



Länge ca. 4 cm

Von Nobu Tamura email:nobu.tamura@yahoo.com <http://spinops.blogspot.com/>
<http://paleoexhibit.blogspot.com/> - Eigenes Werk, CC-BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=50112838>

Zuerst entwickelte sich die **Rückensaite**, eine Art Rückgrat, die zugleich auch das zentrale Nervensystem schützt, das über ihr verläuft.

Es gab zum ersten Mal ein „Vorne“ und ein „Hinten“ bei Tieren! Sinnesorgane und ein Mund saßen am vorderen Ende. Mit Hilfe dieser Sinnesorgane konnten sich die Tiere orientieren und zielgerichtet schwimmen.

Die Rückensaite sorgte dafür, dass die Lebewesen eine konstante Körperlänge hatten. An ihr setzten die **Rumpfmuskeln** an. Sobald sich die Rumpfmuskeln zusammenzogen, führte der Körper eine Schlängelbewegung aus. Vergleiche diese Bewegung mit der einer Qualle: Sie hat kein Innenskelett und verformt sich bei jeder Muskelkontraktion.

Die Tiere sahen vermutlich so aus wie die ausgestorbene *Pikaia*. Das heute noch lebende Lanzettfischchen (*Branchiostoma*) weist ähnliche Merkmale auf.

Vor 550 Mio. Jahren: Das Innenskelett – eine starre Achse und Ansatzpunkt für die Muskulatur



Länge ca. 12 cm

Von Nobu Tamura email:nobu.tamura@yahoo.com <http://spinops.blogspot.com/>
<http://paleoexhibit.blogspot.com/> - Eigenes Werk, CC-BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=49289516>

Allmählich wurden die Lebewesen größer. Große Tiere können schneller und ausdauernder schwimmen als kleine Organismen. Große Tiere, die sich lange und schnell bewegen, brauchen mehr Energie als kleine Tiere, die sich wenig bewegen. Nur mit Hilfe des Filterapparates konnten die großen Tiere ihren Energiebedarf nicht mehr decken. Außerdem wurde mit **zunehmender Größe** die Steuerung der Bewegungen schwieriger. Da die Tiere kein festes Skelett hatten und nur ca. 15 cm lang wurden, gibt es heute nur sehr wenige Ganzkörperfossilien.

Man kann die Tiere mit heute lebenden Neunaugen (*Petromyzontidae*) vergleichen, die auch keine Kiefer haben, sondern sich mit Hilfe von Hornraspeln an anderen Fischen festsaugen.

Vor 505 Mio. Jahren: Größer werden!



verändert nach: © Citron / CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14679556>

Es entwickelten sich Tiere mit Kiefer – allerdings noch ohne Zähne wie wir sie heute kennen. Die zahnartigen Gebilde waren Knochenzinken. Damit konnten sie große Nahrungsbrocken ergreifen, festhalten und zerschneiden. Das war eine Revolution, denn mit Hilfe von Kiefern wurden die Tiere zu Beutegreifern, die ihren Energiebedarf zum Schwimmen leicht decken konnten. Da schnelles und ausdauerndes Schwimmen bei der Jagd auch eine gute Sauerstoffversorgung verlangt, musste auch der Atmungsapparat leistungsfähiger werden. **Kiefer aus Knochen oder Knorpelmaterial** ermöglichten einen weiten und stabilen Mundraum, durch den das sauerstoffreiche Atemwasser gepumpt wurde. Eine bessere Energie- und Sauerstoffversorgung ermöglichte einen höheren Grundumsatz. Die Tiere waren jetzt in der Lage, dauerhaft zu schwimmen. Außerdem hatten sie leistungsfähigere Sinne als ihre Vorfahren. Als fossiles Beispiel für einen solchen „Schnapper“ kann *Bothriolepis* dienen.

