

# Das Blaublinde

Peter Heilig

Das blaublinde Zentralskotom gibt Rätsel auf. Wie entstand dieser merkwürdige Maxwell's Spot?



Blaues Loch

Illustration: Peter Heilig

Das kurzwellige energiereiche sichtbare Licht hinterließ offenbar bleibende Spuren im Lauf der Evolution. Es brannte die S-cones aus – à la longue, im Brennpunkt, in der Fovea centralis. Überlebt haben nur auffällig wenige blau-sensitive Zapfen außerhalb der kurzwellig-phototoxisch geschädigten Scheibe der Fovea centralis.

Dieses „blaue Loch“, besser gesagt die zentrale Lücke im Blau des retinalen Informationsmenüs (20–25 arcmin S-cone free zone) wird nie wahrgenommen. Analog zum Phänomen des „perceptual filling-in at the blind spot“ schalten sich hier automatische Korrektur- oder

Retuschierprogramme ein, sogenannte Retouch-Apps. Die „post-receptorale-neural-filling-in processes“ könnten schon nach der ersten Synapse in den Interneuronen beginnen, zum Beispiel in Schaltkreisen des Campana-Interneurons mit dessen unorthodoxen Eigenschaften, wie etwa „equal synaptic inputs“ und Nachbild-Phänomenen, die experimentell beobachtet wurden.

## Top-down-Prozesse

Auch in höheren visuellen Bahnen bis hin zum Kortex („neurons located in deep layers of the V1, particularly layer 6“) wurden Filling-in-Aktivitäten beschrieben. Bottom-

up steht somit außer Frage. Top-down-Prozesse via „centrifugal visual neurons“ drängen sich auf, in diesem Zusammenhang eine faszinierende Möglichkeit: Kortex an Retina: „Diese blaue Fläche weist keinen Defekt auf. Sie ist durchgehend – lückenlos blau“ (in Anlehnung an Otto Waalkes).

Tritanope Zentralskotome führender Augen („Maxwell's spot centroid“) sind annähernd kreisrund, die der Partneraugen etwas größer und unregelmäßig begrenzt. Warum? Die Fixation dominanter Augen ist exakter und stetig, die Amplituden der oszillierenden Suchbewegungen der Partneraugen etwas größer, die Fixation im Extremfall – bei Amblyopie z.B. – unstet bis exzentrisch. Dementsprechend sind die Radien solcher Maxwell's Spots größer. Dazu kommt ein weiterer Gesichtspunkt: Die führenden Augen ermöglichen optimiertes Kontrastsehen; in den Partneraugen wird eine etwas größere Fläche des Zapfenmosaiks stimuliert, dadurch mehr an chromatischer Information gesammelt. Ergänzt durch die Effekte der dynamischen Konvergenz und Akkommodation werden dem präfrontalen Kortex lebendige Bilder geliefert, welche nahezu allen Herausforderungen gewachsen sind – von Miniaturmalerei, dem Unterscheiden eines Hauchs von Farbschattierungen bis zu Mannschafts- und Hochgeschwindigkeits-Sportarten, ausgenommen „Overflows“ der Kapazitäten visueller Kurzzeitspeicher im Straßenverkehr.

Gutes Kontrastsehvermögen (CSF) steht als Gradmesser sowie als

Therapieerfolg z.B. oben auf den Listen. Es ist quantifizierbar, beschreibt aber nur einen winzigen Ausschnitt facettenreicher visueller und kognitiver Funktionen. Dazu eine erstaunliche Beobachtung: „We determined the achromatic CSF function and the spatial resolution of the chromatic (red-green) channel of Harris’s hawks, an actively hunting diurnal raptor species. While the highest achromatic spatial resolution of Harris’s hawks (40–60 cdeg<sup>-1</sup>) is in a similar range as in humans, the highest contrast sensitivity (11–12) is approximately ten times lower than that in humans, and the resolution for red-green gratings (16–22 cdeg<sup>-1</sup>) is twice as high“ [11]. Ein überraschendes sowie lehrreiches Resultat. Dazu käme nun noch das Bewegungsehen: Abhängig von den Hintergrundkontrasten kann der Mensch ab einer Winkelgeschwindigkeit von ~0,02°/s bis 0,2°/s Bewegungen erkennen. Der oben zitierte Wüstenbussard vermutlich noch besser.

Unbegreiflicherweise entwickelte sich das Kunstlicht immer mehr in Richtung blendend-blauastiger Spektren: „Blue enriched“ – offenbar in der Hoffnung, Arbeitswut und Kauflust anzukurbeln. Auch als Waffe gegen die um sich greifenden Dysphorien ist es häufig im Einsatz, mit wechselndem Erfolg. Wenige Minuten Bewegung bei Tageslicht, im Freien erzielen deutlich bessere Erfolge, nicht nur aufhellend, was die Psyche anbelangt, sondern auch bezüglich Stoffwechsel, Fitness und der Myopieprophylaxe.

