

Der Danio Rerio und der Optomotor Response

Wenn die Sicht bewegt

Reva Sukthakar, Kantonsschule Stadelhofen, betreut von Dr. Tobias Alther

Einleitung: Warum?

Wie nehmen Fische ihre Umgebung wahr? Ist die optische Wahrnehmung von Fischen identisch zu unserer? Diese Frage konnte ich durch einen speziellen Fisch untersuchen: Der Zebrafisch *Danio Rerio* (Abb.1).

Der *Danio Rerio* ist ein Süßwasserfisch, der 70% der Gene mit den Menschen teilt, weshalb er für Forschungszwecke verwendet wird (Fleisch & Neuhauss, 2006).



Abb.1 Zebrafisch (Britannica, 2020)

Der Optomotor Response (OMR)

Der Optomotor Response ist ein natürlicher Verhaltensreflex, welcher für die Erhaltung der Stabilität während des Fortbewegens des *Danio Rerios* zuständig ist. Er funktioniert hauptsächlich über die Detektion des optischen Flusses (Erkennung der Veränderungen der Umgebung durch das Auge) (Abb. 2, 2) .

Diese Veränderung des optischen Flusses kann man durch sich bewegende Kontraststreifen induzieren: Beispielsweise wenn die Geschwindigkeit der Streifen (Umgebung) sich erhöht, so empfindet der *Danio Rerio* dies so, als würde er jetzt langsamer schwimmen, obwohl er eine konstante Geschwindigkeit beibehält. Dies löst den OMR aus, um mit der schnellen Geschwindigkeit mitzuhalten.

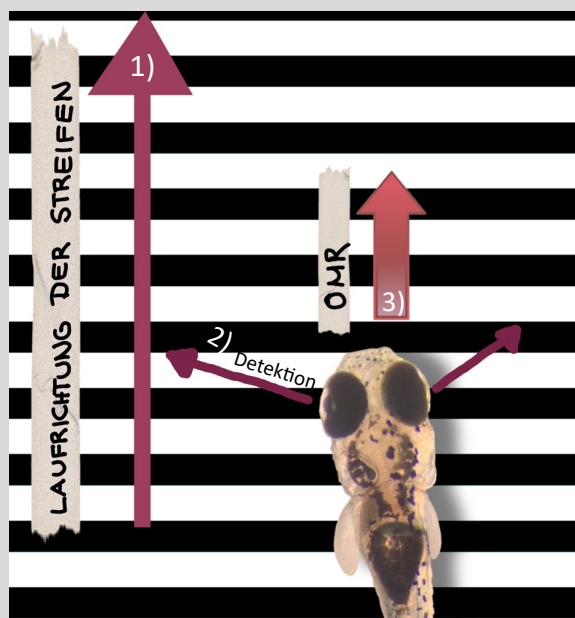


Abb. 2 Funktionsweise des OMR

Der OMR funktioniert bereits bei 5-6 Tage alten Fischen, weshalb neben Tierschutzgründen nicht mit Adulttieren gearbeitet wurde.

Fragestellung

Ziel war es, die Sicht des Zebrafisches mithilfe des Optomotor Responses (OMR) im Vergleich zur menschlichen Wahrnehmung der Kontraststreifen zu untersuchen.

- Wie äussert sich der OMR bei verschiedenen Kontrastwerten der Streifen?
- Wie ist das Verhalten bei Änderung der Streifenbreite und Streifengeschwindigkeit?
- Wie äussert sich der OMR, wenn Farben (Streifen), die einen gleichen Kontrast in schwarz-weiss haben, als Lichtstreifen verwendet werden?
- Mit welcher Farbkombination erzielt man die beste Wirkung im OMR?

Methode

Der OMR wurde durch eine 60 Sekunden-Animation laufender Streifen induziert. Diese Animation wurde auf einem Computer durchgeführt, der umgekehrt hingestellt wurde. Auf dem Bildschirm wurden Larven in einem mit Wasser gefüllten Gefäss mit zehn eingeteilten Feldern platziert.