Vor 462 Mio. Jahren: Ein Kiefer muss her – vom Filtrierer zum Schnapper

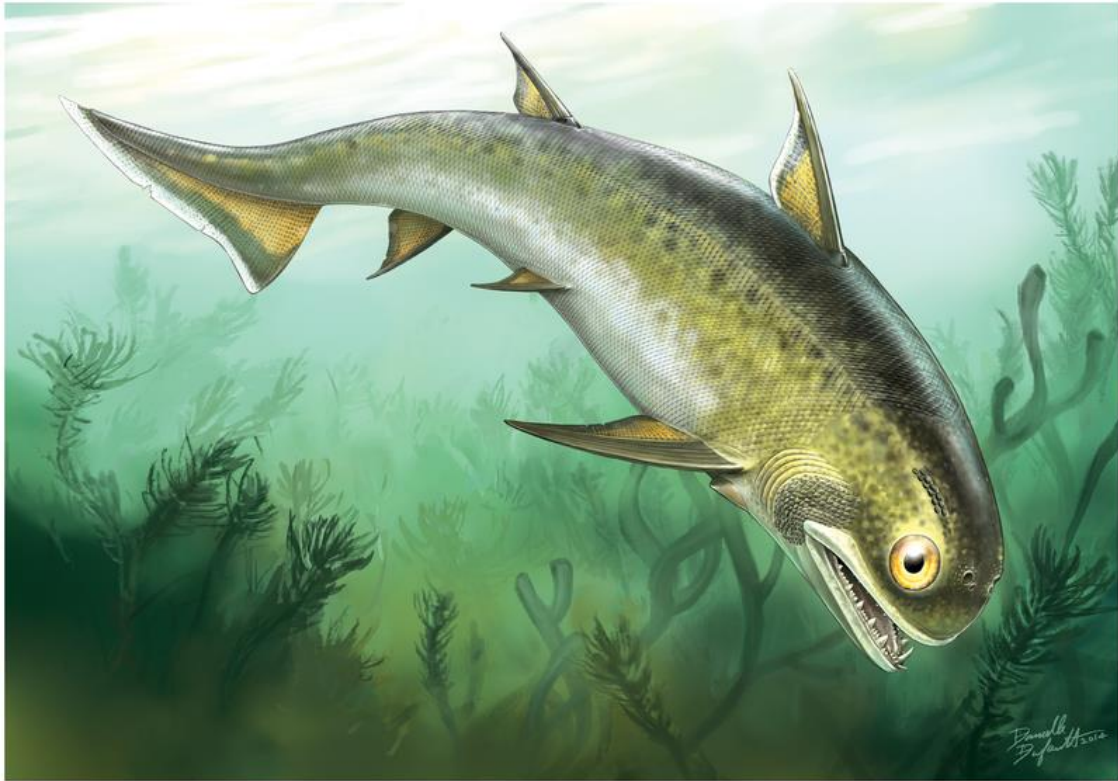


Von Matteo De Stefano/MUSE This file was uploaded by MUSE - Science Museum of Trento in cooperation with Wikimedia Italia., [CC BY-SA 3.0](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48122949), <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48122949>

Irgendwann entstand die Beckenextremität. Damit konnten die Tiere nicht nur höhere Schwimgeschwindigkeiten erreichen, sondern auch besser manövrieren und sich beim Schwimmen besser stabilisieren. Interessanterweise traten Kiefer und **Bauchflossen** immer gekoppelt auf.

Es gibt heute leider keine vergleichbaren Tiere mehr. Vermutlich haben die Tiere unter anderem so ausgesehen wie der fossile bis zu 9 m lange *Dunkleosteus*.

Vor 430 Mio. Jahren: Entstehung der Beckenextremität



Von Danielle Dufault - <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0104171>, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=34890540>

Irgendwann nachdem Kiefer entstanden waren, bildeten sich am Rand der Mundöffnung lange **Schuppen mit Schmelzspitzen**, sogenannte Placoidschuppen, mit denen die Beute besser ergriffen, festgehalten und getötet werden konnte. Aus diesen Placoidschuppen entstanden im Laufe der Zeit **schmelzbedeckte Zähne**. Sie hatten den Vorteil, dass sie wesentlich härter waren als Knochenzinken. *Acanthodes*, ein Stachelhai, hatte solche echten Zähne. Heute lebende Haie haben neben echten Zähnen im Maul auch Placoidschuppen als Körperbedeckung. Sie tragen gewissermaßen die „Vorfahren“ unserer Zähne auf ihrer Haut! Wenn du moderne, schmelzbedeckte Zähne sehen willst, lächle dich doch mal im Spiegel an...

