

## Wahr genommen

Peter Heilig

Gelb wirke „prächtig und edel“ und mache einen „warmen und behaglichen Eindruck“, während Blau „ein Gefühl der Kälte“ vermittele, meinte Johann Wolfgang von Goethe.

Nicht einmal Newton hatte daran etwas auszusetzen (Opticks, 1704), genauer gesagt, am Poetischen. Physik beschreibt die Wellen- und Teilchennatur des Lichtes, den Photonenspin, den Impuls, den photoelektrischen Effekt, die Polarisation, die Verschränkung, den Becquerel-Effekt, aber: „Color vision is an illusion. There is no color in the external world; it is created by neural programs and projected onto the outer world we see.“ (Peter Gouras).

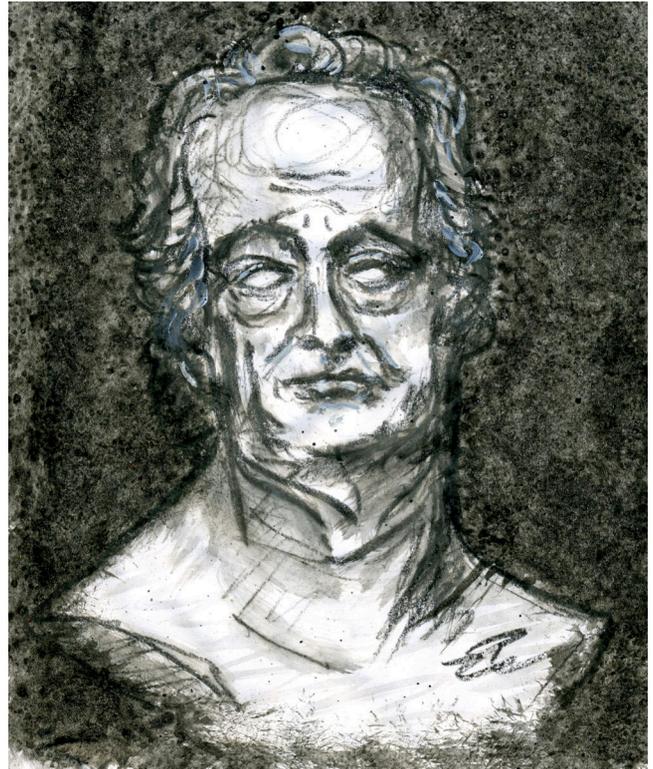
Farben, Formen, Bewegung und räumliche Orientierung werden erst dann präfrontal bewusst wahrgenommen, nachdem sie Modulen des Gehirns mitgeteilt worden sind und zwar über die „Sprache des Sehens“ (Language of Vision). In den 1970er Jahren wurde der Terminus „Grammar of Vision“ (Chomsky, Gregory) geprägt. Auf die Bedeutung dieser Bottom-up-top-down-Prozesse weist hin, dass „30 % of the prime cortical real estate are specialized for visual processing“ (Cavanagh).

Grundvoraussetzung für optimale Kommunikation ist eine fehlerfreie Semantik samt klarer, unverwechselbarer Zeichen. An unscharfen Zeichen muss die visuelle Sprache scheitern: Es gäbe somit keine optimale visuelle Semiotik, keine fehlerfreie Grammatik und keine optimale visuelle Kognition samt High Level Vision – aber vor allem kein ungestörtes Top-down-Processing. Ohne präzise Zeichen wären illusionäre Fehldeutungen die Folge (s.

Charles-Bonnet-Syndrom), besonders, wenn zusätzlich die Summe aller Stimulationen (Overstimulation/ Flow-over) das System überfordert, zum Beispiel im Straßenverkehr, s. „übersehenes“ Kind am Schutzweg. Overflow in visuellen Kurzzeit- und Arbeitsspeichern durch Distracters (Ablenker, z. B. Tagfahrlicht/DRL) und überdosierte Stimulationen (Blendungen, Flackerlicht) können das System zum Kippen bringen (Distraction Blindness).

### Crowding Effect

Analog erinnert die Metapher der Sprache verblüffend ähnlich visuell Kommunikativem: Innerhalb physiologischer Limits und kapazitiver Grenzen gelangen visuelle Stimulationen eindeutig und störungsfrei in die präfrontale Zentrale – letztendlich zum Bewusstsein. In Räumen mit lautstark angeregter Unterhaltung („man versteht kaum das eigene Wort...“) wird Konversation rasch problematisch. Bei Presbycusis mit Diskriminationsverlust und reduzierter Cognitive Spare Capacity wird dieser Cocktailparty-Effekt unerträglich. Analog ähnlich ergeht es Patienten mit beispiels-



Johann Wolfgang von Goethe veröffentlichte 1810 sein Werk „Zur Farbenlehre“. Darin stellte er seine während vieler Jahre gemachten Überlegungen, Literaturstudien und Versuche über das Wesen der Farbe dar  
Illustration: Peter Heilig

weise Makuladegeneration. Das perzeptuelle Phänomen des Crowding Effects, der Trennschwierigkeit (s. Amblyopie) drängt sich auf.

Mit einer Geschwindigkeit von einer Milliarde ( $10^9$ ) Kilometern pro Stunde landen Photonen in vulnerablen, hochsensiblen retinalen Strukturen. Kurzwelliges sichtbares Licht hat doppelt so viele Elektronenvolt wie langwelliges – mit letzterem ist es nicht möglich, experimentelle Netzhaut-Lichtschäden zu erzeugen. Retinopathia solaris demonstriert als Experiment der Natur die Entstehung akuter Lichtschäden. Das Risiko einer Makuladegeneration erhöht sich via temporaler Summation mit der zunehmenden Anzahl retinaler Überbelichtungen.

