

Optische Wahrnehmung

Markus Reichl

6. Juni 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Wahrnehmung historisch betrachtet	Naturwissenschaften und Gesellschaft	2
1.1	Dualismus		2
2	Photonen	Definition und Messung naturwissenschaftlicher Größen	3
3	Lichtenergie	Energie und Energieformen in den Naturwissenschaften	4
3.1	Photoelektrischer Effekt		4
3.2	Photosynthese		4
3.3	Solarzelle		4
4	Aufbau des Auges	Aufbau der Materie	5
5	Schädigung der Augen	Umweltrelevante Phänomene und Prozesse	6
5.1	Optische Fehlsichtigkeit (Ametropie)		6
6	Optische Informationsaufnahme	Chemische und physikalische Technologie	8
6.1	Kamera		8
	Glossar		9
	Literaturverzeichnis		9

1 Wahrnehmung historisch betrachtet

Naturwissenschaften und Gesellschaft

„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 würden 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.

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 photoelektrischer Effekt (Abschnitt [3.1](#)) 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 Photonen

Definition und Messung naturwissenschaftlicher Größen

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

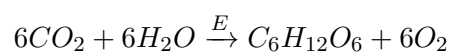
Energie und Energieformen in den Naturwissenschaften

3.1 Photoelektrischer Effekt

3.2 Photosynthese

In der Natur nutzen Pflanzen, Algen und Bakterien Lichtenergie durch absorbierende Farbstoffe (wie etwa Chlorophyll), um energiereiche Moleküle aus energiearmen Stoffen zu Erzeugen.

Häufig ist dabei die Produktion von *Glucose* ($C_6H_{12}O_6$) aus Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasser (H_2O).



3.3 Solarzelle

4 Aufbau des Auges

Aufbau der Materie

Das Auge ähnelt in seiner Funktion einer Kamera. Die Linse (das Objektiv) sammelt Lichtstrahlen und projiziert diese als auf dem Kopf stehendes gespiegeltes Bild auf die Netzhaut (den Film). Da der Abstand zwischen Linse und Netzhaut (die Bildweite) unveränderlich ist, muss die Brechkraft (Brennweite) der Augenlinse angepasst werden. Diese Anpassung nennt man *Akkommodation*.

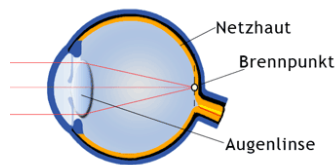


Abbildung 1: Auge [1]

Die Projektion wird von lichtempfindlichen Sehzellen, den *Photorezeptoren* in elektrische Nervenimpulse umgewandelt und über den Sehnerv an das Gehirn weitergeleitet.

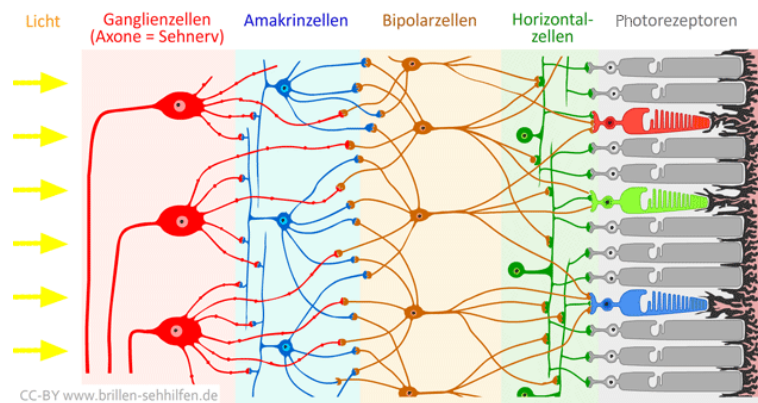


Abbildung 2: Sehzellen der Netzhaut [6]

