

## Gute Bilder – bessere Resultate (Teil 1)

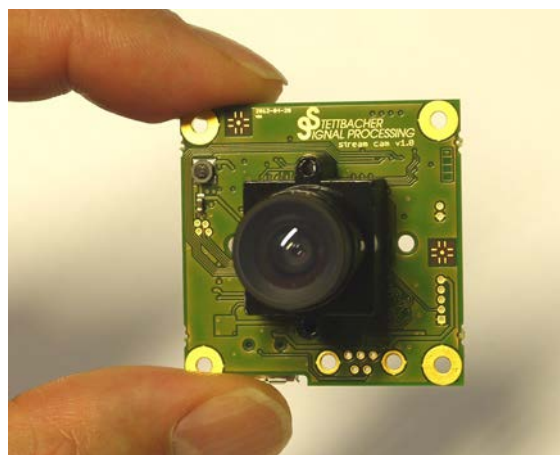
22. Mai 2015

### Computer Vision

*Auch in der industriellen Bildverarbeitung, Computer Vision und Überwachung gilt, dass gute Bilder die Voraussetzung für erfolgreiche Resultate sind. Was aber sind gute Bilder und wie entstehen sie? Auf diese Fragen geht der folgende Artikel ein. Er behandelt Aspekte der Belichtungszeit, des Weissabgleichs, der Farbkalibration und der LinsenEntzerrung für industrielle Anwendungen. Die letzten beiden Punkte werden im Teil 2 in der nächsten Ausgabe behandelt.*

Am Anfang jeder Bildverarbeitung steht eine Kamera. Sie kann intelligent oder dumm sein, wobei beides nicht wertend gemeint ist. Intelligente Kameras übernehmen einen Teil der Bildaufbereitung, gewähren dem Anwender aber nur eine bedingte Kontrolle darüber. Bei dummen Kameras hat der Anwender alles in seiner Hand. Die im Folgenden beschriebene Image Processing Pipeline wurde für die O-3000 Kamera von Stettbacher Signal Processing implementiert und getestet. Der Code ist frei erhältlich. Die O-3000 Kamera ist halbintelligent. Sie bietet den Vorteil, dass die InterfaceSpezifikation sowie alle Treiber und Beispielprogramme offen gelegt sind und frei verwendet werden dürfen. So lässt sich die Kamera ohne Probleme in jedes System und in jede Anwendung integrieren.

Bild 1: Die O-3000 und O-3100 Kamera Serie ist in verschiedenen Ausführungen erhältlich.



Digitale Kameras (auch die O-3000) liefern nicht von sich aus gute Bilder. Nebst geeigneter Beleuchtung sind in der Regel ausgeklügelte Bildverarbeitungsalgorithmen notwendig, um das Bild oder den Stream naturgetreu erscheinen zu lassen. Jedes Bild durchläuft nach der Aufnahme verschiedene Verarbeitungsstufen und wird schrittweise aufbereitet. Die einzelnen Pixel werden analysiert und beispielsweise farblich oder geometrisch korrigiert. Alle Stufen zusammen werden als Image Processing Pipeline bezeichnet.

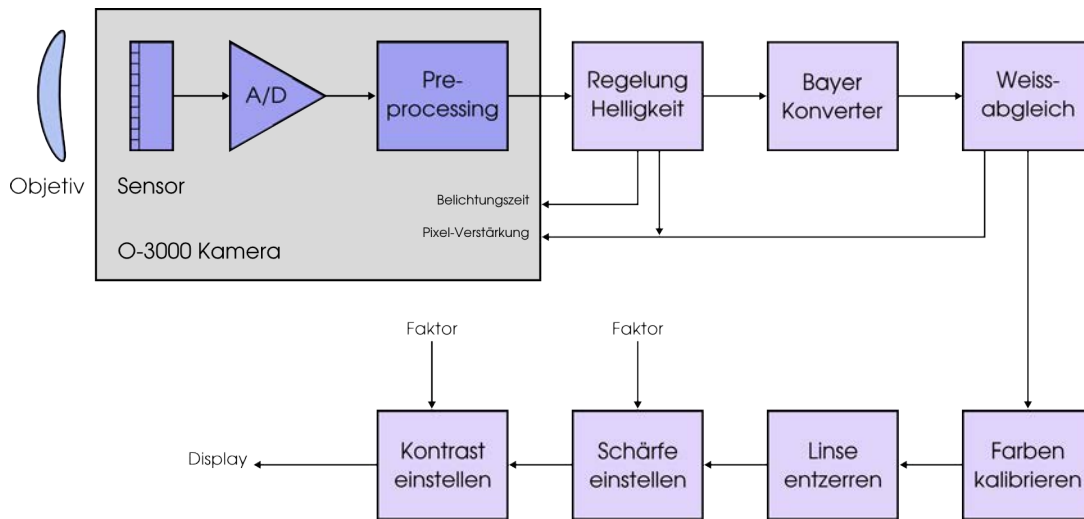


Bild 2: Image Processing Pipeline.