Vor 420 Mio. Jahren: Echte Zähne



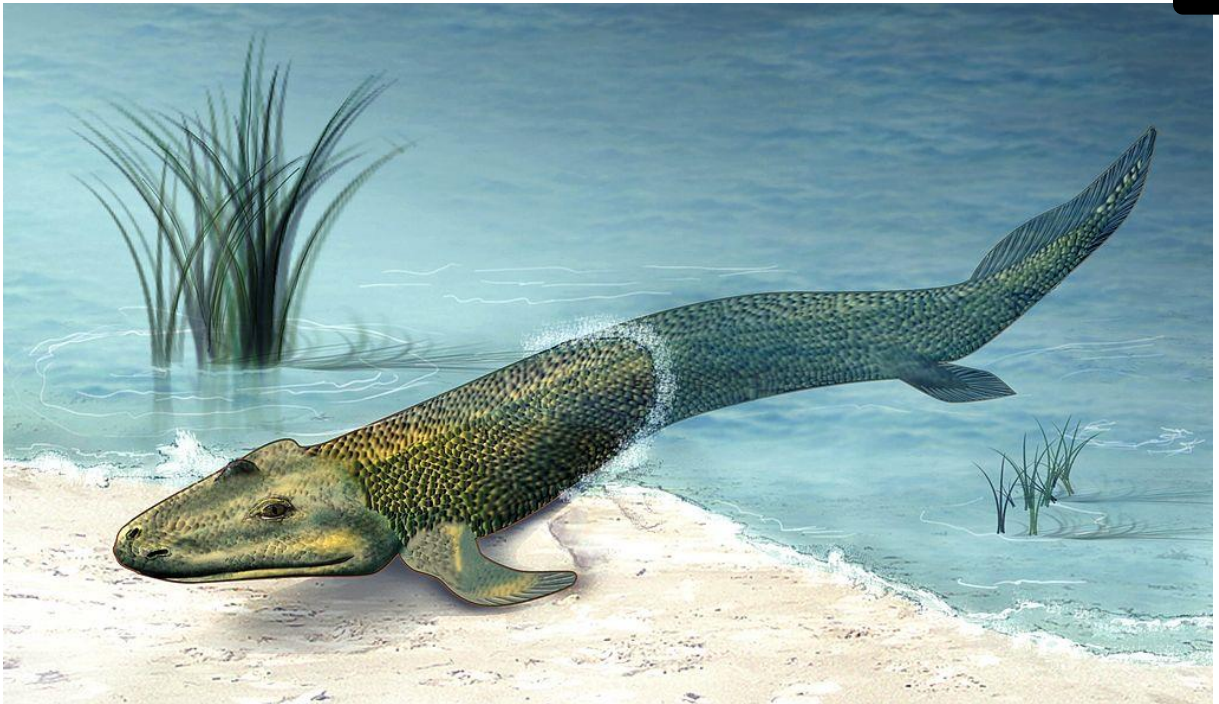
Mit Lunge

verändert nach: ArthurWeasley email:aweasley@hotmail.com - Eigenes Werk, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19461142>

Später entstanden **Lungen**, in dem sich am Vorderdarmdach eine paarige Aussackung bildete. Nicht nur für das Landleben waren diese einfach gebauten Lungen nützlich: Die Tiere konnten sich im Wasser mit Hilfe dieser luftgefüllten Aussackungen besser ausbalancieren.

Und natürlich konnten sie jetzt, wenn das Wasser nur einen geringen Sauerstoffgehalt hatte, auch Luftsauerstoff atmen. Als fossiles Beispiel gilt *Guiyu oneiros*.

Vor 410 Mio. Jahren: Entstehung der Lunge



Von Zina Deretsky, National Science Foundation (Courtesy: National Science Foundation) - National Science Foundation, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2542188>

Bei den Tieren bildete sich ein **beweglicher Hals** (Trennung von Kopf und Schultergürtel). Damit konnten sie den Kopf auch bei dichtem Pflanzenbewuchs drehen oder auch im Wasser zur Seite schauen, ohne den ganzen Körper drehen zu müssen. Sie konnten gezielt nach Nahrung suchen. Ebenso konnten sie auch potenzielle Fressfeinde, die sich von der Seite näherten, früh wahrnehmen. Im flachen Wasser und im Uferbereich gab es aber für diese Tiere keine Fressfeinde.

Dieser Fisch hatte weder eine After- noch eine Rückenflosse. Sein Körperquerschnitt war auf Rücken- und Bauchseite abgeflacht. All das waren entscheidende Voraussetzungen, um sich an Land aufhalten zu können.

Tiktaalik war ein solches Tier, das sich zumindest im Uferbereich von Gewässern aufhalten konnte.

