

Die Herausforderungen im Wasser

Im Wasser zu leben ist mit einer Reihe von Herausforderungen verbunden, besonders beim Atmen mit Lungen, was sowohl Säugetiere als auch Vögel tun. Daher müssen diese Tiere einige Anpassungen haben, um im Wasser leben zu können. Woran die Meisten nun zuerst denken, ist möglicherweise der Sauerstoffmangel während längerer Tauchgänge. Jedoch gibt es noch weitere Herausforderungen, die überwunden werden müssen, um erfolgreich im Wasser leben zu können.

Es gibt nur zwei Ordnungen von Säugetieren, denen Anpassungen an ein Wasserleben fehlen: die Fledermäuse (Chiroptera) sowie Hasen und Kaninchen (Lagomorpha). Alle anderen größeren Ordnungen haben einige Vertreter in der aquatischen Umwelt und jeweils drei Ordnungen leben nur im Wasser. Dieses sind Robben, Wale und Seekühe. Bei Vögeln haben sich mehrere entfernte verwandte Gruppen an ein Leben im Wasser gewöhnt, wie Pinguine, Albatrosse, Reiher, Watvögel, Möwen und Enten. Es gibt auch Gruppen von Vögeln, die keinen Vertreter im Wasser haben. Dazu gehören beispielsweise Papageien, Tauben und Eulen.

Was sind die Herausforderungen, die diese Tiere überwinden müssen, wenn sie mit einem Leben im Wasser leben wollen? Wir können sie in sechs Kategorien einteilen:

1. Temperatur und Wärmeverlust
2. Sauerstoffmangel
3. Die Wirkung von Druck
4. Tiefenrausch
5. Sauerstoffvergiftung
6. Dekompressionskrankheit

1. Temperatur und Wärmeverlust

Wasser hat eine viel bessere Wärmeleitfähigkeit als Luft (0,58 W/mK im Wasser, 0,026 W/mK in der Luft). Die Wärmeleitfähigkeit der Luft ist 20-mal niedriger als die des Wassers. Wenn das Wasser nun eine niedrigere Temperatur als das Tier hat, wird viel Wärme vom Tier abgeleitet. Das bedeutet, alle gleichwarmen Tiere, die im Wasser leben, müssen diesen Wärmeverlust so gering wie möglich halten, um weiterhin ein Temperaturoptimum für chemische Reaktionen in ihrem Körper aufrecht zu erhalten. Eine Art dies zu bewerkstelligen ist den Körper durch Fett, Fell oder Federn gut zu isolieren. Eine andere Möglichkeit Wärmeverlust zu vermeiden, ist Blutfluss in die Regionen zu verringern, in denen der Wärmeverlust am größten ist. Wärmeverlust kann auch verringert werden durch einen großen Körper. Größere Tiere haben im Verhältnis zum Volumen eine geringere (relative) Oberfläche als kleine Tiere und somit einen geringeren Wärmeverlust. Dies kann gut beobachtet werden, bei der Betrachtung von Tieren unterschiedlicher Klimazonen - die größeren Individuen finden sich in kälteren Regionen (Bergmann'sche Regel). Ein Beispiel dafür ist der Elch, welcher im Norden Schwedens im Schnitt größer ist, als im Süden Schwedens. Meeressäuger zählen zu den größten Tieren der Erde und bestätigen die Regel.

