

Die Ganganalyse

Pirmasens, den 2. 2. 2010

Andreas Hecker

Einleitung: Das Exponat

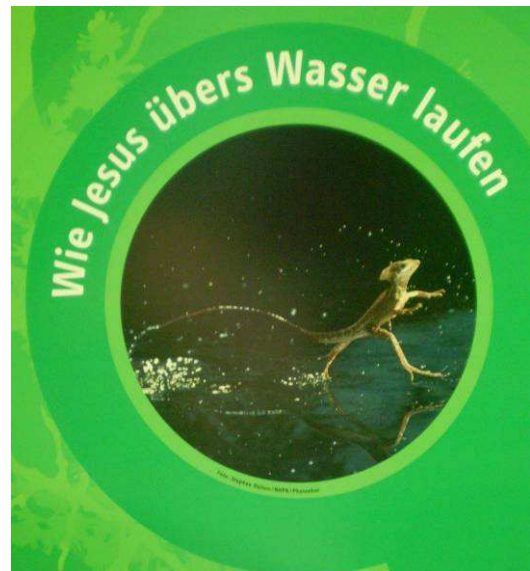
Das Exponat Ganganalyse ist ein Exponat, das sich für die Behandlung des Themas Bewegung und Human-Evolution als Ergänzung des Biologie-Unterrichts eignet. Es zeigt die zeitliche und quantitative Belastung des Fußes während des Schrittvorgangs. Die Daten sind im Internet für drei Tage abrufbar. Weitere Exponate ergänzen die Thematik. Diese sind im Folgenden **fettgedruckt**.

Zweibeinige Fortbewegung bei Tieren

Die Fortbewegungsweise des Menschen ist einzigartig in der Natur. Die meisten Tiere bewegen sich an Land mit vier oder mehr Beinen fort. Eine zweibeinige Fortbewegungsweise dagegen ist selten. Außer den Vögeln gibt es nur wenige Tiere, die, wenn auch kurz, zweibeinig laufen können. Dazu gehört der Helmbasilisk (*Basiliscus basiliscus*), auch **Jesusechse** genannt, der in der Ausstellung zu sehen ist, aber auch Krokodile. Sie können aber nur stabil rennen, aber nicht stehen, da der Oberkörper nach Vorne fallen würde. Ihre Körperachse ist in Ruhe immer waagrecht.

Kontrolliert gehen und stehen können dagegen die meisten Vögel. Dies haben sie von ihren Vorläufern, den zweibeinigen Dinosauriern (Theropoda) geerbt, deren älteste Vorläufer (*Lagosuchus*) aus der Zeit des Trias-Buntsandstein (der Gesteinsformation des Pfälzer Waldes) bekannt sind. Bei den Dinosauriern ist der Vorderkörper vorgebeugt und damit die Körperachse ebenfalls waagrecht. Damit das Tier aber nicht nach Vorne fällt, braucht es ein Gegengewicht. Dieses wird aus einem langen und beweglichen Schwanz gebildet. Er muss besonders beweglich sein, damit das Tier enge Kurven rennen kann.

Vögel haben auch heute noch den Schwerpunkt mittig vom Körper. Da sie keinen langen Schwanz mehr besitzen, sind die Beine unter Umständen nach vorne gerückt. Ausnahmen bilden nur die Vögel, die an das Tauchen spezialisiert sind. Der Haubentaucher (*Podiceps cristatus*) zum Beispiel hat besonders weit hinten liegende Beine. Mit ihnen kann er sehr gut tauchen, das Gehen ist ihm aber nicht



mehr möglich. Dagegen können Pinguine hervorragend gehen und tauchen. Ihre Körperachse ist nicht mehr waagrecht, sondern senkrecht.

Was diese Tiere gemeinsam haben (außer Krokodile) ist, dass die Wirbelsäule sich bei der Fortbewegung rechts-links bewegt. Für Säugetiere ist die typische Bewegung aber ein Buckeln und Strecken der Wirbelsäule. Deshalb kann ein Pferd galoppieren (Diese Bewegung ist schön in einem Film über das **Hauspferd** zu sehen den Eadweard Muybridge bereits 1872 aufnahm. Aufgrund diesen Films wird die buckelnde Bewegung bei allen Säugetieren als Galoppieren bezeichnet (auch wenn Wale nicht wirklich galoppieren).

Dafür benötigen die meisten Säugetiere allerdings vier Beine um diese abwechselnd auf die Erde setzen zu können. Lediglich bei **Kängurus** ist die Bewegung abgewandelt. Hier erzeugt der schwere und dicke Schwanz als Balancierstange den Gewichtsausgleich.



