Die Umgebung bestimmt, wie sich das Auge entwickelt

Forschende der Universität Konstanz und des King's College London haben in einer Virtual Reality-Studie mit Zebrafischen herausgefunden, dass die Entwicklung des Auges davon beeinflusst wird, was in den frühen Lebensphasen gesehen wird – und damit ändert sich auch das Verhalten der Tiere.

Die Umgebung, in der Tiere aufwachsen, beeinflusst ihre körperliche Entwicklung und ihr späteres Verhalten. Wie deutlich dieser Einfluss ist, haben Forschende nun in einer Studie mit jungen Zebrafischen gezeigt, die in der Fachzeitschrift „Neuron" erschienen ist. Die Umgebung beeinflusste bei den Fischen nicht nur die Form und die elektrische Aktivität der Neuronen im Auge, sondern auch, wie sie sich später orientierten. NeurowissenschaftlerInnen des King's College London und der Universität Konstanz haben die Tiere dafür in einer Virtual-Reality-Umgebung zunächst gezielt bestimmten Reizen ausgesetzt und sie anschließend untersucht und beobachtet. Die Studie zeigt, dass Zebrafische, die inmitten horizontaler Streifen aufwachsen, Neuronen entwickeln, die sich in ihrer Form und Reaktionsweise von denen der Artgenossen unterscheiden, die inmitten vertikaler Streifen aufgewachsen sind. Damit ändert sich auch das spätere Verhalten.

Zebrafische im VR-Raum

Streifen sind besonders auffällige visuelle Merkmale, die alle Tiere nutzen, um das, was sie sehen, einzuordnen. Zebrafische schwimmen am liebsten in Richtung vertikaler Streifen, beispielsweise senkrecht aus dem Boden wachsendem Tang. Der Grund hierfür ist bislang noch nicht final geklärt, eine Möglichkeit ist aber, dass sie auf diese Weise gezielt Orte aufsuchen, die ihnen Schutz bieten können. Ob dieses Verhalten angeboren ist oder von der früh wahrgenommenen Umgebung abhängt, haben die Forschenden untersucht, indem sie einen Verhaltens-Test in virtueller Realität (VR) entwickelt haben. Eingeteilt in zwei Gruppen, haben sie die Fische in ihren ersten fünf Lebenstagen mit einer Umgebung konfrontiert, die entweder nur von horizontalen Streifen geprägt war, oder nur von vertikalen. Anschließend wurde zunächst untersucht, ob sich die jeweilige Umgebung auf den Aufbau des Auges ausgewirkt hat.

Mithilfe eines Mikroskops, mit dem sie die Neuronen in der Netzhaut abbildeten, stellten die Forschenden fest, dass die beiden Fischgruppen unterschiedlich geformte Neuronen in ihrer Netzhaut aufwiesen. Auch die neuronale Aktivität, die von der Netzhaut des Auges ans Gehirn weitergeleitet wird, war an die Streifen angepasst, die der Fisch in den ersten Tagen nach seiner Geburt gesehen hatte.

„Bei der Geburt sind weder Augen noch Gehirn von Menschen und Fischen voll entwickelt. Viele Neuronen sind zwar bereits vorhanden, werden aber durch einen als Plastizität bezeichneten Prozess bis zum Erwachsenenalter weiter verfeinert", kommentiert Robert Hindges, leitender Autor der Studie und Entwicklungsneurobiologe am King's College London. „Wir waren sehr überrascht und fasziniert, in einem primären Sinnesorgan – der Netzhaut – solch ausgeprägte erfahrungsbedingte Plastizität zu entdecken"

Die Art des Sehens beeinflusst das Verhalten

Im weiteren Verlauf der Studie mussten sich alle Fische in beiden VR-Streifenwelten zurechtfinden – sowohl horizontal als auch vertikal. „Wir wollten untersuchen, wie sich diese Veränderungen im Auge auf das tatsächliche Verhalten der Fische auswirken können", erklärt Phoebe Reynolds, Erstautorin der Studie. „Zu diesem Zweck haben wir einen neuartigen Verhaltenstest in der virtuellen Realität entwickelt, bei dem die Fische eine Präferenz für Streifen bestimmter Ausrichtungen zeigen können. So konnten wir testen, ob ihre angeborene Präferenz durch das Umfeld, in dem sie aufgewachsen waren, beeinflusst wurde."