2. Sauerstoffmangel

Tiere die Luft atmen und unter der Wasseroberfläche leben, müssen den gesamten Sauerstoff für einen Tauchgang mit sich bringen. Man könnte vermuten, dass Meeressäuger einfach größere Lungen haben um mehr Luft mit sich in die Tiefe zu nehmen. Aber es stellte sich heraus, dass tauchende Tiere keine größeren Lungen im Vergleich zu an Land lebenden Tieren haben und die

besten Taucher oft sogar relativ kleine Lungen besitzen. Stattdessen ist die Sauerstoffaufnahme-fähigkeit des Blutes bei Meeressäugern erhöht. Menschen können im Schnitt 20ml O₂ pro 100 ml Blut transportieren, wohingegen Seehunde und Wale 30 - 40ml pro 100 ml Blut transportieren. Aber man kann nicht unbegrenzt viele rote Blutzellen im Blut haben, denn dann wäre das Blut zu dick für den Pumpmechanismus des Herzens. Um dieses Problem zu umgehen, wird das Blutvolumen im Körper erhöht. Ein 70 kg schwerer Mensch hat im Schnitt 4,5-5 L Blut in sich, genauso viel wie ein Seehund mit nur 30 kg Körpergewicht. Zudem speichern Seehunde und Wale mehr Sauerstoff in ihren Muskeln. Menschen haben ungefähr 6 g Myoglobin in jedem Kilogramm Muskel. Ein großer Tümmler hat 33g Myoglobin, eine Weddelrobbe sogar 45g Myoglobin und ein Pottwal hat 57 g Myoglobin pro Kilogramm Muskel.

3. Die Wirkung von Druck

Druck kann erhebliche Konsequenzen für das Tier während eines Tauchganges bedeuten, besonders, wenn tiefer als 1000 m getaucht wird. Der gemessene Tiefenrekord hält ein Schnabelwal mit 2992 m. Menschen können einige Meter tief tauchen ohne negative Effekte und ohne jegliches Equipment. Der Österreicher Herbert Nitsch hat es bis auf 214m geschafft. Hierbei wurde er an einer Art Schlitten an einem Stahlseil in Meer hinuntergezogen. No Limit heisst diese Variante des Apnoetauchens.

Nicht nur der Druck setzt Grenzen, auch die Effekte die der Druck auf Gase hat spielt hier eine Rolle. Hoher Druck hat einen Einfluss auf chemische Reaktionen. Wir wissen, dass Druck die Gleichgewichtsreaktionen von gelösten Säuren und Basen beeinflusst, welche wichtige Reaktionsträger im Körper sind. Außerdem verändert Druck viele Proteinstrukturen. Die negativen Auswirkungen machen sich bemerkbar bei Nervensignalen, Muskelkontraktionen und dem Sauerstofftransport im Blut. Ergänzend beeinflusst Druck die Funktionalität von Zellmembranen und den Ionentransport.

4. Tiefenrausch

Stickstoff ist ein inertes Gas und hat vergiftende Effekte unter hohem Druck. Es ist dem Stickstoffoxid (N₂O) ähnlich, dem Lachgas. Der Effekt braucht ein wenig um einzutreten aber bei einer Tiefe von 100m ist Stickstoff so reaktionsfreudig, dass es sich mit Sauerstoff verbindet. Als Stickstoffoxid kann es nicht während des Tauchens geatmet werden. Viele Taucher haben nach einer Stickstoffvergiftung berichtet, dass die Effekte einer Alkoholvergiftung ähnlich sind: Glückseligkeit oder sehr sentimentale Stimmung - beides ist unerwünscht.

Um eine Vergiftung zu vermeiden benutzen Taucher Gasmischungen mit geringerem Stickstoffanteil und mehr Helium, aber sogar Helium kann unter extremen Tiefen vergiftende Effekte haben. Tauchende Tiere sind von solchen Vergiftungen nicht betroffen, da sie keine Luft während des Tauchganges einatmen.

