

Visuelle Wahrnehmung

Markus Reichl

28. Mai 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Geschichte	2
1.1	Dualismus	2
2	Photon	3
3	Lichtenergie	4
3.1	Photosynthese	4
4	Visuelles System	5
4.1	Das Auge	5
4.2	Schädigung	6
4.2.1	Optische Fehlsichtigkeit	6
5	Wiedergabe	7
	Glossar	8
	Literaturverzeichnis	8

1 Geschichte

„Wie bei allen komplizierten Naturphänomenen versuchten die Physiker auch beim Licht eine Beschreibung durch möglichst einfache, mechanische Modelle. Im Altertum glaubte man an ‚Sehstrahlen‘, die vom Auge ausgehen und die Außenwelt abtasten. Genauere Vorstellungen vom Wesen des Lichtes kamen um 1670 auf.“ [2, S. 221]

Innerhalb kurzer Zeit wurden zwei konkurrierende Theorien aufgestellt:

- Isaac Newton vertrat die **Teilchentheorie**, nach welcher das Licht aus kleinsten Teilchen, sogenannten Korpuskeln besteht. Diese werden von Körpern reflektiert und vom menschlichen Auge wahrgenommen. Die Theorie wurde als Korpuskeltheorie bekannt.
- Christian Huygens dagegen stellte eine **Wellentheorie** auf, wobei er die Ausbreitung von Licht mit jener von Schall- oder Wasserwellen verglich. Anhand des Huygensschen Prinzips war auch ihm eine Erklärung der bekannten Eigenschaften des Lichtes möglich.

Erst 1802 gelang Augenarzt und Physiker Thomas Young der Beweis zur Wellentheorie, durch die Entdeckung von [Interferenz](#) an Lichtwellen.

James Maxwell stellte dazu 1864 die [elektromagnetische Lichttheorie](#) auf, welche später durch Heinrich Hertz bestätigt und von Hendrik Lorentz erweitert wurde.

Das sichtbare Licht stellt nur einen kleinen Teil aller elektromagnetischen Wellen dar.

1.1 Dualismus

Im Jahr 1888 beobachtete Hans Hellwachs bei der Bestrahlung einer Metallplatte mit UV-Licht, einen Verlust an negativer Ladung. Dieses Auslösen von Elektronen wurde als Photoeffekt bekannt und stand mit der Wellentheorie des Lichtes in Konflikt.

Albert Einstein wagte 1905 eine Erklärung, indem er auf die Hypothese Max Plancks zurückgriff, dass Körper Strahlung nur in Paketen transportieren. Er bestätigte damit die Teilchennatur des Lichtes und erhielt 1921 den Nobelpreis in Physik.

Damit stellte sich natürlich die Frage, wie diese Erkenntnisse mit der Wellennatur des Lichtes vereinbar sind. Physiker Max Born formulierte dazu auf Basis des [Doppelspaltexperiments](#) folgenden Zusammenhang:

„Die Lichtintensität (das Quadrat der Amplitude) ist proportional zur Wahrscheinlichkeit, in einem bestimmten Raumbereich ein Photon anzutreffen.“ [3, S. 183]

2 Photon

Das Photon ist ein Elementarteilchen und Übermittler der elektromagnetischen Wechselwirkung. Nach Max Planck bilden Photonen die Energiepakete elektromagnetischer Strahlung, weshalb sie auch Lichtquanten genannt werden. Das plancksche Wirkungsquantum (h) ist das Verhältnis von Energie (E) und Frequenz (f) eines Photons.

$$E = hf$$

E	...	Energie
h	...	Plancksches Wirkungsquantum
f	...	Frequenz

Der Relativitätstheorie nach wirkt sich jede Änderung (Δ) der Energie (E) auch auf die Masse (m) aus.

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{hf}{c^2}$$

Δm	...	Masseänderung
ΔE	...	Energieänderung
c	...	Lichtgeschwindigkeit

Diese Masse „bewirkt, dass Photonen von Gravitationsfeldern abgelenkt werden und dabei Energie verlieren oder gewinnen können.“ [4]

Eine eigene Masse hat ein Photon nicht, da es sich stets mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegt. Über den Impuls kann diese Eigenschaft mathematisch bewiesen werden.

$$m = \frac{\vec{p}}{\vec{v}} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 0$$

m	...	Masse
\vec{p}	...	Impulsvektor
\vec{v}	...	Geschwindigkeitsvektor
v	...	Geschwindigkeit