### Retinopathia solaris

Die Retinopathia solaris, allzu oft nach einer Sonnenfinsternis zu diagnostizieren – das Paradebeispiel für retinale Lichtschäden – ist quasi ein Experiment der Natur, welches retinale Lichtschäden beson-

ders drastisch vor Augen führt. Auch die intrinsisch positiven Melanopsin-Retinalen-Ganglienzellen (ipRGCs) mit ihrem Empfindlichkeitsmaximum im Blau sind nur parazentral, im Bereich der S-cone-Verteilung zu finden. Wahrscheinlich erlitten sie ein ähnliches evolutionsbiologisches Schicksal in diesen Netzhautbereichen, welche chronisch von kurzweiligem Licht bombardiert wurden. Eine gewagte Hypothese?

Möglich – so lange, bis sie durch eine bessere Theorie entkräftet wird. Selbst die Suche nach einer teleologischen Erklärung verlief enttäuschend.

ad Lichttherapie: Einige Psychopharmaka können unerwünschte photosensibilisierende Wirkung haben – dadurch werden die Netzhäute vulnerabler. Retinale Lichtschäden könnten den Weg zur Makuladegeneration pflastern.

ad Verkehrsophthalmologie: Berautungsresistent wird am Bedarf mit grell-bläulichweißen Leuchtmitteln vorbeiproduziert, ohne physiologische Limits von Sehfunktionen und der kognitiven Prozesse zu berücksichtigen.

\* Das blaue, energiereiche, sichtbare, natürliche Licht verursachte evolutionsbiologisch den Untergang von S-cones im Bereich dieser schlussendlich blaublindenden Maxwell’s Spots. Blaues Licht hat doppelt so viele Elektrovolt wie das langwellige.

### Schlüsselwörter:

Zentralskotom – Maxwell’s Spot – Kortex – Retinopathia solaris

### Literatur:

1. Komatsu H et al (2002) Neural Responses in the Primary Visual Cortex of the Monkey During Perceptual Filling-In at the Blind Spot. *Neurosci Res*;44(3):231–6.
2. Qian CS, et al (2017) On the Functional Order of Binocular Rivalry and Blind Spot Filling-in. *Vision Res*;136:15–20.

3. Magnussen S et al (2004) Unveiling the Foveal Blue Scotoma Through an Afterimage. *Vision Res*;44(4):377–83.
4. Young BK et al (2021) An Uncommon Neuronal Class Conveys Visual Signals from Rods and Cones to Retinal Ganglion Cells. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2021; 118(44): e2104884118.
5. Repérant J et al (2006) The Centrifugal Visual System of Vertebrates: A Comparative Analysis of its Functional Anatomical Organization. *Brain Res Rev*;52(1):1–57.
6. Paneri S et al (2017) Top-Down Control of Visual Attention by the Prefrontal Cortex. Functional Specialization and Long-Range Interactions. *Front Neurosci*;11:545.
7. Heilig P, Thaler A (2023) A-Symmetrisches. *Concept Ophth* 2/2023:38–39
8. Le Floch A et al (2017) Left-right Asymmetry of the Maxwell Spot Centroids in Adults Without and With Dyslexia. *Proc Biol Sci* 284(1865): 20171380.
9. Semmlow J et al (1979) Dynamic Contributions of the Components of Binocular Vergence. *J Opt Soc Am*;69(5):639–45.
10. Charman WN et al (2015) Microfluctuations in Accommodation: A Update on Their Characteristics and Possible Role. *Ophthalmic Physiol Opt*;35(5):476–99.
11. Potier S et al (2018) High Resolution of Colour Vision, But Low Contrast Sensitivity in a Diurnal Raptor. *Proc Biol Sci*;285(1885):20181036.
12. [www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/bewegungsehen/1436](http://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/bewegungsehen/1436)

### Interessenkonflikt:

Der Autor erklärt, dass bei der Erstellung des Beitrags kein Interessenkonflikt im Sinne der Empfehlung des International Committee of Medical Journal Editors bestand.

### Korrespondenzadresse:

Univ.-Prof. Dr. med. Peter Heilig  
Augenheilkunde und Optometrie  
Nussberggasse 11c  
A-1190 Wien / Österreich  
[peter.heilig@univie.ac.at](mailto:peter.heilig@univie.ac.at)

Univ.-Prof.  
Dr. med. Peter  
Heilig

