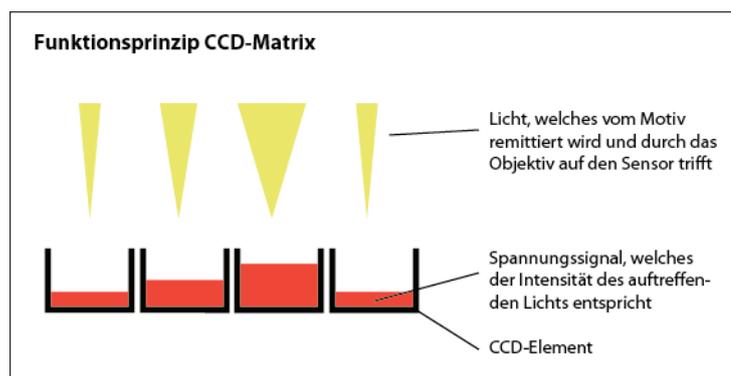


Der CCD-Sensor

[Charge-coupled Device]

Der Kamera-Sensor hat die Aufgabe, das auf den Sensor auftreffende Licht in ein analoges Spannungssignal umzuwandeln. Hierbei treffen Photonen (kleinste Lichtteilchen) auf den Sensor, genauer gesagt auf die Photodioden. Entsprechend der auftreffenden Lichtmenge setzen die Photodioden Elektronen frei die sich im beiliegenden Kondensator sammeln. Umso stärker das auftreffende Lichtsignal ist, umso mehr Elektronen werden freigesetzt. Bei diesem Vorgang wird jedoch nur die Lichtintensität und nicht die Farbe des Lichts ausgewertet. Die CCD-Elemente sind also sozusagen „farbenblind“. Die Aufteilung des auftreffenden Lichts in die additiven Grundfarben Rot, Grün und Blau muss nun durch entsprechende Filter realisiert werden.

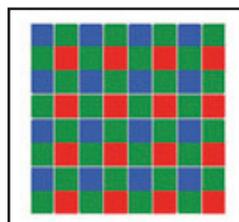


Die nebenstehende Grafik verdeutlicht sehr abstrakt die Lichtauswertung eines CCD-Sensors.

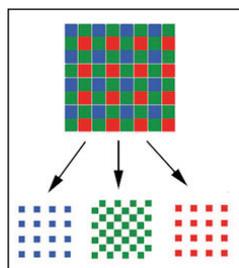
Das vom Motiv remittierte Licht dringt durch das Objektiv auf den Sensor der Kamera. Dunkle Stellen absorbieren dabei mehr Licht. Daher ist der remittierte Anteil an dunklen Stellen geringer [absorbieren = verschlucken].

Je nach Motivbereich wird mehr oder weniger Licht auf die jeweiligen Sensorelemente fallen. Dabei entspricht die aufgenommene Ladung der „Menge“ des einfallenden Lichts.

1. Der Bayer-Filter



Der herkömmliche CCD-Sensor verfügt über einen sogenannten Bayer-Filter. Dieser ermöglicht die Trennung des auftreffenden Lichts in Rot, Grün und Blau. Ein Flächensensor wertet dabei die gesamte Bildinformation RGB aus. Da die Sensor-Elemente wie bereits erwähnt farbenblind sind, müssen diese mit entsprechenden Filterfarben bedampft werden. Dadurch werden die Sensor-Elemente jeweils für eine Grundfarbe empfindlich. Der Nachteil dabei ist, dass jede Grundfarbe nur von einem Anteil der Sensor-Elemente ausgewertet wird. Nämlich von den Elementen, die mit der Filterfarbe des entsprechenden Lichtanteils versehen ist.



... Dadurch ergibt sich die in der nebenstehenden Abbildung dargestellte effektive Ausnutzung des remittierten Lichts.

Die Lücken, die dabei für die jeweiligen Grundfarben entstehen, werden durch Interpolation (Neuberechnung aus den umliegenden Pixeln) berechnet und sozusagen „digital“ ergänzt.

Da nur ein Sensor für die gesamte Farbauswertung zur Verfügung steht, können nur Anteile jeder einzelnen Grundfarbe RGB „ausgelesen“ werden. Die Lücken werden durch Interpolation berechnet.

Wie in der Abbildung zu sehen ist, ist das Farbfilter-Mosaik eines Bayersensors ungleichmäßig mit den Grundfarben belegt. Die Filter sollen möglichst genau die Empfindlichkeit unserer Netzhaut wiedergeben. Da das menschliche Auge im Grünbereich weitaus empfindlicher ist, als im übrigen Farbspektrum, benutzt man i.d.R. doppelt so viele grüne wie blaue und rote Filter.

Dadurch ergibt sich das Verhältnis:

Rot: 25 %, Grün: 50% und 25% Blau

2. Der CMOS-Sensor

In der Funktion unterscheidet sich der CMOS Sensor von einem gewöhnlichen CCD-Sensor nicht. Beide wandeln die auftreffende Lichtenergie in einen analogen Spannungswert um. Gegenüber einem herkömmlichen CCD-Sensor verfügt jedes Einzelelement eines CMOS Sensors über einen Transistor, welcher diese Wandlung direkt an dem jeweiligen Pixelelement ausführt.

