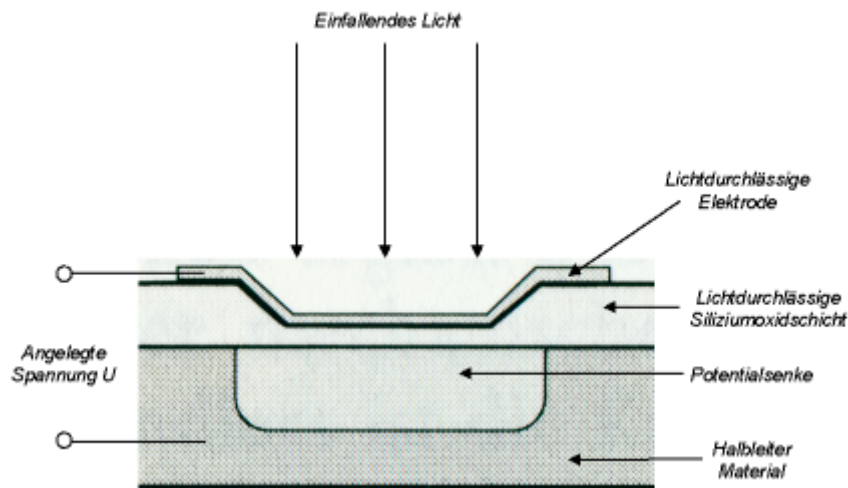


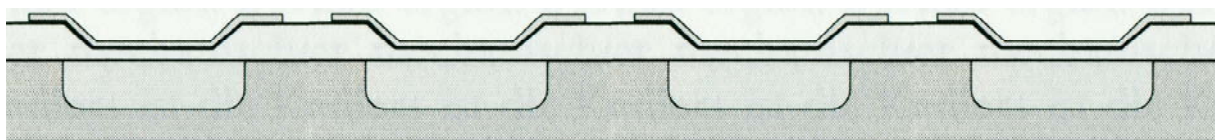
CCD-Chip und CCD-Kamera

Volker-James Münchhof

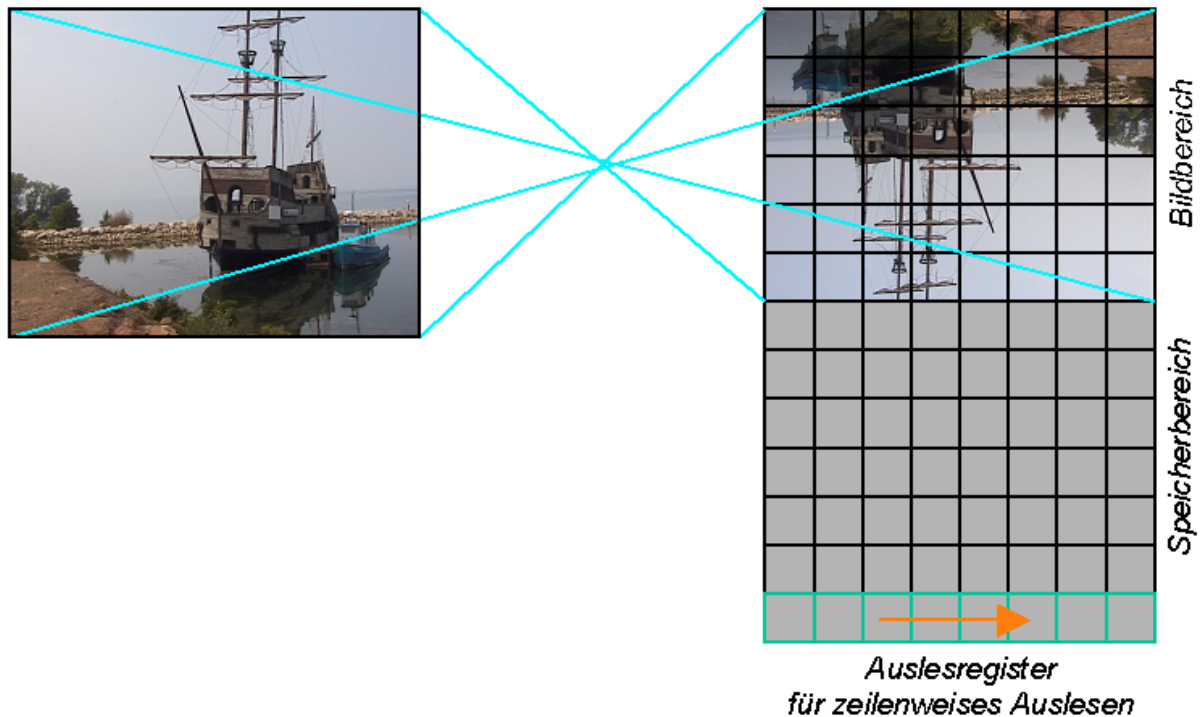
Wird ein Wassereimer in den Regen gestellt, kann darin Regenwasser gesammelt werden. Die Menge des im Eimer gesammelten Wassers richtet sich dabei nach dem Durchmesser des Wassereimers, der Intensität des Regenschauers und der Zeitdauer, in welcher der Wassereimer im Regen steht. Genau so kann die Funktion eines CCD-Chips, bzw. CCD-Zelle verstanden werden. CCD steht dabei für Charge Coupled Device, was übersetzt in etwa bedeutet: Ladungsgekoppeltes Bauteil. Die CCD-Zelle ist der Wassereimer, die statt Regen Licht sammelt und dieses Licht in einer Potentialsenke in seinem Inneren in elektrische Ladung umwandelt. So gesehen ist die CCD-Zelle eigentlich ein analoges Bauteil.



