



Die Welt der Saurier 4

Allosaurus - Vom Fossil zum Lebensbild

W B F



FWU -
das Medieninstitut
der Länder



Lernziele

Den Bau und die Lebensweise eines typischen Fleisch fressenden Dinosauriers kennen lernen; Verstehen, wie Wissenschaftler aus fossilen Dokumenten das Lebensbild einer ausgestorbenen Tierart rekonstruieren

Vorkenntnisse

Grundlegende Kenntnisse zur Anatomie der Wirbeltiere (Reptilien und Vögel) sind für das Verständnis des Films hilfreich

Zum Inhalt

Im Jahre 1991 wurde in Wyoming/USA in 145 Millionen Jahre alten Schichten das vollständige Skelett eines Raubdinosauriers der Gattung *Allosaurus* gefunden. Von den Dinosauriern, die damals, also in der späten Jurazeit, das westliche Nordamerika in großer Zahl bevölkerten, war er das größte und gefährlichste Raubtier. Das Skelett stammte von einem noch nicht ausgewachsenen, jüngeren Tier von weniger als 8 Metern Länge. Es ist heute im Geologischen Museum der Universität von Wyoming/USA in Laramie ausgestellt. Die Wissenschaftler dort nannten ihn einfach „Big Al“. So heißt er auch im Film. In lebensechten Computer-Animationen wird das Aussehen, das Verhalten und die individuelle Lebensgeschichte dieses Dinosauriers nachgezeichnet. Die Paläontologen fanden heraus, dass er nur fünf oder sechs Jahre alt geworden war und ein kurzes, aber aufregendes Leben geführt haben musste. An seinem Skelett entdeckten sie nicht weniger als 19 Verletzungen, deformierte Knochen und verheilte Knochenbrüche. Die Jagd auf große Beutetiere, wie den riesigen Pflanzenfresser *Diplodocus*, war offensichtlich riskant und gefährlich. Vielleicht hatte der halbwüchsige Big Al auch Verletzungen bei einem missglückten

Annäherungsversuch an ein größeres, erwachsenes Weibchen davongetragen. Wie hat sich das Leben von Big Al abgespielt? Man weiß, dass Dinosaurier wie die Krokodile Eier gelegt haben. Ihre Nester legten sie wahrscheinlich in Erdgruben an, die sie wieder zuscharrten. Hinweise dafür lieferten Schalen von zahlreichen Eiern, die man an der portugiesischen Atlantikküste ausgegraben hat. Die Eischalen hatten Luftporen, die groß genug waren, um die Embryonen auch dann noch mit genügend Atemluft zu versorgen, wenn sie mit Erde zugedeckt waren. An derselben Fundstelle fand man auch zahlreiche winzige Knochen von Saurierembryonen und kleine Zähne. Wie bei den Krokodilen konnten die frisch geschlüpften Jungen von *Allosaurus* also schon ihr Gebiss gebrauchen und selbstständig auf Nahrungssuche gehen. Sie waren Nestflüchter, nicht Nesthocker, und brauchten von den Elterntieren nicht gefüttert zu werden. *Allosaurus* hatte wie alle Raubdinosaurier nicht nur Merkmale von Krokodilen, wie ein großes Maul mit vielen scharfen Zähnen und einen ähnlichen Schädelbau. Er hatte auch Vogelmerkmale wie kräftige, lange Hinterbeine, auf denen er wie heutige Straußenvögel vermutlich schnell laufen und lebender Beute nachjagen konnte. In ihrer frühen Jugend waren die kleinen Allosaurier besonders gefährdet. Es kam darauf an, nicht selbst gefressen zu werden, sondern so schnell wie möglich so groß wie möglich zu werden. An einer Fundstelle in Utah/USA fand man die Knochen von zahlreichen *Allosaurus*-Skeletten ganz unterschiedlicher Altersstufen. Der kleinste Oberschenkelknochen ist 18 cm lang und deutet auf ein Jungtier von eineinhalb Metern Länge. Der größte Knochen misst über einen Meter und stammte von einem acht Meter langen, erwachsenen *Allosaurus*. Zahlreiche Zwischengrößen

ergeben eine ganze Wachstumsreihe. Anhand solcher Funde kann nachgewiesen werden, dass *Allosaurus* relativ rasch gewachsen ist, ähnlich wie Vögel. Er dürfte seine endgültige Größe schon nach sechs bis acht Jahren erreicht haben.