5. Sauerstoffvergiftung

Sauerstoff ist sehr reaktiv und die Sauerstoffentstehung in der Atmosphäre vor 2,5Mrd. Jahren kann wohl als eine der schlimmsten Vergiftungen der Erdatmosphäre gesehen werden. Heute ist natürlich alles Leben an Sauerstoff angepasst und man kann ohne Sauerstoff nicht überleben. Aber reiner Sauerstoff unter normalem Luftdruck ist gefährlich für Warmblüter. Menschen können 100% Sauerstoff für 12 Stunden einatmen, aber nach 24 Stunden beginnen die Atemwege und die Lunge

sich zu entzünden. Einige Tage purer Sauerstoff hat sich bei Ratten als tödlich erwiesen und mit steigendem Druck wird die Gefahr noch größer. Menschen würden schon nach einigen Stunden sterben, wenn sie unter 3 bar Druck reinem Sauerstoff ausgesetzt würden. Dies ist besonders wichtig beim Tauchen, denn der Taucher bringt sauerstoffhaltende Luft mit sich. Ein Taucher mit normalem Luftgemisch bei einer Tiefe von 40 m, atmet das Gas unter 5 bar Druck. Der Partialdruck von Sauerstoff ist ein Fünftel davon, also 1 bar. Bei Tauchgängen tiefer als 40 m sollte man eine Gasmischung atmen, die weniger als 20 % Sauerstoffenthält, der Rest sollte Helium sein. All dies betrifft natürlich nicht die tauchenden Tiere, denn diese atmen nur an der Oberfläche.

6. Dekompressionskrankheit

Die Taucherkrankheit, auch bekannt als Dekompressionskrankheit, beschreibt eine akute Veränderung der Gase im Blut. Es bilden sich kleine Bläschen bei Aufstieg des Tauchers, also bei der Verringerung des Drucks. Man kann es vergleichen damit, dass Kohlenstoffdioxidbläschen in einer Flasche aufsteigen, wenn man sie öffnet. Mit Reduktion des Drucks in der Flasche wird Kohlenstoffdioxid frei und löst sich aus der Flüssigkeit als Gas. Ein Taucher, der Luft aus der Tauchflasche einatmet, bringt verschiedene Gase in sein Blut ein, welche unter hohem Druck ins Blut übergehen. Wenn er oder sie dann den Druck abrupt verringert, durch Aufsteigen zur Oberfläche, bildet Stickstoff in verschiedensten Geweben Bläschen. Diese Bläschen blockieren dann kleine Blutgefäße. Wenn dies im Zentralen Nervensystem stattfindet, kann es tödliche Konsequenzen haben. Die einzige Möglichkeit die Dekompressionskrankheit zu heilen, ist den Außendruck für die betroffene Person wieder zu erhöhen. Dies geschieht in Druckkammern. Der Stickstoff geht wieder gelöst ins Blut über und mit gradueller und langsamer Verringerung des Drucks wird der Stickstoff kontrolliert als Gas ausgeatmet. Die Taucherkrankheit kann vermieden werden, indem immer langsam zur Wasseroberfläche aufgestiegen wird und einige Dekompressionsstops auf dem Weg eingelegt werden.

Die Dekompressionskrankheit kann auch Apnoe-Taucher betreffen. Diese machen viele kurze Tauchgänge hintereinander und füllen dazwischen die Lunge mit frischer Luft. Dabei geben sie sich oft selber nicht genug Zeit um den Stickstoff aus dem Blut auszuatmen. Ein dänischer Arzt, welcher das Freitauchen in einem 20m Tank trainierte, machte in einer 5 stündigen Einheit 60 Tauchgänge. Er erkrankte dann an der Dekompressionskrankheit und musste in einer Druckkammer behandelt werden. Es dauerte 20 Stunden bis der Stickstoff seinen Kreislauf kontrolliert verlassen hatte. Wieso also, bekommen tauchende Säugetiere keine Dekompressionskrankheit, wenn sie doch viele tiefe Tauchgänge hintereinander machen?

Der Hauptgrund ist, dass sie ihre Lungen nicht komplett mit Luft füllen. Wie vorher schon erwähnt, atmen sie vor dem Abtauchen aus und manche Seehunde haben Lungen die komplett in sich zusammenfallen können (z.B. Weddellrobbe). So kann das Blut keinen Stickstoff unter hohem Druck aufnehmen und die Dekompressionskrankheit kann nicht eintreten.