## Bildsensor und Objektiv

Jede Kamera braucht ein Objektiv mit geeigneter Brennweite und Apertur. In industriellen Anwendungen werden oft Objektive mit fixer Apertur eingesetzt. Die Szene wird durch das Linsensystem des Objektivs auf den Bildsensor projiziert. Der Sensor besteht aus einem Array von lichtempfindlichen Pixeln, die je die Beleuchtungsstärke analog messen. Beim seriellen Auslesen der Pixel werden die Messwerte digitalisiert. CMOSBildsensoren messen nicht direkt den Farbwert pro Pixel. Statt dessen trägt jeder Pixel ein Farbfilter und misst daher die Lichtstärke der betreffenden Farbe. Benachbarte Pixel tragen unterschiedliche Farbfilter. Ein gebräuchliches FilterArray ist das sogenannte BayerPattern (siehe Bild 3).

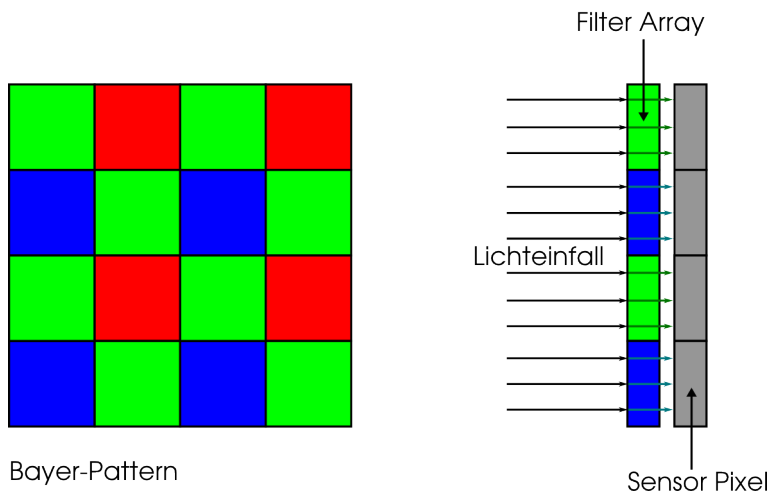


Bild 3: BayerPattern

Die O-3000 Kamera nimmt Objektive des Types S, C, und CSMount auf. Sie ist auch ohne Optik erhältlich und lässt sich beispielsweise mit einem kundenspezifischen Linsensystem kombinieren. Der Sensor hat eine Auflösung von 1.2 Megapixel und liefert im Normalbetrieb Bilder mit 12 Bit pro Pixel. Im HDRModus (high dynamic range) erzielt die Kamera eine Dynamik von über 115 dB, was rund 20 Bit pro Pixel entspricht. Die Kamera verfügt über eine highspeed USB-Schnittstelle und liefert Bilder im BayerFormat (siehe Bild 3).

## Regelung der Belichtungszeit und PixelVerstärkung

In einer typischen Image Processing Pipeline wird noch vor der BayerzuRGBTransformation die richtige Helligkeit des Bildes sichergestellt. Dazu gibt es zwei Einflussmöglichkeiten: Die Belichtungszeit und die analoge oder digitale Verstärkung der Pixelwerte. Beide Methoden bergen gewisse Gefahren bei dunklen Szenen, denn eine lange Belichtungszeit führt bei bewegten Objekten zu Unschärfe und eine hohe PixelVerstärkung führt zu Bildrauschen. Beides ist ungewollt, so dass ein Kompromiss gesucht werden muss.

Die Helligkeit der aufgenommenen Szene lässt sich einfach mit einem Histogramm analysieren. Liegt die durchschnittlich gemessene Helligkeit unterhalb des gewünschten Wertes, dann erscheint das Bild zu dunkel. Mit einer geeigneten Kombination aus Belichtungszeit und Pixelverstärkung wird die Helligkeit des Bildes optimiert.

