine Form beschrieben, die nach Gattung und Art nicht näher bestimmt ist. Merkwürdigerweise, und ohne genaueren Nachweis dafür, stellt NEVILLE PLEDGE 2005 in diese nordpazifische Familie auch eine neue Art aus dem frühen Oligozän Südaustraliens: *Willungacetus aldingensis*, benannt nach den Port Willunga Cliffs.

Auf der Atlantikseite der USA besitzt das Museum in Charleston (South Carolina) Belege für eine noch unbeschriebene Familie bezahnter Mysticeti: Ihre Zahnreihe enthält im Unterkie-

### **Palaeocetologie - Fossile Wale**

Weitere Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Wale von Johannes Albers finden Sie bei Cetacea.de: [www.cetacea.de/palaeocetologie/](http://www.cetacea.de/palaeocetologie/)

Johannes Albers erreichen Sie per Email [johannes.albers@cetacea.de](mailto:johannes.albers@cetacea.de)

#### **Cetacea.de**

Cetacea.de ist ein nicht kommerzielles Projekt zur Förderung des Wissens über Wältiere. Cetacea.de soll einen Beitrag zum Schutz des Lebensraums Meer und seiner Bewohner leisten.

Wenn Sie Bilder, Photos, Texte für Cetacea.de zur Verfügung stellen können oder Cetacea.de anderweitig unterstützen wollen, schreiben Sie uns bitte. Vielen Dank.

Cetacea.de wird herausgegeben von Jan Herrmann (info @cetacea.de)

fer einen zusätzlichen, vierten Molaren, während der Oberkiefer drei trägt. Das ist oben und unten je einer mehr als bei fortgeschrittenen Urwalen (Basilosauridae).

Mindestens rudimentäre Zähne im Ober- und Unterkiefer besaß ein Wal aus dem oberen Oligozän Japans, über den YOSHIHIKO OKAZAKI 2008 berichtet. Er geht nach der Morphologie der Schnauze davon aus, dass der Wal Barten trug. Die große Zahl zweiköpfiger Rippen weist darauf hin, dass der Brustkorb ziemlich steif war. Demnach war der Wal noch nicht so gut an das

Tieftauchen angepasst wie etwa heutige Furchenwale.

Zu den geologisch jüngsten bezahnten Bartenwalen gehört ein kalifornischer Fund von Januar 2000 aus dem Bereich der Schichtengrenze vom Oligozän zum Miozän. Diese Grenze ist erdgeschichtlich immerhin so bedeutend, dass sie in größerem Rahmen auch die Grenze zwischen dem Paläogen und dem Neogen bildet. Im Umfeld dieser Grenze verschwinden bezahnte Bartenwale aus der fossilen Überlieferung.

## LITERATUR ZUM VERTIEFEN

Othenio Abel (1914): Die Vorfahren der Bartenwale. - Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse 90, Wien: 156 - 224 + 12 Tafeln.

Anonym (1939): A Fossil Whale from Australia. - Nature 143, No. 3621: 525.

Lawrence G. Barnes und James L. Goedert (2006): The family Aetiocetidae as a model for evolution of stem Mysticeti. - Journal of Vertebrate Paleontology 26/3 Suppl.: 39A.

Lawrence G. Barnes, Masaichi Kimura, Hitoshi Furusawa und Hiroshi Sawamura (1994): Classification and distribution of Oligocene Aetiocetidae (Mammalia; Cetacea; Mysticeti) from western North America and Japan. - Island Arc 3, Issue 4: 392 - 431.

Annalisa Berta und Thomas A. Deméré (2005): Phylogenetic relationships among the diverse toothed Mysticete clade the Aetiocetidae and reconsideration of the filter fee-

ding niche. - In Mark D. Uhen (Hrsg.): Evolution of Aquatic Tetrapods. Fourth Triannual Convention Abstracts (= Cranbrook Institute of Science Miscellaneous Publications, Volume 1), Bloomfield Hills: 9.

Annalisa Berta, Michael McGowen, John Gatesy und Thomas A. Deméré (2006): Mysticete phylogeny: The role of stem taxa and character evolution in the transition to modern Mysticetes. - Journal of Vertebrate Paleontology 26/3 Suppl.: 42A.