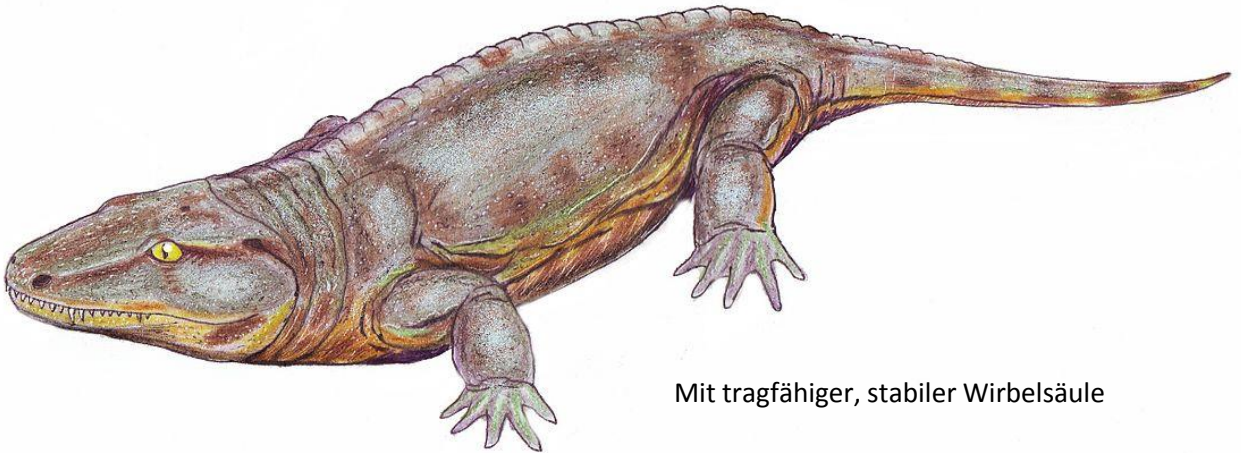
Vor 380 Mio. Jahren: Halsbildung



Von Dr. Günter Bechly - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17152012>

Mit der Zeit bildeten sich Stütz- und Schuborgane, die später auch in der Lage waren, das Körpergewicht zu tragen. Um diese Beine auch richtig nutzen zu können, mussten sie abrollbar sein (versuche doch einmal mit starren Schwimmflossen an Land zu laufen!). Mit solchen **abrollbaren und gewichtstragenden Beinen** konnten sich die Tiere jetzt in flachem, krautreichem Wasser fortbewegen. Außerdem konnten sie das Wasser verlassen und am Ufer nach Nahrung suchen. Ein Beispiel für ein solches Tier ist *Acanthostega gunneri*. Zähl doch mal die Finger und Zehen! Es sind keine fünfstrahligen Extremitäten!

Vor 365 Mio. Jahren: abrollbare Extremität



Mit tragfähiger, stabiler Wirbelsäule

Von Creator:Dmitry Bogdanov - dmitrche@mai.ru, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3976473>

Jetzt bildete sich eine tragfähige Wirbelsäule, deren Wirbel verknöchert waren und sich nicht gegeneinander verdrehten, wenn sich das Tier an Land unter dem Einfluss der Schwerkraft bewegte. Das wurde möglich, weil sich an den Wirbeln sogenannte Wirbelseitengelenke (Zygapophysen) gebildet hatten.

Tiere mit einer **verknöcherten Wirbelsäule und Wirbelseitengelenken** konnten sich vom Boden abstemmen. Wenn sie sich mit ihren Beinen abdrückten, bog sich zwar die Wirbelsäule nach der Seite, wie es heute immer noch z. B. bei Eidechsen der Fall ist. Die einzelnen Wirbel verdrehten sich aber nicht mehr gegeneinander, dank der Wirbelseitengelenke.

Außerdem reduzierte sich die Zahl der Finger und Zehen auf fünf, so wie es bei uns Menschen heute noch der Fall ist.

Vor 350 Mio. Jahren: Verknöcherung der Wirbelsäule mit Wirbelseitengelenken, Entstehung einer fünfstrahlige Extremität



Legen Eier mit Kalkschale

Von Matteo De Srefano/MUSE This file was uploaded by MUSE - Science Museum of Trento in cooperation with Wikimedia Italia, CC BY-SA 3.0 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48143186>

Jetzt waren einige Tiere völlig unabhängig vom Wasser: Auch die Embryonalentwicklung konnte an Land stattfinden, da die **Embryonen von einer festen Kalkschale umgeben** waren, die als Verdunstungsschutz diente. Der Embryo im Ei war zusätzlich eingehüllt von einer zarten Haut, dem Amnion. Der Embryo wurde durch einen Dotter mit Nahrung versorgt, die ausgeschiedenen Stoffwechselprodukte landeten in der Urharnblase, der Allantois – so wie es beispielsweise auch bei heute lebenden Reptilien und Säugetieren der Fall ist.