Wie erbeutete Big Al seine Opfer, meist Pflanzenfresser, wie *Stegosaurus* und andere Dinosaurier? Legte er sich auf die Lauer wie ein Krokodil oder suchte er sich seine Nahrung wie ein Vogel? Die Form des Gehirns könnte Aufschluss über das Fressverhalten geben. Die versteinerte innere Füllung des Gehirnschädels ist ein getreues Abbild des *Allosaurus*-Gehirns. Es hat eine sehr ähnliche Form wie bei einem Krokodil. Für die Verarbeitung von Informationen haben beide nur ein kleines Vorderhirn. Der für den Geruchssinn wichtige Teil, die Riechlappen, sind dagegen gut entwickelt. Zum Vergleich wird das Gehirn eines Vogels im Modell gezeigt. Er hat ein großes Vorderhirn, aber nur sehr kleine Riechlappen. Ein Allosaurier muss also wie ein Krokodil seine Beute am Geruch geortet haben. Krokodile liegen jedoch unbeweglich auf der Lauer und schnappen blindlings zu, sobald sie Beutetiere riechen. Ein Experiment zeigt, dass das auch mit einem Plüschtier funktioniert, das zuvor in Fischtran getaucht wurde. *Allosaurus* brauchte sich aber nicht auf die Lauer zu legen, um zu warten, bis sich ein Pflanzenfresser näherte. Er konnte ja, anders als ein Krokodil, schnell auf den Hinterbeinen laufen, seine Opfer verfolgen und sie zur Strecke bringen. Big Al macht sich auch an einen großen Pflanzenfresser, den Riesendinosaurier *Diplodocus* heran. Als einzelner Angreifer hatte er keine Chance und wird einfach weggeschleudert. Gemeinsam mit Artgenossen ist es ihm aber vielleicht möglich, ein einzelnes, schwächeres Tier aus der Herde abzudrängen und zu isolieren.

Wie sind die Allosaurier selbst zu Tode gekommen? Hinweise könnte wieder die Fundstelle in Utah liefern, ein wahres Massengrab, in dem man Tausende von Knochen fand, überwiegend von *Allosaurus*. Vermutlich war an dieser Stelle damals ein Sumpf. Pflanzen fressende Dinosaurier könnten zum Trinken hierher gekommen und eingesunken sein. Dadurch wurden immer wieder Fleischfresser angelockt, die dann ebenfalls in diese tödliche Falle gerieten. Big Al muß aber auf andere Weise ums Leben gekommen sein, vielleicht durch einen „Jagdunfall“. An einem Mittelfußknochen hat er eine auffällige, große Wucherung. Sie rührt möglicherweise von einer Sturzverletzung her, die lange nicht verheilte, sondern sich entzündet hatte. Das Laufen fiel Big Al danach sicherlich schwer, so dass er schnellen Beutetieren nicht mehr nachjagen konnte. Etwa ein halbes Jahr dürfte er sich nur noch von Aas ernährt haben, bevor er - vielleicht auf der Suche nach Wasser - in einem ausgetrockneten Flussbett verendete. Später, als der Regen einsetzte, wurde sein Kadaver unter einer Schicht von Schlamm, Sand und Geröll begraben. Seine Knochen versteinerten und sind auf diese Weise 145 Millionen Jahre lang als Fossilien erhalten geblieben.

