

Der Stiles-Crawford-Effekt und die Bedeutung der Richtungsabhängigkeit der Empfindlichkeit von Zapfen und Stäbchen

Pieter L. Walraven (Emeritus TNO Human Factors)

plwalraven@hotmail.com

Unter Lokalisation versteht man das Erkennen von Richtung und Entfernung einer Schallquelle oder Lichtquelle. Die Lokalisation von Schallquellen ist ein Ergebnis des beidohrigen Hörens. Das Auge des Menschen ist im Gesamten betrachtet ein richtungsempfindliches Organ: ein Gegenstand kann nur im Detail gesehen werden, wenn das Auge darauf gerichtet wird, und er erscheint besonders scharf, wenn er direkt angeschaut wird.

Nur im Zentrum des Gesichtsfeldes kann man scharf sehen, weil da in der Netzhaut, in der Fovea, der Ort der höchsten Packungsdichte von Zapfen-Photorezeptoren ist. Die Zapfendichte erreicht in der Fovea etwa 150.000 pro mm². Wegen der geringen Dichte von Zapfen außerhalb der Fovea ist die Sehschärfe im peripheren Sichtfeld schlechter als im zentralen (fovealen) Sichtfeld. Dieses aktive Lokalisieren von einem Stimulus, und danach weiter Beobachten mit Hilfe der Fovea ist eine ganz andere Art von Datenverarbeitung als sie z. B. bei einer Kamera benutzt wird. Die Zapfen sind für die Wahrnehmung von farbigem Tageslicht zuständig. Außerhalb der Fovea dominieren die Stäbchen, die das Sehen bei Dämmerung vermitteln und bei Tage inaktiv sind. Wie das Auge im Gesamten sind auch die Photorezeptoren der Netzhaut, die Stäbchen und Zapfen, richtungsempfindlich.

Wie das Auge im Gesamten sind auch die Photorezeptoren der Netzhaut, die Stäbchen und Zapfen, richtungsempfindlich. Dieses Phänomen wurde 1933 entdeckt und nach ihren Entdeckern Stiles-Crawford Effekt genannt. Dieser Effekt bedeutet, dass Rezeptoren für Licht, welches durch das Pupillenzentrum eintritt, am empfindlichsten sind und umso unempfindlicher werden, je schräger der Strahl auf den Rezeptor trifft, was passiert, wenn der Lichtstrahl durch die Pupillenperipherie ins Auge eintritt. 1939 wurde entdeckt, dass auch eine Farbänderung des eintreffenden Lichts zu beobachten ist.

Der Stiles-Crawford Effekt ist für Zapfen viel stärker als für Stäbchen. Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Form der Photorezeptoren und der Richtungsempfindlichkeit. Das erklärt, warum der Stiles-Crawford Effekt der Zapfen im Zentrum der Fovea, wo die Zapfen einen kleineren Durchmesser haben als in der Peripherie, kleiner ist als der Zapfen in der Peripherie. Anhand deren Morphologie und optischen Eigenschaften soll die Richtungsempfindlichkeit erklärt werden.

Während es nur eine einzige Stäbchenart gibt, wurden drei verschiedene Zapfentypen gefunden, die sich hauptsächlich in ihrem Photopigment und folglich der spektralen Empfindlichkeit unterscheiden. Je nach Photopigment werden sie Rot-, Grün- oder Blauzapfen genannt bzw. Zapfen mit lang-, mittel- und kurzwelligem Empfindlichkeitsspektrum.

Stark vereinfacht stellt ein Photorezeptor einen Zylinder mit hohem Brechindex dar, der in einem Zylinder mit niedrigem Brechindex liegt. Anhand eines solchen Modells wird deutlich, dass ein Photorezeptor allein aufgrund der Morphologie und Brechungsunterschiede eine Richtungsempfindlichkeit haben muss. Das Modell erklärt die meisten Aspekte des Stiles-Crawford Effekts.