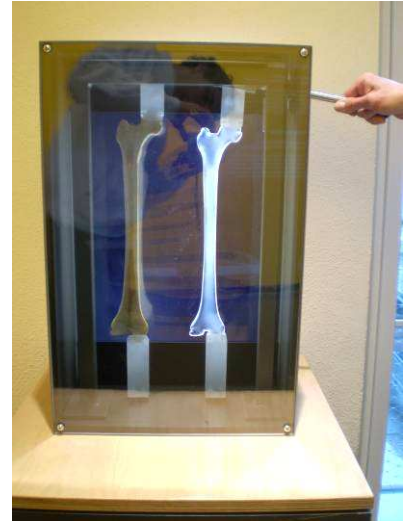
Evolution des Gehens beim Menschen

Unter den Säugetieren ist die Fortbewegung des Menschen einzigartig. Lediglich einige Meter können Menschenaffen sich auf ähnliche Weise fortbewegen. Der älteste Nachweis dauerhaft zweibeinigem Gehens stammt von *Ardipithecus ramidus* aus Äthiopien und ist etwa 4,4 – 4,1 mill. Jahre alt. Bekannter noch ist der Fund von fossilen Fußspuren aus dem tansanianischen Laetoli. Sie sind ca. 2,2 mill. Jahre alt und stammen von *Australopithecus afarensis*. Spätestens seitdem ist die zweibeinige Gang beim Menschen dauerhaft belegt.

Warum entwickelte sich diese Spezialform der Fortbewegung? Dies ist bis heute nicht geklärt. Eine interessante Vorstellung ist, dass die Vorläufer der Menschen auf Bäumen gelebt haben, und an den Ästen hangelnd gelaufen sind. Die meisten Funde allerdings stammen aus „Galeriewäldern“. So nennt man parkähnliche Bereiche, in denen sich Bäume, Grasland und Feuchtbereiche abwechseln. Längst nicht alle Funde stammen aus diesen Bereichen. So ist das zweibeinige Gehen in der offenen Savanne von Vorteil, da es Überblick über das Steppen-Gras bietet. Tatsache ist, dass der aufrechte Gang für lange Strecken energiesparend ist und somit der Lebens- oder Nahrungserwerberradius gegenüber anderen Menschenaffen beträchtlich erweitert werden kann. Zudem läst es die Hände frei. Dadurch können Säuglinge, Nahrung oder Werkzeuge getragen werden.

Anpassungen im Körperbau

Um dauerhaft und effizient aufrecht gehen zu können, waren im Laufe der Evolution zahlreiche Veränderungen notwendig. So muss der Kopf beispielsweise nicht vor, sondern unter die Wirbelsäule gestellt werden. Das Becken ist schüsselförmig und nach oben gekippt und stützt die Eingeweide. Dafür ist die Muskulatur im Unterbauch nicht stark genug, was zu Leistenbrüchen führen kann. Die stärkste Belastung liegt auf der Wirbelsäule. Sie muss das Gewicht des Körpers stützen und tragen, soll aber gleichzeitig beim Gehen als Stoßdämpfer fungieren. Sie ist auch beim Menschen weiterhin für die säugetier-typische Buckelbewegung gebaut, steht jetzt aber aufrecht. Dazu ist sie doppelt S-förmig gekrümmt und bewegt sich beim Gehen vor und zurück (nach wie vor Buckelbewegung, nur senkrecht!).



Die Beine tragen das größte Gewicht. Bei einem ausgewachsenen Mann muss der Oberschenkelknochen und das Knie beim Rennen Gewichtslastungen von 500kg und mehr aushalten. Entsprechend sind die Knochen auch stabil gebaut und relativ unempfindlich gegen Druck. Das Exponat **Knochenbelastung** zeigt dies deutlich.

Der Fuß ist weiterhin sehr beweglich. Als Sohlengänger verteilt sich das Gewicht beim Gehen auf den Fuß. Dieser bildet durch den verlängerten Mittelfuß einen Hebel, dafür sind die Zehen verkürzt und nicht mehr zum Greifen geeignet.

Aufbau der Fußsohle

Die Fußsohle ist unterteilt in:

- Ferse
- Fußaußenrand
- Fußgewölbe
- Fußballen und Zehen

Geschützt ist die Fußsohle durch eine relativ dicke Haut und an den häufig belasteten Stellen aufliegende Hornhaut. Abgepolstert ist sie zudem durch Fettpolster die Stöße auffangen. Diese liegen besonders im Bereich der Ferse, den Ballen und den Zehen.

Die Gewichtslastung wird über die „Brückenfunktion“ des Fußgewölbes an die Außenränder abgeleitet.

Dadurch verteilt sich das Gewicht beim stehenden Fuß von der Ferse über den Außenrand zu den Ballen. Am Besten lässt sich dies an einer Fußspur im Sand sehen.



Technik des Gehens

Der Gang des Menschen unterteilt sich in zwei Einzelschritte. Diese bilden zusammen den Doppelschritt oder Gangzyklus. Die Bewegung eines Fußes lässt sich in zwei Phasen unterteilen: der Standphase und der Schwungphase. Das Exponat **Ganganalyse** stellt die Standphasen beider Füße eines Doppelschritts dar.

Die Belastungskurve hat ungefähr die Form eines M. Dies kommt daher, dass zunächst die Ferse aufsetzt und das gesamte Körpergewicht trägt. Hier wird der erste Peak gemessen. Anschließend rollt der Fuß an der Außenkante des Gewölbes ab. Nun wird das Gewicht gleichmäßig auf die aufliegende Fußfläche verteilt. Schließlich drücken die Zehen von der Platte weg und der zweite Peak wird registriert.

Dauer, Intensität und Verlauf sind individuell, nur der Verlauf ist menschen-typisch.



Die Daten können gespeichert werden und sind für drei Tage zum Download abrufbar auf der Seite:

<http://www.dynamikum.de/nav/mein-dynamikum/bilder-upload/>