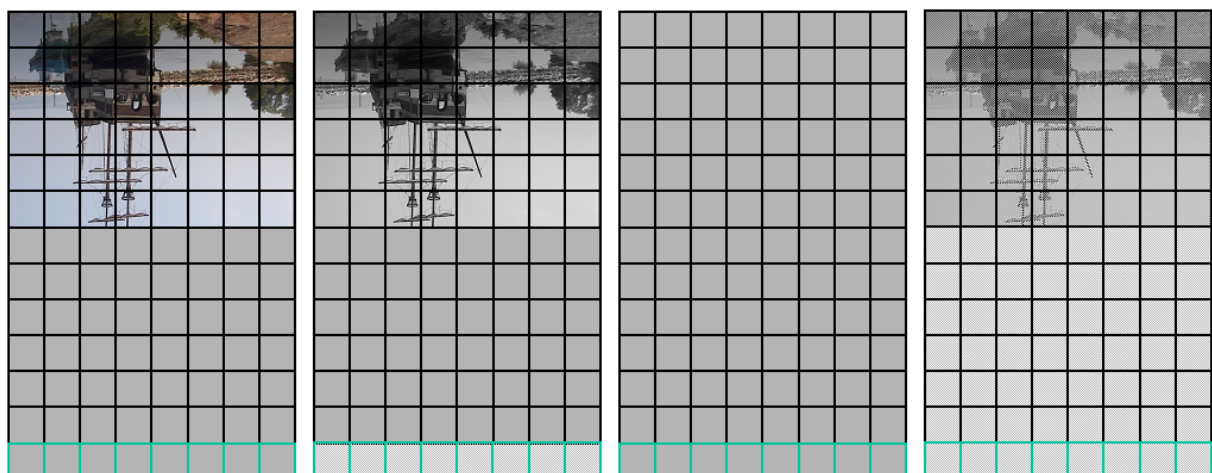
Die Kopplung besteht darin, daß die gesammelte Ladung mit Hilfe getakteter Spannungen von einem Speicher in den nächsten Speicher verschoben werden kann (Schieberegister), was für das Auslesen von Vorteil ist. Werden mehrere CCD-Zellen (ca. 1100 Stück) zusammengefasst spricht man von einer CCD-Zeile. Mit einer solchen CCD-Zeile können schon FAX-Geräte oder Filmabtaster bestückt werden, da sich hier das Objekt gleichmäßig am Abtaster vorbeibewegt. Die CCD-Zeile ist dann gleichzeitig auch die Bildzeile des Fernsehbildes.