Ergänzende Informationen

Die fossilen Dokumente

Die Basis für die Rekonstruktion und Animation von Dinosauriern sind ihre versteinerten (fossilen) Skelette. Sie sind die primären Dokumente, ohne die wir nichts von der Existenz dieser vorzeitlichen Tiere wüssten. Wie kommt es überhaupt zur Fossilisation? Verendet ein Wirbeltier irgendwo an Land, verwesen zunächst die Körperweichteile, wie Haut, Muskeln, Bindegewebe und innere Organe. Später werden in der Regel auch die

widerstandsfähigeren Hartteile, wie Hornsubstanz, Knochen und Zähne durch Organismen und Witterungseinflüsse zerstört. Normalerweise bleibt also nichts von einem Kadaver über längere Zeit erhalten. Das Fossilwerden war somit stets die seltene Ausnahme. Mehrere Faktoren mussten zusammenwirken, damit zumindest die Hartteile, bei Dinosauriern also die Skelettknochen, fossil werden konnten. Nach seinem Tod musste ein Dinosaurier rasch von Sediment zugedeckt und möglichst unter Luftabschluss „eingebettet“ werden, so dass er vor dem vollständigen Zerfall geschützt war. Häufig geschah dies, wenn die Tierleichen in Flüsse geschwemmt, irgendwo angetrieben und durch Schlamm, Sand und Kies verschüttet wurden. Zusammen mit dem einschließenden Sediment „versteinerten“ in der Folgezeit auch die Skelettreste. Dabei wurde die organische Substanz des Knochens unter Bewahrung seiner Form und Struktur durch anorganische, mineralische Stoffe ersetzt. Neben Skelettknochen, Schädeln und Zähnen können bei günstigen Erhaltungsbedingungen aber auch Weichteile, wie Haut, Körperbedeckung, Hornkrallen oder innere Organe als Abdruck erhalten bleiben. Natürliche Ausgüsse von Gehirnhohlräumen, so genannte Steinkerne, geben Aufschluss über die Gehirnform und -größe und erlauben somit auch Rückschlüsse auf Sinnesleistungen, wie im Falle der Allosaurier auf einen guten Geruchssinn. Weitere Informationen über die Lebensweise der Dinosaurier liefern Eier und Nistgelege, deren Anordnung oft auf ganze Brutkolonien schließen lässt. Auch die auf Schichtflächen erhaltenen Fußabdrücke und Fährten, die Dinosaurier auf einst weichem Untergrund hinterlassen haben, geben Hinweise auf die Art der Fährtenhersteller, die Struktur von Herden, die Ganggeschwindigkeit und vieles mehr.

Der Fossilisationsprozess ist aber mit einem erheblichen Informationsverlust verbunden. So wissen wir nichts über die Färbung der Dinosaurier, ob sie elefantengrau oder lebhaft bunt gezeichnet waren. Die riesigen Pflanzenfresser, wie *Diplodocus* oder *Apatosaurus*, werden meist in Analogie zu den größten heutigen Pflanzenfressern, den Elefanten, mit grauer, runzeliger Haut dargestellt. Welche Färbung ein Raubdinosaurier wie *Allosaurus* hatte, wissen wir nicht. Es ist unwahrscheinlich, dass die Dinosaurier eine Schuppenhaut hatten wie die Eidechsen. Von einigen Pflanzenfressern, die als ausgetrocknete Mumien versteinerten, kennt man die Hautoberfläche. Sie war mit polygonalen Hautknochenplatten bedeckt. Andere hatten einen gezackten Hautkamm am Rücken, waren stachelbewehrt oder hatten Hörner am Kopf. Nur spekulieren können wir über die Lautäußerungen, die Atmung, das Herz-Kreislaufsystem oder das Sozial- und Paarungsverhalten der Dinosaurier. Meist können wir nicht einmal Männchen und Weibchen an ihrem Skelett unterscheiden, wohl aber verschiedene Altersstadien, von jungen bis zu ausgewachsenen, alten Individuen. Selten findet man so vollständige Dinosaurierskelette wie das von Big Al in jurazeitlichen Flussablagerungen von Wyoming/USA. Dieses *Allosaurus*-Skelett bot deshalb für den Versuch seiner „Wiederbelebung“ gute Voraussetzungen.