Abb.3 Versuchsaufbau (Foto: R. Sukthakar, 2022)

Auswertung

Es wurden im Experiment Kontrast, Streifenbreite und Farben (die für die Auswertung zusätzlich lichtspektrometrisch in ihre Wellenlängen zerlegt wurden, siehe Abb. 4), wie auch Geschwindigkeit der Streifen variiert. Berechnet wurde der prozentuale Anteil der Larven, der sich während den 60 Sekunden in ein anderes Feld bewegt hat. Als Positiv (blaue Balken, siehe Abb. 5, 6) wurden Anzahl der Fische in den Feldern Laufrichtung (Maximum) der Streifen definiert, Negativ (orange Balken, siehe Abb. 5, 6) in den Feldern Gegenrichtung (Minimum). Die Differenz (wie viele mehr Larven ins Maximum gehen) wurde als grau dargestellt. Je grösser die Differenz (graue Balken, Abb. 5, 6), desto besser hat der OMR funktioniert (siehe Abb. 5, 6).

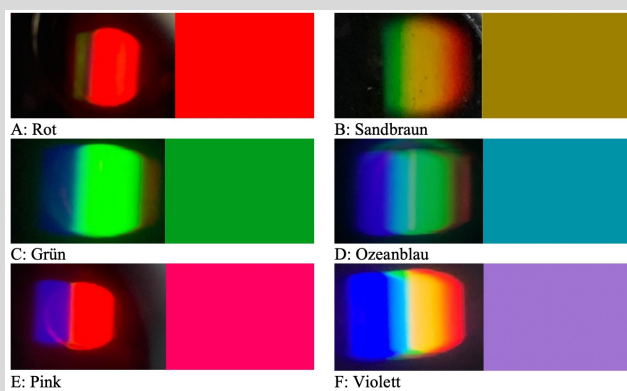


Abb. 4 Farben (jeweils rechts) mit dem gleichen schwarz-weiss Kontrast lichtspektrometrisch untersucht (jeweils links)

Resultate

Der OMR funktioniert bei geringen Kontrast (Differenz 12%) schlechter als bei grösserem Kontrast (Differenz 100%). Je dünner die Streifen (mehr Streifen) sind und je schneller diese sind, desto besser funktioniert er, denn da vergrössert sich die Ortsfrequenz (Streifen pro Zeiteinheit), welche mit dem optischen Fluss korreliert.

Bei den Farben mit dem gleichen schwarz-weiss Kontrast waren Ozeanblau (Differenz 84%), Rot (Differenz 77%), Pink (Differenz 75%) am erfolgreichsten und am schlechtesten Violett (Differenz -15%) (Abb. 5).

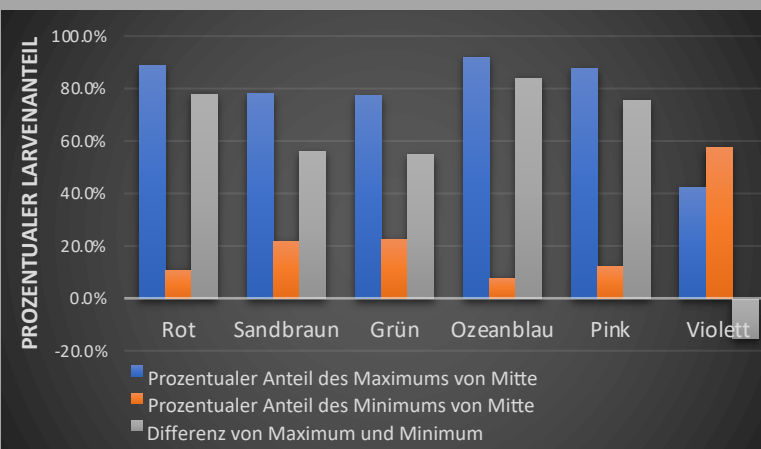


Abb. 5 Farben mit dem gleichen schwarz-weiss Kontrast



Bei Farben ohne den gleichen schwarz-weiss Kontrast waren Rot (Differenz 100%), Grün (Differenz 94%), Olivengrün (Differenz 92%) am erfolgreichsten und am schlechtesten Gelb (Differenz 50%) (und Blau, Differenz 61%) (Abb.6).