Bei dem herkömmlichen CCD-Sensor wird das Ladungsbild über sogenannte Schieberegister verschoben bzw. weitergeleitet und erst vom Ausleseregister ausgewertet.

Wie der herkömmliche CCD-Sensor ist auch der CMOS-Sensor farbenblind, kann also nur Helligkeitsunterschiede erkennen. Zur Farberkennung wird auch hier wieder der Bayer-Filter eingesetzt oder mit sogenannten Interferenzfiltern gearbeitet.

Interferenzfiltern bestehen aus dünne metallische Schichten mit unterschiedlichen Brechungsindizes, die jeweils nur Licht in bestimmten Wellenlängenbereich durchlassen. Die bei der Überlagerung der unterschiedlichen Wellenlängen entstehenden Interferenzen sorgen für eine Aufhebung bzw. Überlagerung einzelner Bereiche. Folgende Eigenschaften zeichnen den CMOS-Sensor aus:

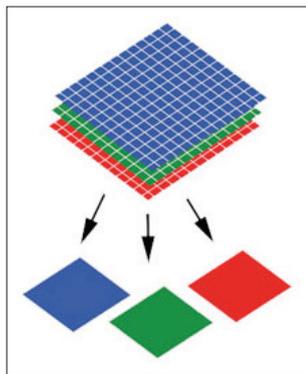


- verbraucht weniger Strom als herkömmliche CCD-Sensoren,
- hat eine geringere Anfälligkeit für Blooming,
- benötigt pro Sensor-Element mehr Platz für die Elektronik als ein herkömmlicher CCD-Sensor.

3. Der Foveon-Sensor

Der Foveon Sensor zeichnet sich durch eine komplett andere Bauweise aus, die sich an der konventionellen Farbfilm-Technologie orientiert. Die lichtempfindlichen, mit Farbfiltern versehenen Schichten liegen hier übereinander.

In jeder Schicht wird dabei ein anderer Wellenlängenbereich absorbiert.



Da hierbei keine Interpolation der einzelnen Farbkanäle stattfindet entstehen auch keine durch die Interpolation bedingte Artefakte.



Die Durchdringung des Lichts führt zu einer Abschwächung des Signals, was vor allem in der unteren Schicht (Farbe Rot) zu einem Rauschen führt.

Der Foveon-Sensor wird ausschließlich von Sigma verbaut.

Die Sensorgröße

Neben der Technologie spielt die Größe des Sensors eine wichtige Rolle. Desto größer der Sensor, um so exakter kann die Bildinformation wiedergegeben werden. Bei kleinen Sensoren mit hoher Auflösung müssen die CCD-Elemente sehr klein sein. Kleine CCD-Elemente können nur eine geringere Lichtmenge auswerten. Dieses schwache Signal muss verstärkt werden, was zu einem stärkeren Rauschen und somit zu Qualitätseinbußen führt.

Die Größe des Sensors ist somit durchaus ein wichtiges Qualitätskriterium. Mit der Größe des Sensors steigt allerdings neben der Qualität auch der Preis der Kamera.



 Wissen abfragen

► Aufgabe 1

Der Bayer-Filter ...

- besteht aus untereinander angeordneten Schichten
- bedingt eine Interpolation der pro Farbe entstehenden „Informationslücken“.
- ist die teuerste Filtertechnologie in derameratechnik.
- hat einen Pixelüberschuss im Rot-Bereich

► Aufgabe 2

Der Kamerasenor hat die Aufgabe,

- das auftreffende Licht in ein digitales Signal zu wandeln.
- das auftreffene Licht in eine analoge Spannung zu wandeln.
- das auftreffende Licht auf den Kamerafilm zu leiten.
- das auftreffende Licht auf den Sucher zu leiten.

► Aufgabe 3

Welche der folgenden Aussagen treffen auf den Foveon-Sensor zu?

- Die Filter zur Auswertung der Grundfarben sind mosaikartig angeordnet.
- Das Prinzip dieser Technologie entspricht dem Wirkungsprinzip des analogen Farbfilms.
- Der Nachteil dieser Technologie sind die durch die Interpolation entstehenden Artefakte.
- Die Anordnung der Filter von oben nach unten ist: Blau, Rot, Grün.

► Aufgabe 4

Warum ist ein Sensor mit hoher Auflösung nicht unbedingt qualitativ besser als ein Sensor mit weniger lichtempfindlichen Elementen?

[Lösungen: 1. bedingt eine Interpolation der pro Farbe entstehenden „Informationslücken“. 2. das auftreffene Licht in eine analoge Spannung zu wandeln. 3. Das Prinzip dieser Technologie entspricht dem Wirkungsprinzip des analogen Farbfilms. 4. Je mehr Sensor-Elemente auf kleiner Sensorfläche, um so schlechter ist die Lichtausbeute pro Element. Dadurch ist eine Signalverstärkung notwendig, was zu einem Rauschen führt.]