Rekonstruktion des Lebensbildes

Wenn Skelettreste eines Dinosauriers in Gesteinsschichten entdeckt werden, müssen sie zunächst sorgfältig freigelegt, geborgen und gesichert werden. Im Labor werden sie dann von Fachleuten, den Präparatoren, vollends von anhaftendem Gestein befreit, restauriert und konserviert, bevor sie für die wissenschaftliche Untersuchung und eine

Skelettmontage zur Verfügung stehen. Dieser geht eine genaue Analyse der natürlichen Körperhaltung und Gliedmaßenstellung voraus. Danach werden die Muskeln rekonstruiert. Anhaltspunkte bieten Muskelansatzstellen, die sich an den Knochen oft deutlich abzeichnen und über Umfang und Verlauf einzelner Muskeln und ihre Funktion Rückschlüsse erlauben. Damit ist die äußere Gestalt des Körpers festgelegt. Wichtig ist auch die Statik des Tieres, die Lage des Körperschwerpunktes beim Laufen und die besondere Funktion des langen, muskulösen Schwanzes. Neben den Muskeln und Gelenken können für die Analyse der Fortbewegungsweise auch die Dinosaurierfährten herangezogen werden. An ihnen sind nicht nur Vierbeiner von Zweibeinern zu unterscheiden und die Größe des Fährtenereuzers zu ermitteln, sondern es lässt sich sogar seine Ganggeschwindigkeit berechnen. Aus der Form des einzelnen Fußabdruckes ergibt sich der Bau des Fußskeletts, die Anzahl der Zehen und einzelnen Zehenglieder und damit eine Bestimmung der Saurier, die hier einmal an einem Strand oder Flussufer entlang gelaufen sind. Allosaurier-Fußabdrücke sind dreizehig, wie die von Vögeln. Der lange Schwanz berührte offenbar nicht den Boden, sondern war nach hinten gestreckt, denn er hat ebenso wenig eine Spur hinterlassen wie die dreifingerigen, bekrallten Greifhände an den kurzen Vorderarmen.

Physiologie

Eher spekulativ ist die Rekonstruktion der Physiologie der Dinosaurier, also ihr Stoffwechsel, Herz-Kreislauf- und Atmungssystem. Durch die Analyse der Feinstruktur ihres Knochengewebes konnte aber die Wachstumsrate, also die Geschwindigkeit, mit der ein junger Saurier wuchs, ermittelt werden. Danach hatten bestimmte Raubsau-

rier (Theropoden), zu denen auch *Allosaurus* gehört, ein rasches Wachstum, ähnlich dem von Vögeln, die schnell ihre arttypische Endgröße erreichten. Heutige Reptilien, wie die Krokodile, wachsen langsam und fast zeitlebens. Indirekt bedeutet das, dass die Stoffwechselrate eines Raubdinosauriers höher war, als bei einem Krokodil, also einem wechselwarmen Reptil. Ob er physiologisch schon das Niveau gleichwarmer Vögel oder Säugetiere erreicht hatte, bleibt eine offene Frage. Es ist aber nicht auszuschließen, dass diese Dinosaurier aufgrund ihrer vogelähnlichen Wachstumsrate und ihrer aktiven Fortbewegungsweise schon echte „Warmblüter“ waren.

Durch zahlreiche Fossilfunde von Eischalen, Eigelegen, ja ganzen Nistkolonien, weltweit ist erwiesen, dass die Dinosaurier Eier legten. Durch elektronenmikroskopische Untersuchungen konnte die innere Struktur der Eischale mit Luftporen für die Sauerstoffversorgung der Embryonen sichtbar gemacht werden. In einigen Fällen enthalten die Eier noch die Skelette der Embryonen. Sie vermitteln damit einen Einblick in das Frühstadium der individuellen Entwicklung eines Dinosauriers. Vor einigen Jahren entdeckte man in etwa 70 Millionen Jahre alten Schichten der Wüste Gobi/Mongolei das Skelett eines Raubsauriers (*Oviraptor*) über einem Eigelege. Seine Vorder- und Hinterbeine umschlossen wie schützend die Eier, vielleicht als er bei einem Erdbeben oder einem Sandsturm verschüttet wurde. Möglicherweise saß er auf den Eiern, um sie auszubrüten. Auch in diesem Fall kann man nur von einer Spekulation, bestenfalls einer wissenschaftlichen Hypothese sprechen. Das Verhalten vorzeitlicher Tiere lässt sich eben nur indirekt erschließen. Die Analogie zu heute lebenden Tieren ist dabei eine hilfreiche Stütze, aber kein wissenschaftlicher Beweis.