Schon vorher musste sich eine verhornte Oberhaut bei den Tieren gebildet haben, denn nur so waren sie bei längerem Aufenthalt an Land vor Austrocknung geschützt.

Eine verhornte Oberhaut ist typisch für Amnioten, auch für uns Menschen.

Eines der ältesten Landwirbeltiere ist *Hylonomus*.

Vor 312 Mio. Jahren: Amniotes Ei – Embryonalentwicklung im eigenen „Aquarium“

Rezente Beispielorganismen



Lanzettfischchen *Branchiostoma lanceolatum*

Von © Hans Hillewaert, CC-BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5712836>
(16.1.2018)

Rezente Beispielorganismen



Flussneunauge
Lampetra fluviatilis

Von M.Buschmann - Germany, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=269108>

Rezente Beispielorganismen



Von Tannin aus der englischsprachigen Wikipedia, [CC BY-SA 3.0](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=179605), <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=179605>

Australischer Lungenfisch
Neoceratodus forsteri

Landgang der Wirbeltiere

1. Mischt die Textkärtchen und legt sie verdeckt auf einen Stapel.
2. Legt die Bildkärtchen auf dem Tisch aus.
3. Dreht jeweils ein Textkärtchen um und lest den Text in eurer Gruppe laut vor.
4. Ordnet jedes Textkärtchen dem passenden Bildkärtchen zu.
5. Bringt die fertigen Kärtchenpaare in eine von euch logisch begründbare Reihenfolge.

Schon fertig?

6. Ordnet die Kärtchenpaare in den Zeitstrahl ein.

Lösungsvorschläge

Chronologisch angeordnete Karten



Foto: Tina Roth, ZPG Biologie 2018, eigenes Werk

Im Zeitstrahl angeordnete Karten

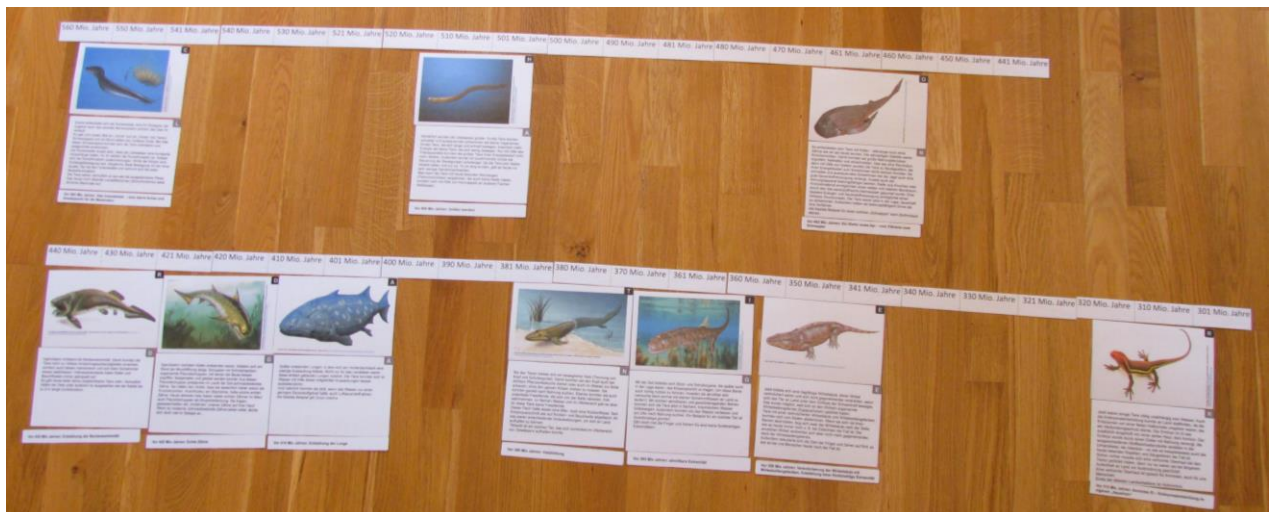


Foto: Tina Roth, ZPG Biologie 2018, eigenes Werk