Umgekehrt lässt sich diese Definition nicht zur Berechnung des Impulses für Objekte ohne Masse anwenden, weshalb dafür auf die Energie-Impuls-Beziehung zurückgegriffen wird.

$$E^2 - p^2 c^2 = m^2 c^4 \quad E = pc$$

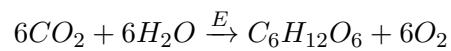
$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

p	...	Impuls
λ	...	Wellenlänge

3 Lichtenergie

3.1 Photosynthese

Absorbiert ein Material elektromagnetische Strahlung, wechseln Elektronen in einen energetisch höheren Zustand. Pflanzen, Algen und Bakterien nutzen diese Energie durch absorbierende Farbstoffe (wie etwa Chlorophyll), um energiereiche Moleküle aus energiearmen Stoffen zu Erzeugen.



4 Visuelles System

Das visuelle System dient zur Verarbeitung visueller Information und umfasst das Auge, den Sehnerv, sowie Teile des Gehirns.

4.1 Das Auge

Das Auge ähnelt in seiner Funktion einer Kamera. Die Linse sammelt, unterstützt von der Hornhaut, Lichtstrahlen und projiziert diese als auf dem Kopf stehendes gespiegeltes Bild auf die Netzhaut.

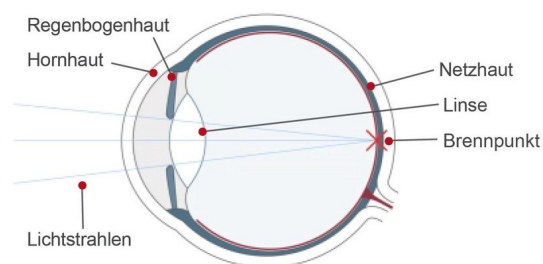


Abbildung 1: Das Auge [1]

4.2 Schädigung

Schäden am visuellen System werden grob anhand der betroffenen Einzelteile kategorisiert.

4.2.1 Optische Fehlsichtigkeit

„Beim *kurzsichtigen* Auge liegt das Bild ferner Gegenstände *vor* der Netzhaut. Zur Korrektur wird daher eine Zerstreuungslinse verwendet.“ [2, S. 236]

„Beim *weitsichtigen* Auge liegt das Bild ferner Gegenstände *hinter* der Netzhaut. Die Augenlinse muss also durch eine Sammellinse unterstützt werden.“ [2, S. 237]

Die optische Fehlsichtigkeit steht nicht in Zusammenhang mit der Altersweitsichtigkeit, welche durch ein Nachlassen der Elastizität am Auge zustande kommt, wodurch Betroffenen kein scharfes sehen in der Nähe mehr möglich ist.

5 Wiedergabe

Glossar

Doppelspaltexperiment Beim Doppelspaltexperiment wird kohärentes Licht durch zwei beieinanderliegende Spalte geschickt. An beiden Spalten entstehen neue Elementarwellen, welche sich überlagern und beim Auftreffen als Interferenzmuster aus hellen und dunklen Streifen dargestellt werden.. 2

elektromagnetische Lichttheorie „This velocity is so nearly that of light, that it seems we have strong reason to conclude that light itself (including radiant heat, and other radiations if any) is an electromagnetic disturbance in the form of waves propagated through the electromagnetic field according to electromagnetic laws.“ [5]. 2

Interferenz Interferenz beschreibt die Amplitudenänderung bei der Überlagerung mehrerer Wellen. Sie tritt bei allen Arten von Wellen auf, wie etwa bei Schall-, Licht- und Materiewellen. 2

Literaturverzeichnis

- [1] *Aufbau des Auges*. EuroEyes. URL: <https://euroeyes.de/wp-content/uploads/2017/11/das-normalsichtige-auge.png> (besucht am 28.05.2018).
- [2] Lutz Trieb Christian Schweitzer Peter Svoboda. *Physik 1. Mechanik, Thermodynamik, Optik*. 7. Auflage. Veritas, 2011, S. 221–222, 236–237. 296 S.
- [3] Lutz Trieb Christian Schweitzer Peter Svoboda. *Physik 2. Elektrizität und Magnetismus, Moderne Physik*. 6. Auflage. Veritas, 2011, S. 180–183. 272 S.
- [4] *Masse und Impuls der Photonen*. Universität Ulm. URL: <http://lisperator.net/uglifyjs/> (besucht am 23.05.2018).
- [5] James Clerk Maxwell. *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1865, S. 459–512.

Abbildungsverzeichnis

1	Das Auge [1]	5
---	------------------------------	---