Computer-Animation

Speziell für den Film über Big Al wurden die Bewegungsabläufe von Dinosauriern mit Hilfe modernster Computertechnologie analysiert. Bei diesen biomechanischen Untersuchungen werden zunächst die Detailmaße der Hinterbeinknochen und der exakte Grad ihrer Bewegungsmöglichkeit codiert in den Computer eingegeben. Darüber hinaus muss der Massenschwerpunkt des Körpers während der Fortbewegung ermittelt werden, wobei während des Gehens und Laufens ein Fuß immer den Boden berühren muss. Aus einer großen Datenmenge wird dann ein dreidimensional auf dem Bildschirm manipulierbares Gittermodell des ganzen Körpers, oder auch nur des Hinterbein-Bewegungsmoduls, konstruiert. So können die Schritt- und Laufbewegungen simuliert werden. Die biomechanische Analyse ergab, dass der Körper von *Allosaurus* während des Laufens von vorne nach hinten auf- und abwippt. Seine Hüften schwingen bei jedem Schritt von einer Seite zur anderen und wieder zurück. Die Wirbelsäule wird dabei ziemlich horizontal gehalten. Das Vorderende des Körpers bildet ein Gegengewicht zum Hinterende mit dem langen Schwanz und wird über dem Hüftgelenk, vor dem der Körperschwerpunkt liegt, ausbalanciert, so wie das auch in der filmischen Animation dargestellt ist. Moderne biomechanische Untersuchungsmethoden können zur Lösung weiterer Fragen führen, wie zum Beispiel: Welche Höchstgeschwindigkeit war für die verschie-

denen Dinosaurier möglich? Welche mechanischen Belastungen wirkten während des Laufens auf die einzelnen Knochen? Wie veränderte sich der Schrittzklus während der verschiedenen Ganggeschwindigkeiten? Diese an der Universität Bristol/Großbritannien durchgeführte Grundlagenforschung lieferte die Daten für die weitere Verarbeitung mittels spezieller Computeranimationsprogramme. Die lebensecht sich bewegenden Saurier haben zwar für die Filmemacher auch einen medienwirksamen Unterhaltungswert. Die sehr aufwändigen und kostspieligen Computeranimationen, die die Wissenschaftler aus eigenen Mitteln gar nicht finanzieren könnten, bieten aber die Chance, aktuelle wissenschaftliche Forschungsergebnisse einzubringen und einer breiteren Öffentlichkeit zu vermitteln. Nur so ist im Film eine wissenschaftlich vertretbare, überzeugende, möglichst realitätsnahe Darstellung vom äußeren Erscheinungsbild, den natürlichen Bewegungsabläufen und der Lebensweise der Dinosaurier möglich. Bei jeder Rekonstruktion vom Fossil zum Lebensbild sollte man zwischen tatsächlich nachweisbaren Fakten und indirekt abgeleiteten Schlussfolgerungen oder Spekulationen unterscheiden. Einer Fülle von Fossilfunden und intensiver, wissenschaftlicher Forschungsarbeit mit modernsten Methoden verdanken wir heute ein recht wirklichkeitsnahes Lebensbild dieser faszinierenden Tiere der erdgeschichtlichen Vergangenheit.

