

KLICK! oder Wie ein Bild entsteht.

Inhaltsverzeichnis

• Einleitung	Seite 2
• Das Licht	Seite 2
• Technisches	Seite 3
○ Das Objektiv	Seite 3
○ Der Sensor	Seite 4,5
○ Andere Sensortypen	Seite 6
▪ CCD-Sensor	
▪ Foveon-Sensor	
• Literatur- und Quellenverzeichnis	Seite 7
○ Bildquellen	Seite 7
○ Textquellen	Seite 7
• Versicherung	Seite 7

KLICK! oder Wie ein Bild entsteht.

Einleitung

Ich fotografiere nun schon seit einiger Zeit und habe mich letztens einmal gefragt: „Ich drücke auf den Auslöser und klick, das Bild erscheint! Was genau passiert denn bei diesem Vorgang?“

Deshalb habe ich ein bisschen nachgeforscht und bin zu spannenden Ergebnissen gekommen...

Grob gesagt entsteht ein Bild, indem das Licht eines Gegenstandes durch das Objektiv auf die Linse fällt, dort gebündelt wird, auf den Sensor trifft und in digitale Werte umgewandelt wird.

Doch bevor ich auf die technischen Dinge eingehen werde, möchte ich noch die Frage klären, was eigentlich Licht ist, denn Licht ist die Grundlage zur Entstehung eines jeden Bilds.

Das Licht

Licht ist der kleine, (für uns) sichtbare Teil der so genannten **elektromagnetischen Strahlung**. Diese elektromagnetische Strahlung besteht aus schwingenden Energieeinheiten¹ (anschaulicher gesagt aus kleinen Teilchen, den **Photonen**) und wird in Wellen von einer Lichtquelle gesendet. Die Geschwindigkeit des Lichts ist die Lichtgeschwindigkeit und beträgt circa 300.000 km/s. Die **Wellenlänge** des Lichts vermittelt uns einen Farbeindruck. So gibt es zum Beispiel langwelliges Licht, wie Rot und kurzwelliges Licht, wie etwa Blau. Die Amplitude beschreibt bei der elektromagnetischen Strahlung die Helligkeit des Lichts.

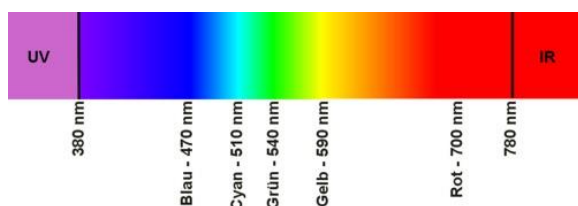


Abb.1 Das Spektrum des sichtbaren Licht

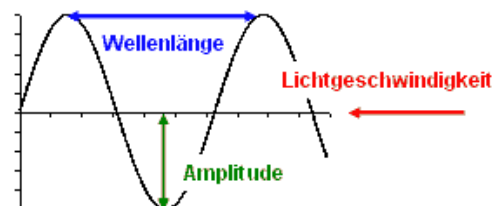


Abb.2 Wellendarstellung der EM Strahlung

¹ licht.de/de/trends-wissen/ueber-licht/was-ist-licht/

KLICK! oder Wie ein Bild entsteht.