Die Photorezeptoren werden

5 Schädigung der Augen

Umweltrelevante Phänomene und Prozesse

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

5.1 Optische Fehlsichtigkeit (Ametropie)

Kurzsichtigkeit (Myopie)

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

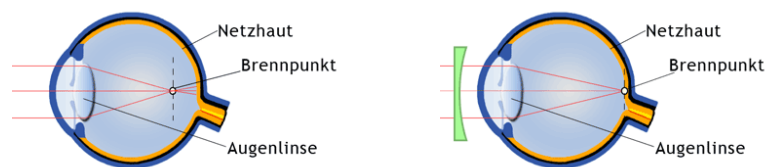


Abbildung 3: Kurzsichtiges Auge [1]

Kurzsichtigkeit entsteht durch einen zu langen Augapfel oder eine zu starke Lichtbrechung, wodurch entfernte Objekte verschwimmen.

Weitsichtigkeit (Hyperopie)

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

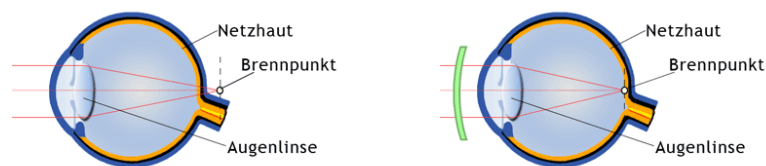


Abbildung 4: Weitsichtiges Auge [1]

Weitsichtigkeit entsteht durch einen zu kurzen Augapfel, wodurch nahe Objekte verschwimmen.

Sie hängt nicht mit der Altersweitsichtigkeit zusammen, welche durch ein Nachlassen der Elastizität am Auge zustande kommt, wodurch Betroffenen kein scharfes sehen in der Nähe mehr möglich ist.

Stabsichtigkeit (Astigmatismus)

Beim *stabsichtigen* Auge werden einfallende Lichtstrahlen unterschiedlich stark gebrochen und daher nicht in einem Punkt, sondern in einer Linie (Stab) abgebildet.

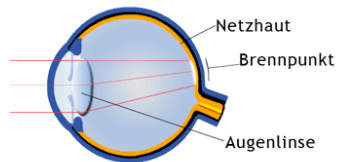


Abbildung 5: Stabsichtiges Auge [1]

Stabsichtigkeit entsteht meist durch eine Hornhautverkrümmung und führt zu einem verzerrten oder verschobenen Bild.

6 Optische Informationsaufnahme

Chemische und physikalische Technologie

6.1 Kamera

Die Kamera orientiert sich in ihrer Konstruktion am menschlichen Auge (Abschnitt 4).

Das Objektiv (die Linse) bündelt einfallendes Licht, welches von einem lichtempfindlichen Aufnahmemedium (der Netzhaut) als auf dem Kopf stehendes gespiegeltes Abbild der Umgebung aufgezeichnet wird. Im Gegensatz zum Auge besteht das Objektiv dabei aus mehreren Linsen, welche gemeinsam als eine Sammellinse wirken.

Digitalkameras nutzen zur Aufnahme Sensoren, die das Licht als elektronisches Signal interpretieren, um ein digitales Bild zu erzeugen.

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] Dr.med.univ. Ahmad Abadi. *Fehlsichtigkeit*. URL: <http://abadi.at/fehlsichtigkeit.html> (besucht am 05. 06. 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: https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website/_uni/_ulm/nawi.inst.251/Didactics/quantenchemie/html/PhImpF.html (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.
- [6] Martin Mißfeldt. *Auge: Aufbau und Funktion*. Brillen & Sehhilfen. URL: <https://www.brillen-sehhilfen.de/auge> (besucht am 05. 06. 2018).

Abbildungsverzeichnis

1	Auge [1]	5
2	Sehzellen der Netzhaut [6]	5
3	Kurzsichtiges Auge [1]	6
4	Weitsichtiges Auge [1]	6
5	Stabsichtiges Auge [1]	7