Weitere Medien

- 42 02551 Die Welt der Saurier 1.
Entfaltung und Erfolg der Dinosaurier.
VHS, 15 min, f
- 42 02552 Die Welt der Saurier 2.
Veränderte Lebensbedingungen und
Untergang der Dinosaurier VHS, 15 min, f
- 42 02701 Die Welt der Saurier 3.
Meeressaurier und Flugsaurier. VHS 16 min, f
- 42 02268 Erdgeschichte - Das Erdmittelalter:
Arbeitsvideo / 9 Kurzfilme. VHS 26 min, f
- 42 02384 Evolution der Tierwelt Australiens.
VHS 21 min, f
- 66 00140 Erlebnis Erde - Erdgeschichte. CD-ROM

Bearbeitung und Herausgabe

FWU Institut für Film und Bild, 2002
WBF Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung,
2002

Produktion

BBC, Discovery Channel, TV Asahi und BS Asahi,
in Zusammenarbeit mit ProSieben

Buch und Regie

Tim Haines
Kate Bartlett

Bearbeitung

Leo Linder

Fachberatung und Begleitkarte

Dr. Peter Wellenhofer

Bildnachweis

BBC

Pädagogische Referentin im FWU

Dr. Christine Fischer

Verleih durch Bildstellen, Medienzentren
und konfessionelle Medienzentren

Verkauf durch FWU Institut für Film und Bild,
Grünwald und
WBF Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung

Nur Bildstellen/Medienzentren: öV zulässig

© 2002

INSTITUT FÜR WELTKUNDE
IN BILDUNG UND FORSCHUNG
Gemeinnützige Gesellschaft mbH
Jüthornstraße 33
22043 Hamburg
Telefon (0 40) 68 71 61
Telefax (0 40) 68 72 04
E-Mail office@wbf-medien.de
Internet <http://www.wbf-medien.de>

FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiseltasteig
Bavariafilmplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon (0 89) 64 97-1
Telefax (0 89) 64 97-240
E-Mail info@fwu.de
Internet <http://www.fwu.de>



FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiseltalsteig
Bavariafilmplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon (0 89) 64 97-1
Telefax (0 89) 64 97-240
E-Mail info@fwu.de
Internet <http://www.fwu.de>

**zentrale Sammelnummern für
unseren Vertrieb:**

Telefon (0 89) 64 97-4 44
Telefax (0 89) 64 97-2 40
E-Mail vertrieb@fwu.de



INSTITUT FÜR WELTKUNDE
IN BILDUNG UND FORSCHUNG
Gemeinnützige Gesellschaft mbH
Jüthornstraße 33
22043 Hamburg
Telefon (0 40) 68 71 61
Telefax (0 40) 68 72 04
E-Mail office@wbf-medien.de
Internet <http://www.wbf-medien.de>

Alle Urheber- und
Leistungsschutzrechte vor-
behalten.
Keine unerlaubte Vervielfältigung,
Vermietung, Auf-
führung, Sendung!

**Freigegeben
o. A. gemäß
§ 7 JÖSchG FSK**

FWU - Schule und Unterricht

VHS 42 02717 (FWU)

V-6453 (WBF)

16 min, Farbe

Die Welt der Saurier 4

Allosaurus - Vom Fossil zum Lebensbild

Ein Allosaurier-Männchen schlüpft aus dem Ei. Von nun an verfolgen wir seinen Lebensweg, bis er im Alter von 6 Jahren an einer Knochenentzündung stirbt. Beeindruckende Animationen zeigen ihn als winzigen Nestflüchter, verdeutlichen die Gefahren, die von Fressfeinden und kannibalischen Artgenossen ausgehen, verfolgen ihn bei seiner wilden Jagd und bei Kämpfen mit Artgenossen. Doch woher wissen wir dies alles? Sämtliche Stationen im Leben des Allosauriers werden wissenschaftlich untermauert: Neben der Untersuchung fossiler Knochen und Eier gewinnen die Paläontologen Erkenntnisse aus der Neuroanatomie und aus vergleichenden Verhaltensstudien mit den noch lebenden Verwandten der Dinosaurier.

Schlagwörter

Dinosaurier, *Allosaurus*, Reptilien, Fossil

Biologie

Allgemeine Biologie • Evolution
Zoologie • Allgemeine Zoologie • Gestalt und Bau
Wirbeltiere • Kriechtiere

Geographie

Geologie • Erdgeschichte

Allgemeinbildende Schule (ab 5)

Kinder- und Jugendbildung (ab 10)

Erwachsenenbildung