

Große Landesausstellung 2013
„bodenlos – durch die luft und unter wasser“
25.4. – 27.10.2013
im Naturkundemuseum Karlsruhe



Zur Ausstellung

Dr. Eva Gebauer

Luft und Wasser

Thema der Ausstellung ist die Vielfalt der Fortbewegung im Raum, das Verstehen und Erforschen der Fortbewegungsprinzipien ihr Ziel.

Die Fortbewegungsweisen durch Luft und Wasser ähneln sich in weiten Teilen, da die physikalischen Gesetze dieselben sind. Der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Medien, der sich auf die Möglichkeiten der Bewegung auswirkt, besteht jedoch in ihrer Zähigkeit (Viskosität) und Dichte.

Diesen physikalischen Prinzipien sind alle Objekte unterworfen, also lebende Organismen genauso wie technische Konstruktionen. Dabei ist es nur etwa hundert Jahre her, dass der Mensch mithilfe von Maschinen fliegen und tauchen kann. Viele Tiere und Pflanzen aber haben ihre Bewegungsmechanismen durch die Luft und unter Wasser über Jahr-millionen hinweg optimiert.

Nach einer kurzen Einführung zu den unterschiedlichen Eigenschaften von Luft und Wasser mit einer Experimentierstation zum anschaulichen Begreifen, geht es auf Ent-deckungstour rund um das Thema Fortbewegung in diesen beiden Medien.

Unterwegs im Wasser und in der Luft – aber wie?

Die verschiedenen Bewegungsprinzipien werden in der Ausstellung an einzelnen Modulen vorgestellt und erläutert. Alle diese Module sind mit anschaulichen Objekten bestückt, die die Vielfalt der Fortbewegungsarten unterstreichen. An Experimentier-stationen und Aquarien bzw. Terrarien lassen sie sich experimentell und lebendig nach-vollziehen. Anschauliche Grafiken verdeutlichen die notwendigen physikalischen Gesetzmäßigkeiten.

Freier Fall, Schweben oder Gleiten

Objekte wie Ballons, die leichter sind als Luft, schweben oder steigen nach oben, da nach dem Archimedischen Prinzip das Gewicht des Körpers kleiner als das Gewicht des verdrängten Mediums ist.

Körper, die schwerer sind als Luft oder Wasser, bewegen sich im freien Fall in Richtung Boden. Der freie Fall kann durch vergrößerte Oberflächen, wie etwa Hautlappen oder Haare bei Tieren und Pflanzen, oder mit einem Schirm gebremst werden. Solche vergrößerten Oberflächen erhöhen die Reibung und damit den Luftwiderstand, bewegen sich jedoch nicht vorwärts. Dies gelingt nur mit einer geneigten Fläche, wie sie Gleiter (z.B. die Echse *Draco volans* oder Gleithörnchen) nutzen. Unter der Fläche bildet sich

durch Luftstau ein Überdruck und so gleitet das Tier gewissermaßen auf einem Luftkissen entgegen der Neigungsrichtung antriebslos zu Boden.

Segelflieger sind ebenfalls schwerer als Luft und gleiten trotz ihrer langen Flügel langsam, aber stetig zu Boden. Im Gegensatz zu den Gleitern ist die tragende Fläche jedoch nicht nur eine Art schräge Platte, sondern noch zusätzlich nach oben gewölbt – das sogenannte Tragflächenprofil, an dem Auftrieb erzeugt wird. Um Höhe zu gewinnen, nutzen Segelflieger daher Aufwinde, wie z.B. Hangaufwinde, aufsteigende Warmluft oder Küstenaufwinde.

Fliegen mit Antrieb

Das Geheimnis eines erfolgreichen Menschenflugs unabhängig vom Wind war erst die bahnbrechende Entdeckung, den Antrieb von der Auftriebsstruktur – den Tragflächen – zu trennen. Hierbei sorgen Motoren oder Triebwerke allein für den Vortrieb und damit für die Umströmung der Tragflächen. Angetrieben durch Propeller oder Düsentriebwerke kann ein Flugzeug auch vom Boden abheben. Konstruktionen, bei denen der Antrieb vom Tragflügel getrennt ist, gibt es in der Natur nicht.

Tiere wie Vögel, Fledermäuse, Insekten und Flugsaurier erzeugen Antrieb durch Flügelschlag. Dieser Schlagflug ist auch unter Wasser möglich. Meeresschildkröten, Ohrenrobber, Plesiosaurier, manche Vögel, Fische, Tintenfische und Meeresschnecken sind sozusagen Unterwasserflieger. Das Zusammenspiel von Gelenken, Sehnen und Muskeln ist Voraussetzung für den Schlagflug und technisch schwierig nachzubauen. Eine technische Lösung, die Auftrieb und Vortrieb jedoch in einer Struktur vereint, ist der Kreisflügler oder Helikopter. Kreisflügler finden sich in der Natur nur bei Pflanzensamen, sie werden vom Wind bewegt.