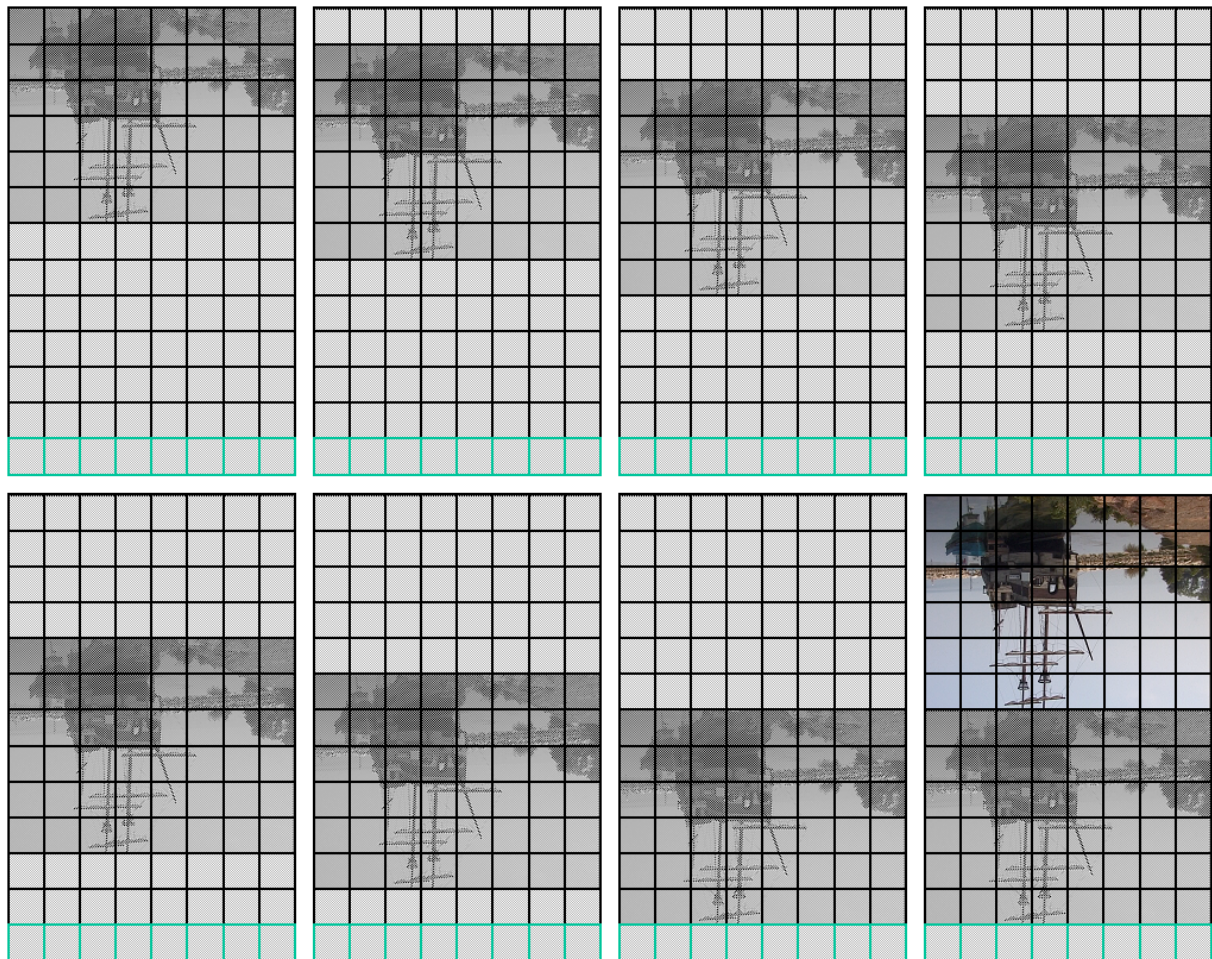
Mehrere CCD-Zeilen werden zu einer CCD-Bildwandlerfläche, oder kurz: CCD-Wandler, zusammengefasst. Die Funktion eines CCD-Wandlers ist nun etwas komplizierter, da das aufgezeichnete Bild aus der Wandlerfläche heraus transportiert werden muss, um ausgelesen zu werden..



Das vorstehende Bild zeigt die Funktion eines CCD-Wandlers. Der obere Teil des Bildes stellt die Abbildung des aufgenommenen Bildes mit seinen „Lichtstrahlen“ dar. Bevor nun das nächste Bild in den Bildspeicher gelangen kann, muß der Bildspeicher ausgelesen werden. Dazu wird der Bildspeicher abgedeckt, damit sich die angesammelte Ladung nicht mehr verändern kann. Dann wird der Inhalt des Bildbereiches mit der schon erwähnten Schieberegisterfunktion zeilenweise in den (immer abgedeckten) Speicherbereich verschoben. Nach dem Verschieben des Bildbereiches ist dieser leer und kann nach Entfernung der Abdeckung wieder mit einem „neuen“ Bild belichtet werden.