Manch handelsübliches Leuchtmittel mit einem ominösem Blue Peak

im Spektrum kann, je nach Abstand, Expositionsdauer etc. den Verlust von Photorezeptoren sowie retinalen Ganglienzellen beschleunigen: Experimentelle Lichtaktivierungen bewirkten Caspase-Independent Apoptose, Nekroptose und Nekrose. Phototoxische Energie schädigte in experimentellen Studien besonders die untrennbare funktionelle Einheit retinales Pigmentepithel/peripherer Rezeptor – als ein Modell der Pathogenese nichtexsudativer i. e. trockener Makuladegeneration. Chemische und phototoxische lichtgetriggerte Noxen durch Retinal (ein Chromophor) waren schon lange im Gespräch; die Hypothese konnte nun auch experimentell bestätigt werden als „Molecular evidence for blue light excited-retinal induced oxidative damage.“

### Blaufilter gegen retinale Lichtschäden

Blaufilter verringerten signifikant das Ausmaß experimenteller retinaler Lichtschäden. Es traten geringere photomechanische, photothermale und photochemische „phototoxische“ Effekte auf. Reduzierter Einsatz von kurzwellig-energiereichem Licht in Beruf, Freizeit und ganz besonders im Straßenverkehr wird immer mehr zum Desideratum (EBM). Gelbliches Licht reduziert den chromatischen Aberrationshof (Blue Blur), verbessert messbar den Kontrastvisus (s. gelbliche Nebelscheinwerfer, gelbe Schießbrille) und schützt die Netzhaut (z. B. gelbliches OP-Mikroskoplicht, gelbe Funduskopielinse, gelbe Intraokularlinsen).

Abgesehen von potenzieller Phototoxizität erweist grell-bläulich-weißes Kunstlicht den Prozessen der Wahrnehmung (Language of Vision) einen Bärendienst. Bläulich-weiße Blendung, Streuung, Irritation, Ablenkung samt möglicher fataler Folgen wie Distraction

Blindness (irreführender Terminus: Inattentional Blindness) sind vermeidbar. „Licht ist das neue Chrom“ lassen Werbekampagnen wissen. HI-LED-Laufbänder, Schmucklichter aller Art, mit hinterleuchtetem Kühlergrill behübschte Autos verbessern vielleicht den Absatz, nicht jedoch die Verkehrssicherheit. Aber die Produktion läuft ...

Blau wird vor der Netzhautebene, im Glaskörper, fokussiert; zusätzlich fehlen S-cones in der Fovea centralis – dies erklärt das tritanope zentrale Blauskotom. Die extrem geringe Zahl blauempfindlicher Zapfen, ihre besonderen Verschaltungen und ihre Verbindungen zu den MRGCs (Melanopsin Retinale Ganglienzellen) samt zirkadianer Sonderaufgaben machen klar, dass sie keinen nennenswerten Beitrag für den Visus centralis leisten können (Brindley 1954); dies ist – nur am Rande erwähnt – auch physikalisch-optisch unmöglich.

Im Klartext: Sehen samt Wahrnehmung (Visual Language) kann sich nie an Systeme wie „moderne“, fehlentwickelte Straßenverkehrs-Inszenierungen (s. oben) anpassen.

### Epilog

Goethes oft zitiertes „mehr Licht“ hieß in Wahrheit „mer lischt hier so schlecht“ – on dit. Sein Heimatdialekt, das Hessische, unterliegt der zweiten Lautverschiebung: [ch] und [sch] sind phonetisch kaum zu unterscheiden (Kirche und Kirsche). In jungen Jahren, in Leipzig (Jura-studium, Auerbachs Keller) schlich sich unmerklich auch etwas Sächsisch ein – es galt quasi als fesch, zu sächseln – damals.

### Schlüsselwörter:

Wahrnehmung – Sehen – Visual Language – Distraction Blindness

### Literatur:

1. Jaadane I et al (2015) Retinal damage induced by commercial light emitting diodes (LEDs). *Free Radic Biol Med.* 84:373-384.
2. Zhao Y et al (2020) Light-Induced Retinal Ganglion Cell Damage and the Relevant Mechanisms. *Review Cell Mol Neurobiol*, 40(8):1243-1252.
3. Nakamura M et al (2018) Exposure to excessive blue LED light damages retinal pigment epithelium and photoreceptors of pigmented mice. *Exp Eye Res* 177:1-11.
4. Vicente-Tejedor J (2018) Removal of the blue component of light significantly decreases retinal damage after high intensity exposure. *PLoS One* 5;13(3):e0194218.
5. Ratnayake K et al (2020) Blue light-triggered photochemistry and cytotoxicity of retinal. *Cell Signal.* 69:109547.
6. Cavanagh P (2011) Visual cognition. *Vision Res.* 51(13): 1538–1551.
7. Cavanagh P (2021) The Language of Vision. *Perception.* 50(3): 195–215.
8. Seidl K N et al (2012) Neural evidence for distracter suppression during visual search in real-world scenes; *J Neurosci* 22;32(34):11812-9.
9. Forgiione F (2020) Evolution as a Solution: Franco Andrea Bonelli, Lamarck, and the Origin of Man in Early-Nineteenth-Century Italy; *J Hist Biol* 53(4):521-548.

### 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

Univ.-Prof. Dr. med.  
Peter Heilig