Schlägelnd und paddelnd durchs Wasser

Schwimmende Wirbeltiere können sich prinzipiell auf zwei Arten im Wasser fortbewegen: Entweder schlägelnd (undulatorisch) mittels Wellenantrieb oder rudern bzw. paddelnd (oszillatorisch) durch Verdrängung oder Unterwasserflug. Viele Wirbellose bewegen sich durch Rückstoß fort.

Beim Rudern (gleichzeitiger Schlag auf beiden Seiten, bewirkt eine stoßweise, geradlinige Bewegung) oder Paddeln (abwechselnder Schlag, bewirkt eine kontinuierliche, wellenförmige Bewegung) wird Vortrieb erzeugt, indem Wasser oder Luft mit einer möglichst großen Fläche nach hinten verdrängt wird. Bei diesem Antriebsschlag wird der Körper vorwärts getrieben. Der Rückstossschlag ist antriebslos und es wird so wenig Reibung wie möglich erzeugt.

Beim Wellenantrieb erfolgt der Antrieb mit dem Körper oder den Flossen durch eine wellenförmige (sinusförmige) Bewegung. Entlang der Körperseiten werden rotierende Wirbelwalzen erzeugt, die den Körper vorwärts treiben und dabei selbst schwanzwärts wandern.

Beim Antrieb durch Rückstoß wird Wasser eingesaugt und mit schneller Geschwindigkeit durch eine enge Öffnung (Düse) wieder ausgestoßen. Der Antriebsimpuls resultiert aus den in der Druckkammer beschleunigten Schubmassen, die durch die Düse ausgestoßen

werden und den Körper vorantreiben – immer entgegengesetzt des Antriebsimpulses. Düsenjets und Raketen sind technische Rückstoßflieger. Unter Wasser nutzen überwiegend Weichtiere den Rückstoß zum Antrieb, wie Tintenfische oder Muscheln.

Auf in die Lüfte

Ein weiterer Ausstellungsbereich beleuchtet zwei faszinierende Tiergruppen, die beide den Luftraum erobert haben, näher – die Flugsaurier und die Vögel.

Die Pterosaurier – die Echsen der Lüfte – waren die ersten Landwirbeltiere, die sich mit Flügelschlag durch die Luft bewegten, also aktiv geflogen sind. Ihre Flügel bestanden aus einer Flughaut, die von der Spitze eines enorm verlängerten Fingers bis zum Sprunggelenk reichte. Pterosaurierknochen sind hohl und waren vermutlich mit Luft gefüllt. Der Körper der Tiere war behaart und die Schädel zierten oft bizarr anmutende Knochenkämme.

Flugsaurier lebten gleichzeitig mit den Dinosauriern während des Erdmittelalters und verbreiteten sich nach ihrem ersten Erscheinen vor etwa 250 Millionen Jahren über die gesamte Erde. Sie starben wie viele andere Tiere auch am Ende der Kreidezeit vor 65 Millionen Jahren aus.

Die Ausstellung gibt mit ausgewählten Beispielen und mit vielen Originalfossilien einen umfassenden Überblick über die verschiedenen Gruppen der Pterosaurier, die mitunter nur so groß wie eine Amsel waren, während andere eine Flügelspannweite von über 12 Metern erreichen konnten. Anschauliche Grafiken, Modelle und Fossilien geben einen spannenden Einblick in die Lebensweise dieser faszinierenden Tiere. Hierbei werden unter anderem Flugvermögen, Ernährung und Fortpflanzung thematisiert.

Vögel sind die Nachkommen kleiner zweibeiniger Raubdinosaurier, die im Erdmittelalter auf dem Boden nach Beute jagten. Der Wandel vom Raubsaurier zum Vogel ist als eine Folge von Konstruktionsniveaus darstellbar, die in der Ausstellung beispielhaft mit lebensgetreuen Modellen und anhand von Fossilien aufgezeigt werden. Die Funde belegen, dass manche Raubsaurier Federn hatten und einige sogar flugfähig waren.

Heute besiedeln Vögel dank ihrer beachtlichen Flugfähigkeiten und Sinnesleistungen vom Äquator bis zu den Polen selbst die entlegensten Lebensräume der Erde. Mit über 10.000 Arten sind sie die artenreichste Gruppe der Landwirbeltiere. Eine im wahrsten Sinne des Wortes bunte Auswahl an Exponaten gibt einen Eindruck von der Vielfalt der heutigen Vogelwelt.

Aber was macht einen Vogel eigentlich aus? Das bekannteste und offensichtlichste Kennzeichen sind seine Federn. Sie bilden die Tragflächen der Flügel, formen den Steuerschwanz und geben dem Körper eine aerodynamische Stromlinienform. Das Federkleid sorgt aber auch für eine gleichmäßige Körperwärme. Vögel sind Leichtgewichte mit einem zahnlosen Schnabel und einem Luftsacksystem, das sich bis in die hohlen Knochen hineinzieht. Außerdem ermöglichen die leistungsfähigsten Lungen im Tierreich körperliche Höchstleistungen beim Fliegen.