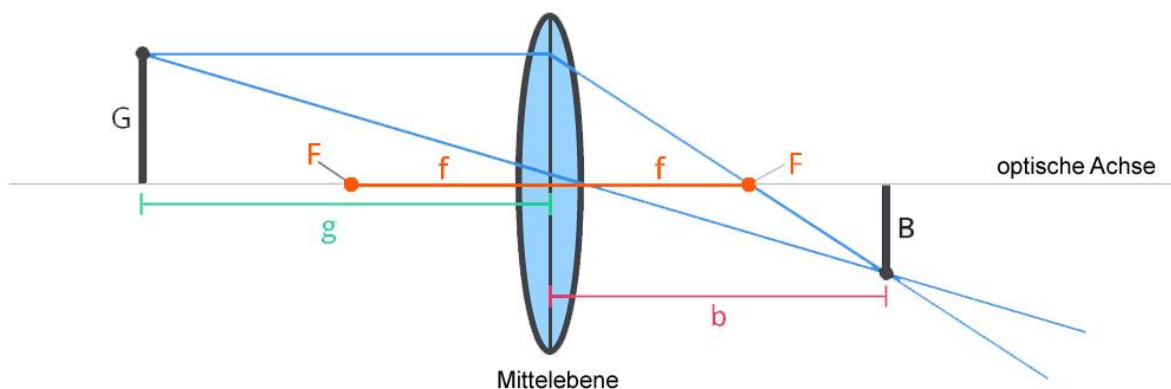
Wenn jetzt dieses Licht, das uns ja überall umgibt, in die Kamera kommen soll, braucht es ein Objektiv, das das Licht bündelt und auf den Sensor projiziert. In diesem entsteht nämlich nachher das eigentliche Bild.

Technisches

Das Objektiv

In jedem Objektiv gibt es mehrere kompliziert gebaute **Linsen**. Durch geschicktes Anordnen können zum Beispiel Bildfehler beseitigt werden. Da die genaue Erklärung eines so komplizierten Objektivs aber den Rahmen des Vortrags sprengen würde, beschreibe ich hier die Funktionsweise anhand einer einfachen Sammellinse. Diese Linse bündelt die Lichtstrahlen, die von draußen kommen und projiziert sie auf die **Bildebene**, in unserem Fall auf den Sensor.

Nebenbei: Lichtstrahlen sind Denkmodelle für feine Lichtbündel.



Ganz links in *Abbildung 4* sehen wir einen Gegenstand, mit der **Gegenstandshöhe** G . Jeder Gegenstand sendet Licht aus. Diese Lichtstrahlen nähern sich nun der Linse und treffen auf die **Mittelebene** M . Die Linse bricht die Lichtstrahlen auf Höhe der Mittelebene und lenkt alle Lichtstrahlen auf die Bildebene mit **Bildhöhe** B (in dem Fall auf den Sensor, früher auf den Film). Auf der Bildebene erzeugt nun das Lichtbündel eines jeden Gegenstandspunktes einen Bildpunkt.

KLICK! oder Wie ein Bild entsteht.

Alle zur so genannten **optischen Achse** parallelen Lichtstrahlen werden durch einen bestimmten Punkt gelenkt. Dieser wird als **Brennpunkt F** bezeichnet. Den Abstand von Brennpunkt und Mittelebene bezeichnen wir als **Brennweite f** .

Die Brennweite beschreibt in der Praxis, wie nah ein Gegenstand „herangezoomt“ werden kann.

Den Abstand von Bildebene und der Mittelebene der Linse bezeichnen wir als **Bildweite b** , während der Abstand von Mittelebene und Gegenstand als **Gegenstandsweite g** bezeichnet wird.

Dann gibt es noch den Abbildungsmaßstab, der zeigt wie groß ein Gegenstand im Vergleich zur reellen Welt abgebildet wird.

Als diesen **Abbildungsmaßstab A** bezeichnen wir den Quotienten aus Bildhöhe und Gegenstandshöhe (B/G). Beim Nachmessen können wir außerdem feststellen, dass dieser Quotient immer gleich dem Quotienten aus Bildweite und Gegenstandsweite (b/g) ist.

Für Abbildungsmaßstab A , Bildhöhe B , Gegenstandshöhe G , Bildweite b und Gegenstandsweite g gilt

$$A = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

Das Licht wurde nun durch die Linse(n) im Objektiv gebündelt und trifft auf den Sensor, in dem das Bild entsteht.