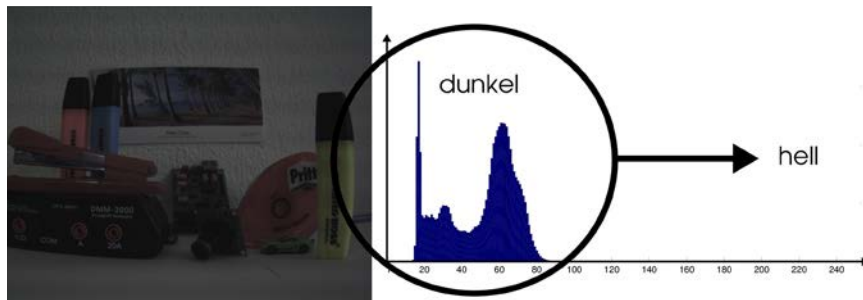
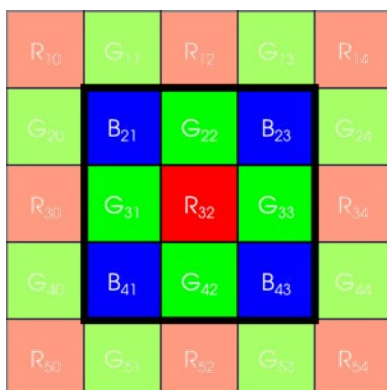


Bild 4: Histogramm

Die O-3000 Kamera hat bereits einen Algorithmus implementiert, der die Helligkeit des Bildes automatisch optimiert. Der betreffende Regelkreis analysiert dabei die Helligkeit von jedem Bild und vergleicht sie mit einem Sollwert. Entsprechend wird für das nächste Bild die Belichtungszeit und die Verstärkung angepasst. Falls keine automatische Helligkeitsregelung gewünscht ist, kann die Pixelverstärkung und die Belichtungszeit manuell eingestellt und fixiert werden.

## Rekonstruktion der Farbwerte

Für die Rekonstruktion der RGBFarbwerte (Rot, Grün, Blau) pro Pixel aus dem BayerFormat gibt es verschiedene Algorithmen, die sich im Rechenaufwand und in der erzielbaren Qualität stark unterscheiden. Man spricht auch vom DemosaicingProzess. Der sogenannte NearestNeighbor Algorithmus wird hier als einfaches Beispiel erläutert. Er errechnet für jeden Pixel anhand der benachbarten Pixel den RGBFarbwert durch eine Mittelwertbildung. Dieses Interpolationsverfahren zählt zu den wenig rechenintensiven Algorithmen. In der Abbildung ist angegeben, wie der RGB-Wert für den zentralen, im schwarzen Quadrat gelegenen Pixel R<sub>32</sub> berechnet wird.



$$\text{rot}_{32} = R_{32}$$

$$\text{grün}_{32} = (G_{22} + G_{31} + G_{33} + G_{42}) / 4$$

$$\text{blau}_{32} = (B_{21} + B_{23} + B_{41} + B_{43}) / 4$$

Bild 5: Interpolationsverfahren

Wie schon erwähnt, liefert die O-3000 Kamera Bilder im BayerFormat an die Auswerteeinheit (PC, Embedded System). Der Anwender kann den DemosaicingAlgorithmus frei wählen, je nach Anforderung an die Qualität des Bildes und der verfügbaren Rechenleistung.

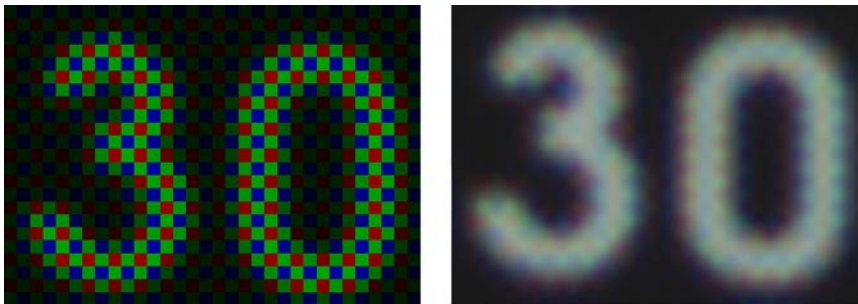


Bild 6: DemosaicingAlgorithmus.

