

Max-Planck-Gesellschaft

Presse-Information



PRI B 11/ 2001 (22)

18. April 2001

Für Wale und Robben ist das Meer nicht blau

Wissenschaftler entdecken paradoxe Farbblindheit bei Meeressäugern

Die meisten Säugetiere können Farben sehen. Grundlage dafür sind zwei spektral unterschiedlich empfindliche Typen von Zapfen-Photorezeptoren in der Netzhaut, die Blau- und die Grünzapfen. Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt/M., am Alfred-Wegener-Institut in Bremen und an der Universität Lund in Schweden haben jetzt entdeckt, dass Wale und Robben die Blauzapfen fehlen (European Journal of Neuroscience, Vol. 13, pp. 1520-1528, April 2001). Diese Meeressäuger besitzen nur Grünzapfen und sind damit farbenblind, denn mit nur einem Zapfentyp sind keine Farbunterscheidungen möglich. Hingegen verfügen die an Land lebenden Verwandten der Wale und Robben noch über beide Zapfentypen. Der Verlust der Blauzapfen bei den Meeressäugern erscheint paradox, weil in klarem Meerwasser das Licht mit zunehmender Tiefe immer blauer wird.

Menschen und viele andere Primaten können sehr gut Farben sehen. Das ermöglichen drei Typen von Zapfen-Photorezeptoren (Lichtsinnzellen) mit unterschiedlicher spektraler Empfindlichkeit in der Netzhaut des Auges: die Blau-, Grün- und Rotzapfen (trichromatisches Farbsehen). Die meisten anderen Säugetiere sind etwas weniger farbtüchtig. Sie besitzen nur zwei Zapfentypen, Blau- und Grünzapfen; einige Arten haben nur Blau- und Rotzapfen. Dieses dichromatische Farbsehen ist gewissermaßen die Grundausstattung im Bauplan der Säugetiere. Zwei große Gruppen von Meeressäugern, die Wale und Robben, fallen jedoch aus diesem Muster völlig heraus, wie eine deutsch-schwedische Forschergruppe jetzt herausgefunden hat. Wale und Robben fehlen die Blauzapfen, sie besitzen nur die Grünzapfen. Da sich mit nur einem Zapfentyp Farben nicht unterscheiden lassen, sind Wale und Robben somit farbenblind (Zapfen-Monochromaten). Darüber hinaus ist ihre Helligkeits- und Kontrastwahrnehmung - ohne Blauzapfen - im blauen Bereich des Spektrums stark eingeschränkt. Der Defekt erscheint den Wissenschaftlern paradox, da in klarem Meerwasser das Licht mit zunehmender Tiefe immer blauer wird.

Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung
der Wissenschaften e.V.
Referat für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Hofgartenstraße 8
80539 München

Postfach 10 10 62
80084 München

Telefon: +49(0)89/2108-1276
Telefax: +49(0)89/2108-1207

E-Mail: presse@mpg-gv.mpg.de
Internet: www.mpg.de

Pressesprecher:
Dr. Bernd Wirsing (-1276)

Biologie, Medizin:
Dr. Christina Beck (-1306)
Walter Frese (-1272)

Chemie, Physik, Technik:
Eugen Hintsches (-1257)
Helmut Hornung (-1404)

Geisteswissenschaften:
Susanne Beer (-1342)

Online-Redaktion:
Dr. Andreas Trepte (-1238)

ISSN 0170-4656

Bei der Untersuchung der Augen verschiedener Meeressäuger stießen Leo Peichl vom Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Günther Behrmann vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremen und Ronald Kröger vom Zoologischen Institut der Universität Lund (Schweden) auf ein überraschendes Defizit: Allen 14 untersuchten Arten aus den Gruppen der Zahnwale (Delphine), der Seehunde und der Seelöwen fehlen die blauempfindlichen Zapfen; in ihrer Netzhaut finden sich nur die Grünzapfen und die für das Dämmerungssehen wichtigen Stäbchen-Photorezeptoren. Der Defekt wurde immunzytochemisch mit Antikörpern gegen die Sehfärbstoffe (Opsine) der Zapfen nachgewiesen. Diese Methode erlaubt die Untersuchung konservierter Augen von gestrandeten oder in Zoos gestorbenen Meeressäugern.