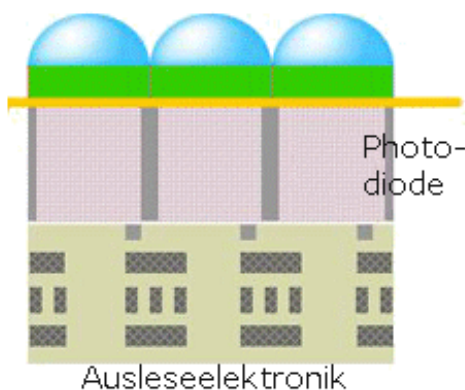
Der Sensor

Ich möchte mich hier auf den **CMOS-Sensor** (Complementary metal-oxide-semiconductor, dt. komplementärer Metall-Oxid Halbleiter) beschränken (da sich dieser in den kommenden Jahren höchstwahrscheinlich durchsetzen wird), werde später jedoch noch zwei andere Sensortypen vorstellen.

KLICK! oder Wie ein Bild entsteht.

Der Sensor wandelt das Licht, das gerade noch im Objektiv war, so um, dass es digital gespeichert werden kann. Er besteht aus mehreren Millionen **Fotoelementen**, von denen jedes dieser Fotoelemente ein **Pixel** darstellt.

Stellt euch das mal vor: Ein Sensor ist gerade einmal eine Fingerkuppe groß, nehmen wir einmal an er hat eine Auflösung von $48 \mu\text{m} = 48 \times 10^{-6} \text{ m}$. Dann würde das heißen, dass für ein Pixel (also dem Fotoelement) nur $48 \mu\text{m}^2$ Platz wären.



Schauen wir uns dieses winzige Fotoelement einmal genauer an:

Der Lichtstrahl trifft dort auf eine **Photodiode**.

Diese besteht aus einem Halbleiterkristall, z.B. Silizium, welcher in Sperrrichtung geschaltet ist. Die Photonen im Lichtstrahl lösen je nach Wellenlänge eine Anzahl von

Elektronen aus dem Siliziumkristall heraus. Diese **Ladungen** der Elektronen werden

nun von der **Auslöseelektronik** (auch Analog-Digital Wandler, kurz AD-Wandler genannt) angezogen, die unterhalb von jeder Photodiode liegt. Je mehr Photonen einfallen, desto mehr Elektronen werden gelöst und fließen in Richtung Auslese.² Diese misst die Ladungen und wandelt sie in einen digitalen Wert aus Einsen und Nullen um.

Der Computer oder der Computer der Kamera kann aus diesen Einsen und Nullen nun ein Bild erzeugen. Dabei beschreiben ein paar von diesen Einsen und Nullen die Helligkeit eines Pixels, ein paar andere die Farben eines Pixels und so weiter.

Da gibt es jedoch ein Problem, nämlich dass die **Farbempfindlichkeit** eines Siliziumkristalls nicht mit der Farbempfindlichkeit des Menschen übereinstimmt. Doch

² ph2.physik.uni-goettingen.de/Entdecken_und_Verstehen3.php

KLICK! oder Wie ein Bild entsteht.

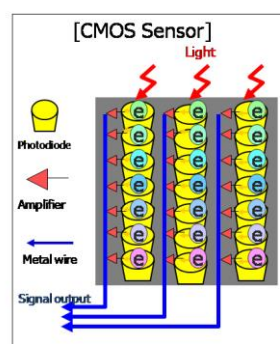
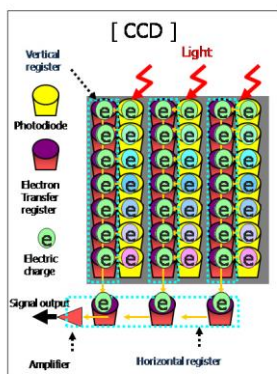
für jedes Problem gibt es auch eine Lösung: Wir setzen vor den Siliziumkristall einen einfarbigen **Farbfilter** und passen so die Farbempfindlichkeit an die des menschlichen Auges an. Wir nehmen die Farben Rot, Grün und Blau als Farbfilter, da aus ihnen alle Farben des für uns sichtbaren Spektrums dargestellt werden können.

Gerade habe ich die Bildentstehung anhand des CMOS-Sensors beschrieben. Es gibt jedoch noch andere Sensortypen: Im nachfolgenden Kapitel werde ich diese im Vergleich zum CMOS-Sensor vorstellen.