Armin Bahl vom Centre for the Advanced Study of Collective Behaviour der Universität Konstanz hat die Verhaltensexperimente in der Studie geleitet. Er erklärt: „Der Versuchsaufbau in der VR-Umgebung basiert auf unseren Beobachtungen der strukturellen und funktionellen Veränderungen in der Netzhaut. Ob sich diese Merkmale auch auf die Fähigkeit auswirken würden, Streifenmuster während der Orientierungsphase zu unterscheiden, war völlig unklar. Wir waren daher sehr überrascht, als sich zeigte, dass die Aufzuchtbedingungen der Tiere tatsächlich einen großen Einfluss auf das spätere Verhalten hatten. Normalerweise schwimmen die Fische vermehrt in Richtung der vertikalen Streifen. Die Tiere, die

aber nur horizontale Streifen kannten, zeigten dieses Verhalten deutlich seltener. Eine klare Anpassung des Schwimmverhaltens an eine sich geänderte Umgebung."

Der Aufbau des Auges macht den Unterschied

Das aus biologischer Sicht besonders Spannende daran ist die Tatsache, dass sich nicht nur das Verhalten der Tiere ändert, sondern auch der physische Aufbau des Auges. Diese Veränderungen zeigten sich in der Netzhaut, einer Struktur im hinteren Teil des Auges, die für die Lichtwahrnehmung und die grundlegende visuelle Verarbeitung zuständig ist. Mithilfe einer genetischen Manipulation gelang es den Forschenden, den Anteil der Netzhautplastizität bei diesem Verhalten zu isolieren. Ohne den Einfluss der Netzhautplastizität verhielten sich die Fische aus beiden Lebensräumen gleich, was zeigt, dass die Veränderungen in der Biologie des Auges ihr Verhalten bestimmen.

Die Forschungsergebnisse ergänzen eine wachsende Zahl von Belegen dafür, dass die Netzhaut das visuelle Bild vorverarbeitet, bevor sie es zur weiteren Verarbeitung ans Gehirn weiterleitet. Auch beim Menschen haben bereits verschiedene Studien gezeigt, dass diejenigen, die in unterschiedlichen visuellen Umgebungen aufwachsen, optische Täuschungen unterschiedlich wahrnehmen. Bislang war jedoch nicht bekannt, dass diese Veränderungen zumindest teilweise durch Veränderungen in der frühesten Phase der visuellen Verarbeitung – nämlich in der Netzhaut – bedingt sind. Die nun vorliegende Studie zu den Zebrafischen ist die erste Studie, die zeigt, dass diese Vorverarbeitung von der visuellen Umgebung abhängt, in der sich die Netzhaut und der Fisch entwickeln.

Publikation:
P. Reynolds, D. Marchi, Y. T. Ling, K. Slangewal, M. Capelle, Z. Chalakova, A. Bahl, R. Hindges (2026): Early visual experience elicits cellular and functional plasticity in the retina and alters behaviour, Neuron,
DOI: 10.1016/j.neuron.2026.05.001

Prof. Armin Bahl ist Projektleiter am „Centre for the Advanced Study of Collective Behaviour" und Leiter des Labors für Neuronale Informationsverarbeitung und Verhalten am Fachbereich Biologie der Universität Konstanz. Seine Forschung befasst sich damit, wie Tiere von ihren Sinnesorganen gelieferte Informationen integrieren und Entscheidungen treffen, und wie das Nervensystem diese Berechnungen mühelos umsetzt und schließlich das Verhalten steuert.

Das **Centre for the Advanced Study of Collective Behaviour** an der Universität Konstanz ist ein interdisziplinäres Forschungszentrum, das die Prinzipien kollektiven Verhaltens bei Tieren und anderen Systemen untersucht.

Pressemitteilung

25.06.2026
Quelle: Universität Konstanz

Weitere Informationen

- Universität Konstanz