Peichl, Behrmann und Kröger vermuten aufgrund ihrer taxonomisch breiten Stichproben, dass alle Wale und Robben den Blauzapfen-Defekt haben. Wale und Robben sind stammesgeschichtlich nicht miteinander verwandt. Die Wale stammen von landlebenden Paarhufern ab, ihr nächster terrestrischer Verwandter ist das Flusspferd. Die Robben haben sich aus landlebenden Raubtieren (Carnivoren) entwickelt, zu ihren nahen Verwandten zählen zum Beispiel Wolf, Frettchen und Flussotter. Bei all diesen terrestrischen Verwandten fand die Forschergruppe Blauzapfen. Der Verlust der Blauzapfen bei den marinen Vertretern dieser beiden so unterschiedlichen Säugergruppen spricht für eine evolutionäre Anpassung (konvergente Evolution) an den marinen Lebensraum und damit für einen adaptiven Vorteil des Defekts. Rätselhaft wird die Sache allerdings durch das Phänomen, dass bei der Ausbreitung von Licht in klarem Wasser, zum Beispiel im offenen Meer, die langwelligen Anteile bevorzugt gestreut werden und deshalb mit zunehmender Wassertiefe die kurzwelligen, blauen Anteile immer mehr dominieren – ein Effekt, den jeder Taucher kennt. Unter diesen Bedingungen erscheint der Verlust der Blauzapfen als denkbar schlechte Anpassung. Selbst wenn Farbsehen (auf der Basis von mindestens zwei Zapfentypen) in einer monochrom blauen Unterwasserwelt nicht besonders nützlich ist, so sollte doch zur Kontrast- und Helligkeitswahrnehmung der Zapfentyp erhalten bleiben, der das vorhandene Licht am besten nutzen kann. So besitzen viele Fische, die in vergleichbaren Lichtverhältnissen leben, Blauzapfen.



Abb. 1: Schwarz-Weiss-Portrait eines Grossen Tümmlers: Diesen Meeressäuger fehlen in ihren Augen die Blauzapfen, sie besitzen nur Grünzapfen. Der evolutive Vorteil des Blauzapfenverlustes bei Meeressäugern ist rätselhaft, denn in klarem Meerwasser wird das Licht mit zunehmender Tiefe immer blauer.

Foto: R. Kröger

Die Forscher nehmen an, dass der Verlust der Blauzapfen in einer frühen Phase der Evolution aufgetreten ist, als die ersten Vertreter der Wale und Robben auf dem Weg zurück ins Meer zunächst nur küstennahe Gewässer bewohnten. Dort ist das Licht unter Wasser wegen des höheren Gehaltes an organischen und anorganischen Trübstoffen langwelliger und enthält nur geringe Blauanteile, und der Verlust „untätiger“ Blauzapfen wäre eine vorteilhafte oder zumindest

Die Forscher nehmen an, dass der Verlust der Blauzapfen in einer frühen Phase der Evolution aufgetreten ist, als die ersten Vertreter der Wale und Robben auf dem Weg zurück ins Meer zunächst nur küstennahe Gewässer bewohnten. Dort ist das Licht unter Wasser wegen des höheren Gehaltes an organischen und anorganischen Trübstoffen langwelliger und enthält nur geringe Blauanteile, und der Verlust „untätiger“ Blauzapfen wäre eine vorteilhafte oder zumindest