## Weissabgleich

Unterschiedliche Lichtquellen haben verschiedenen Farbtemperaturen. Der Begriff der Farbtemperatur stammt vom sogenannten schwarzen Körper, der bei der betreffenden Temperatur mit der entsprechenden Farbe strahlt. Eine durchschnittliche Glühlampe erzeugt ein warmweisses, gelbliches Licht. Man sagt, sie habe eine tiefe Farbtemperatur, während eine Leuchtstofflampe mit höherer Farbtemperatur in einem kaltweissen, bläulichen Farbton abstrahlt.

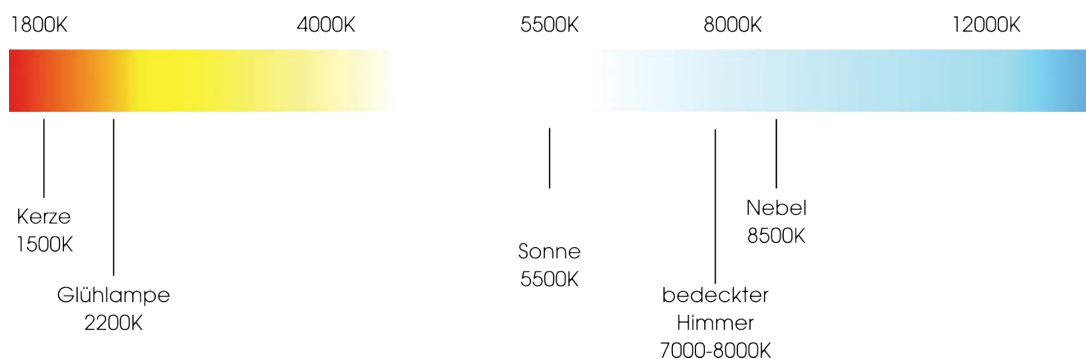


Bild 7: Farbtemperatur.

Das Licht der Quelle wird von der Umgebung reflektiert und lässt das aufgenommene Bild in einem der Farbtemperatur der Quelle entsprechenden Farbstich erscheinen. Der Weissabgleich soll diesen Farbstich neutralisieren, so dass das Bild natürlich erscheint. Wäre die Farbtemperatur der Lichtquelle bekannt, so liesse sich die Asymmetrie der Farbe leicht heraus rechnen. In der Praxis ist dies aber selten der Fall. Bei vielen industriellen Vision Anwendungen reicht unter Umständen schon der Austausch eines Leuchtmittels, damit eine Verfärbung des Bildes entsteht. Hier helfen Algorithmen für den automatischen Weissabgleich. Davon gibt es zwei Kategorien: Der globale Weissabgleich verwendet alle Pixel für die Schätzung der Farbtemperatur der Beleuchtung, während ein lokaler Weissabgleich nur bestimmte Pixel nach einer heuristischen Regel berücksichtigt. Der einfache Gray World Algorithmus nimmt an, dass der Farbmittelwert über allen Pixel einem Grauwert entspricht, resp. entsprechen sollte. Folglich müssten die roten, grünen und blauen Farbanteile im Durchschnitt gleich gross sein. Dominiert eine Farbe, so ist sie zu reduzieren.

Diese Methode funktioniert jedoch nicht, wenn in der Szene gewisse Farben fehlen. Dieser Algorithmus lässt eine grüne Wiese oder ein blaues Meer gräulich erscheinen. Um dieses Problem zu beheben, wird der Gray World Algorithmus erweitert indem annähernd graue Pixel aussortiert und im Weissabgleich nicht weiter berücksichtigt werden. Bei der O-3000 Kamera sind die roten, grünen und blauen Pixelverstärkungen individuell einstellbar. So lässt sich eine dominierende Farbe leicht unterdrücken.



Bild 8: RGB space unbalanced.



Bild 9: RGB balanced.

*Autor: Patrick Roth und Dr. Jürg M. Stettbacher, Stettbacher Signal Processing, CH8600 Dübendorf.*

Stettbacher Signal Processing AG bietet seit 20 Jahren F+E Dienstleistungen an für anspruchsvolle Projekte in den Bereichen elektronische Mess-, Steuer-, Regelungs-, Antriebs- und Kommunikationstechnik für industrielle Analytik, Qualitätssicherung, Medizin, Pharma, Verteidigung und Training. Die Firma setzt die O-3000 Kameras in eigenen Projekten ein und vertreibt sie erfolgreich auf dem Markt.

Stettbacher Signal Processing AG  
dsp@stettbacher.ch  
www.stettbacher.ch  
+41 43 299 57 23

Neugutstrasse 54  
CH-8600 Dübendorf