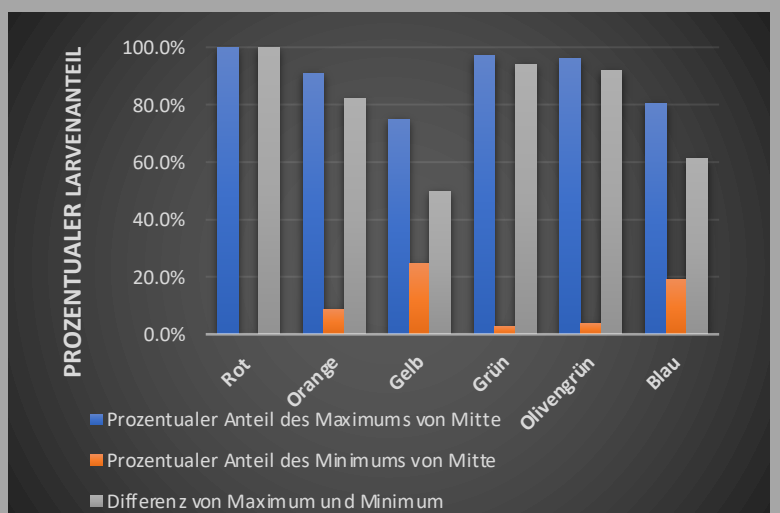


Abb. 6 Auswertung der Farben ohne den gleichen schwarz-weiss Kontrast

Die erfolgreichsten Farbkombinationen : Rot-Gün, Grün-Ozeanblau, Sandbraun-Ozeanblau

- Aber: Bei genau diesen Kombinationen trat der Alias-Effekt auf, bei dem die Larven in die Gegenrichtung der Streifenlaufrichtung geschwommen sind, aber in grossen Anteilen, dass erkennbar war, dass der OMR funktioniert hat.

Fazit

Obwohl wir anhand des Optomotor Response nicht sagen können, welche Farben der *Danio Rerio* genau wahrnimmt, kann man anhand von den Untersuchungen ein ziemlich genaues Bild seiner Kontrastwahrnehmung der Farben relativ zum Menschen machen. So kann man zusammen mit den Ergebnissen des Lichtspektrometers (Abb. 4) folgende Aussagen machen:

- Auch der Zebrafisch kann eine Zunahme des Kontrastes (wie wir) wahrnehmen und unterscheiden, weshalb wir damit die Farbkontrastwahrnehmung beurteilen können.
- Der Optomotor Response funktioniert nicht bei allen Farben mit dem gleichen schwarz-weiss Kontrast gleich gut. Ebenso entsprechen die Kontraste der Farben ohne gleichen schwarz-weiss Kontrast nicht dem erwarteten OMR-Resultat, was heissen muss, dass der *Danio Rerio* Farben anders wahrnimmt als wir Menschen.
- Am besten (mit grössten Kontrast) werden Farben, die rote oder grüne Wellenlängen beinhalten, wahrgenommen.
- Farben mit viel Blau-Anteil (z.B. Violett) funktionieren hingegen relativ schlecht, woraus man folgern kann, dass sie Blau nicht sehen können und Violett somit isoluminant (es ist nicht vom hellen Hintergrund unterscheidbar, ohne Kontrast) für sie ist.
- Bei gewissen Farbkombinationen kommt es interessanterweise zum Alias-Effekt, dessen Grund noch zu untersuchen ist.

Quellen:

- <https://www.britannica.com/animal/zebra-fish#/media/1/656176/249266>
- Fleisch, Valerie & Neuhauss, Stephan. (2006). Visual Behavior in Zebrafish. Zebrafish.