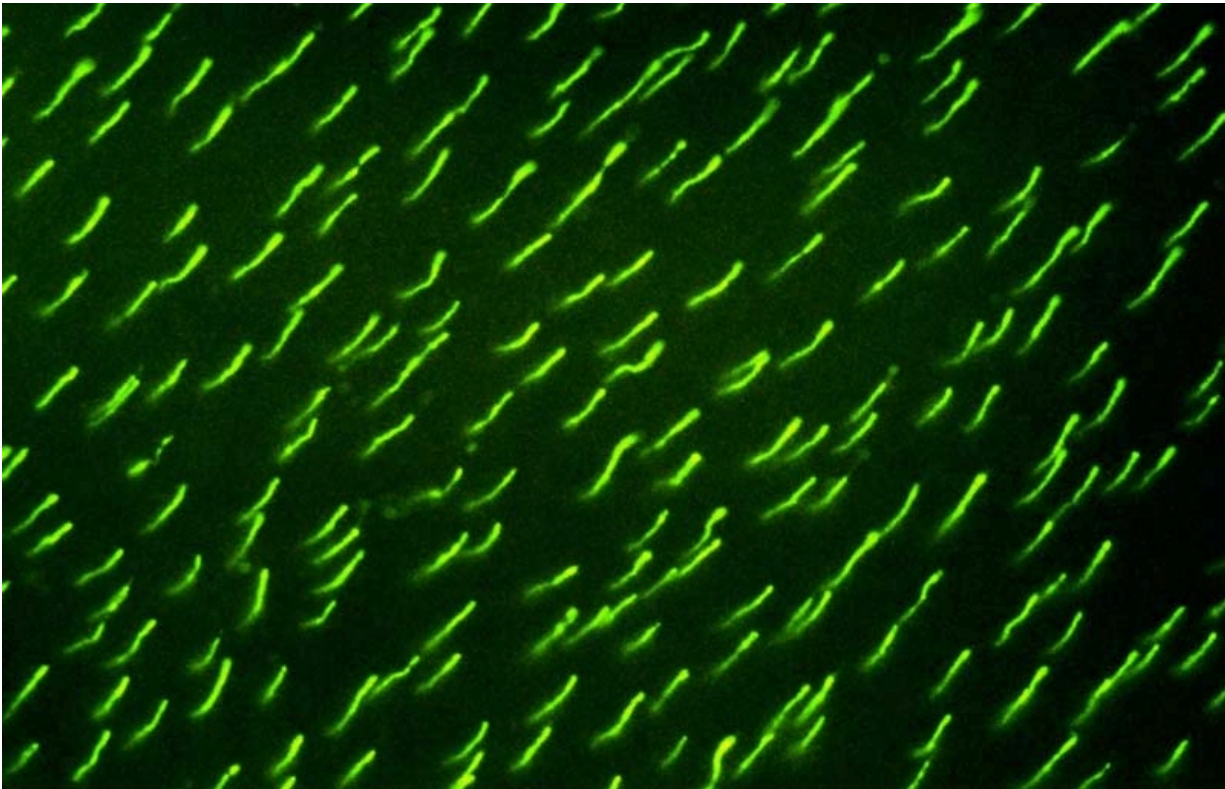


Abb. 2: Zapfen-Photorezeptoren in der Netzhaut einer Ringelrobbe. Immunfluoreszenz-Färbung mit einem Antiserum gegen das Sehpigment der Grünzapfen. Robben und Wale besitzen nur diesen grünempfindlichen Zapfentyp. Der Platz zwischen den Zapfen ist mit den zahlreicheren Stäbchen-Photorezeptoren gefüllt, die das Dämmerungssehen vermitteln.

Foto: Max-Planck-Institut für Hirnforschung/ L. Peichl

unschädliche Entwicklung. Der Wegfall des Farbsehens könnte die visuelle Informationsverarbeitung im Gehirn vereinfacht haben, wodurch Kapazitäten für andere sensorische Leistungen frei wurden. So haben viele Wale ein Echoortungssystem entwickelt, und Robben können die von Beutefischen erzeugten Wasserbewegungen mit ihren Schnurrhaaren wahrnehmen. Für die Arten, die auch heute noch küstennah leben, wäre der Blauzapfenverlust weiterhin vorteilhaft. Die Arten hingegen, die im Verlauf der Evolution das offene Meer erobert haben, würden nun wahrscheinlich von Blauzapfen profitieren, doch der in der Evolution eingetretene genetische Defekt ist wohl so gravierend, dass er sich nicht rückgängig machen lässt. Peichl meint zusammenfassend: „Vielleicht ist ja die Farbenblindheit der Wale und Robben der Preis, den diese Säugetiere für den Zugang zu der Fülle an Nahrungsmitteln in den Meeren zahlen mussten.“

Weitere Informationen erhalten sie von:

Priv.-Doz. Dr. Leo Peichl
 Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Frankfurt/Main (www.mpih-frankfurt.mpg.de)
 Abteilung Neuroanatomie
 Tel.: 0 69 / 9 67 69 - 348 oder - 219 (Abteilungs-Sekretariat)
 Fax: 0 69 / 9 67 69 - 206
 E-Mail: peichl@mpih-frankfurt.mpg.de