Thomas A. Deméré (2005): Palate vascularization in an Oligocene toothed Mysticete (Cetacea: Mysticeti: Aetiocetidae); implications for the evolution of baleen. - In Mark D. Uhen (Hrsg.): Evolution of Aquatic Tetrapods. Fourth Triannual

Convention Abstracts (= Cranbrook Institute of Science Miscellaneous Publications, Volume 1), Bloomfield Hills: 21.

- Thomas A. Deméré und Annalisa Berta (2008): Skull anatomy of the Oligocene toothed Mysticete *Aetiocetus weltoni* (Mammalia; Cetacea): Implications for Mysticete evolution and functional anatomy. - *Zoological Journal of the Linnean Society* 154/2: 308 - 352.
- Thomas A. Deméré, Michael McGowen, Annalisa Berta und John Gatesy (2008): Morphological and molecular evidence for a stepwise transition from teeth to baleen in Mysticete whales. - *Systematic Biology* 57: 15 - 37.
- Erich M. G. Fitzgerald (2005): Toothed Mysticetes (Mammalia: Cetacea) from the Late Oligocene of Australia. - In Mark D. Uhen (Hrsg.): *Evolution of Aquatic Tetrapods. Fourth Triannual Convention Abstracts* (= Cranbrook Institute of Science Miscellaneous Publications, Volume 1), Bloomfield Hills: 25.
- Erich M. G. Fitzgerald (2006): A bizarre new toothed Mysticete (Cetacea) from Australia and the early evolution of baleen whales. - *Proceedings of the Royal Society B* 273: 2955 - 2963 + ESM.
- Erich M. G. Fitzgerald (2010): The morphology and systematics of *Mammalodon colliveri* (Cetacea: Mysticeti), a toothed mysticete from the Oligocene of Australia. - *Zoological Journal of the Linnean Society* 158: 367-476.
- Robert Ewan Fordyce (1980): Whale evolution and Oligocene Southern Ocean environments. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 31: 319-336.
- Philip D. Gingerich (2005): Cetacea. In Kenneth D. Rose und J. David Archibald (Hrsg.): *Placental mammals: Origin, timing, and relationships of the major extant clades*. Johns Hopkins University Press, Baltimore: 234 - 252.
- Hiroto Ichishima, Hiroshi Sawamura, Haruka Ito, Seiji Otani und Hajime Ishikawa (2008): Do the so-called nutrient foramina on the palate tell us the presence of baleen plates in toothed Mysticetes? - In Naoki Kohno (Hrsg.): *Fifth Conference on Secondary Adaptation of Tetrapods to Life in Water. Abstracts*, Tokio: 24 - 25.
- Edward D. Mitchell (1989): A new Cetacean from the Late Eocene La Meseta Formation, Seymour Island, Antarctic Peninsula. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46/12: 2219 - 2235.
- Yoshihiko Okazaki (2008): An archaic Mysticete from Oligocene Ashiya Group, Kyushu, Japan, and its significance to the Mysticete evolution. - In Naoki Kohno (Hrsg.): *Fifth Conference on Secondary Adaptation of Tetrapods to Life in Water. Abstracts*, Tokio: 58.
- Tom Paulson (2000): Local fossils lack a Northwest home. - *Seattle Post-Intelligencer*, 2. 8. 2000.
- Bryan Robles (2001): Another whale of a tale. - *Washington Geology* 29, No. 1 / 2: 28 - 29.
- Karlheinz Rothausen (1994): Die Schritte der Tetrapoden in die Meere des frühen Känozoikums. - *Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen E* 13 (= B. Krebs-Festschrift): 99-112.
- Sea World Research Institute (1990): New family of fossil whales named for George Llano. - *Currents* 44: 3.
- Hiroshi Sawamura, Seiji Otani, Hiroto Ichishima, Haruka Ito und Hajime Ishikawa (2006): Features implying the beginning of baleen growth in Aetiocetids. - *Journal of Vertebrate Paleontology* 26/3 Suppl.: 120A.
- Howie H. Scher und Ellen E. Martin (2006): Timing and climatic consequences of the opening of Drake Passage. - *Science* 312: 428 - 430.
- Mette Elstrup Steeman (2007): Cladistic analysis and a revised classification of fossil and Recent Mysticetes. - *Zoological Journal of the Linnean Society* 150/4: 875 - 894.