Andere Sensortypen

CCD-Sensor

Der **CCD-Sensor** (charge-coupled device, dt. ladungsgekoppeltes Bauteil) ist der noch am häufigste Sensortyp! Besonders bei den digitalen Spiegelreflexkameras (DSLR) wird bzw. wurde er gerne verwendet.



Der große Unterschied ist, dass nicht wie beim CMOS-Sensor an jedem Fotoelement ein AD-Wandler sitzt, sondern es nur einen AD-Wandler gibt. Dieser sitzt am Ende der Ausleseelektronik.

Doch wie kommen jetzt die Ladungen vom Fotoelement zum AD-Wandler?

Dafür hat man sich hier eine Art „Leitung“ ausgedacht, die **Register**. Diese Register (auch CCDs genannt) transportieren die Ladungen zum AD-Wandler, der diese dann wie beim CMOS-Sensor in digitale Werte umwandelt. Der Nachteil an CCD-Sensoren ist, dass sie durch den aufwendigen Ladungstransport sehr viel langsamer sind und so auch deutlich mehr Strom verbrauchen. Zudem ist die Herstellung des Sensors mit sehr viel höheren Kosten verbunden.

KLICK! oder Wie ein Bild entsteht.

Foveon-Sensor

Diese Art von CMOS-Sensor ist eine relativ neue Entwicklung der Firma Foveon. Über jedem Fotoelement sitzen drei übereinander liegende Farbfilter, sodass für jedes einzelne Pixel alle drei Grundfarben gemessen werden können. Somit kann für jeden dieser Bildpunkte eine vollständige Farbinformation gespeichert werden.

Auch bei diesen Sensoren werden die Ladungen in einen digitalen Wert umgewandelt, aus dem der Computer ein Bild erzeugt, das einen Augenblick später auf dem Display der Kamera landet!

Alle diese Vorgänge, die ich bis jetzt beschrieben habe passieren in einer unvorstellbar kurzen Zeit von weniger als einer halben Sekunde! Das ist wirklich ein wahres Technikwunder!

KLICK! oder Wie ein Bild entsteht.

Literatur- und QuellenverzeichnisBildquellen

- Abb. 1 aus <https://www.photografix-magazin.de/sony-a9-neue-high-end-kamera-offiziell-praesentiert/>, Stand: 26.12.2017
- Abb. 2 aus <http://www.puchner.org/Fotografie/technik/physik/licht.htm#top>, Stand: 04.01.2018
- Abb. 3 aus <http://www.puchner.org/Fotografie/technik/physik/licht.htm#top>, Stand: 04.01.2018
- Abb. 4 aus <https://www.br.de/alphalernen/faecher/physik/2-uebungen-linsen100.html>, Stand 01.04.2018
- Abb. 5 aus http://www.ph2.physik.uni-goettingen.de/Entdecken_und_Verstehen3.php, Stand: 16.01.18
- Abb.6 aus <https://www.smartinfoblog.com/cmos-vs-ccd-sensor/>, Stand: 16.01.18

Textquellen

- <https://www.licht.de/de/trends-wissen/ueber-licht/was-ist-licht/>, Stand: 16.01.18
- http://www.ph2.physik.uni-goettingen.de/Entdecken_und_Verstehen3.php, Stand: 16.01.18
- <http://www.puchner.org/Fotografie/technik/physik/licht.htm#top>, Stand: 04.01.2018
- Dorn, Friedrich, Dorn / Bader Physik Schülerbuch, Braunschweig, Schroedel Verlag, 2005

Versicherung

„Ich bestätige, dass ich alle Entlehnungen (sowohl dem Wortlaut als auch dem Sinn nach) aus allen von mir benutzten Quellen als solche kenntlich gemacht habe. Ich bestätige zudem, dass meine Gleichwertige Leistung zum Thema „Bildentstehung in der Digitalkamera“ selbstständig erstellt wurde und sich wesentlich von früher gewählten Themen unterscheidet. Mir ist bekannt, dass meine Leistung mit der Note ungenügend bewertet wird, falls dies nicht zutrifft.“