Die vorstehende Abbildung zeigt zunächst den Belichtungs- und den Abdeckvorgang in „Zeitlupe“. Von links nach rechts zeigen die Teilbilder: die optische, farbige Abbildung, dann die entsprechende „elektrische“ Ladung in den CCD-Zellen, danach die Abdeckung des Bildbereiches und abschließend die Transparent-Machung der Abdeckungen, um die nachfolgend beschriebenen Vorgänge besser sichtbar zu machen. Die schwarz-weiße Abbildung in den Teilbildern 2 und 4 (und späteren Teilbildern) ist korrekt. Die CCD-Zellen können keine Farbe „sehen“.



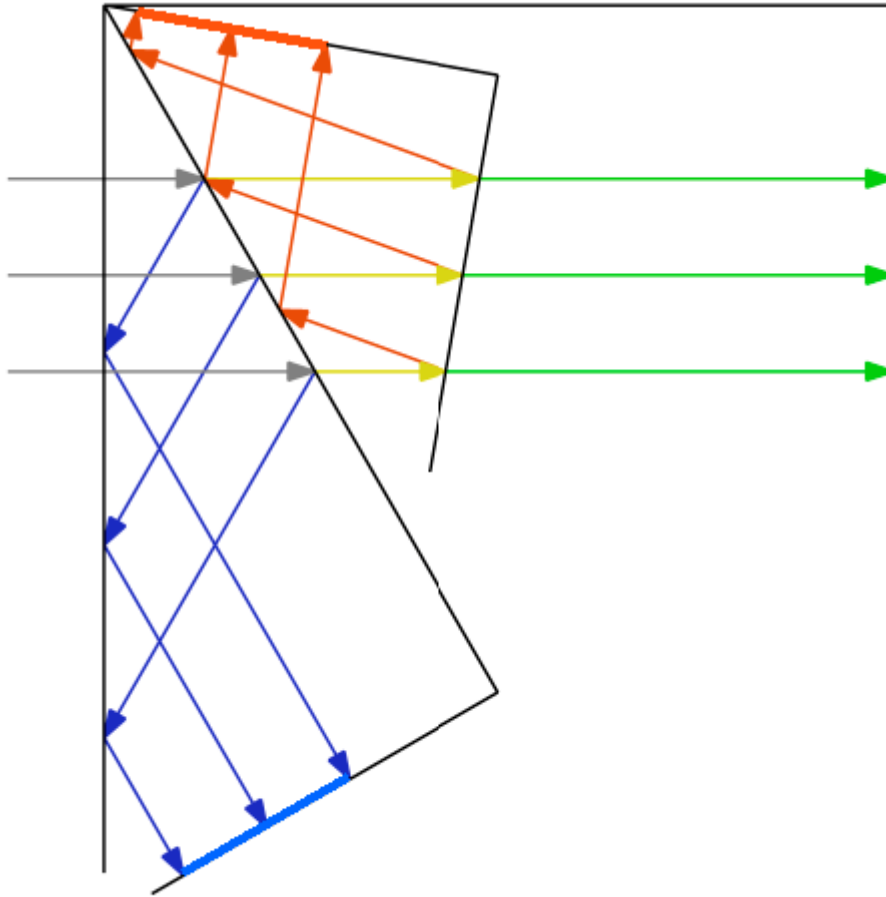
Die vorstehende Bildfolge zeigt von links nach rechts und von oben nach unten, wie der Bildbereich zeilenweise in den Speicherbereich verschoben wird und wie wieder ein „neues“ Bild in den Bildbereich aufgenommen wird, nachdem dieser geleert worden ist.

Die nachfolgende Bildfolge beginnt oben links mit dem letzten Bild der vorausgegangenen Bildfolge. Jetzt ist erkenntlich, wie das Bild, das sich im Speicherbereich befindet, zeilenweise in das Ausleseregister übertragen und dort zellenweise ausgelesen (roter Pfeil) wird. Gleichzeitig wird das neu aufgenommene Bild vom Bildbereich in den Speicherbereich verschoben. Dieser Vorgang wiederholt sich, solange der „Aufnahmeknopf“ der Video-Kamera gedrückt ist.



Wie schon erwähnt: Die CCD-Zelle kann keine Farbe „sehen“. Wie kommt es, daß das Video farbig ist?

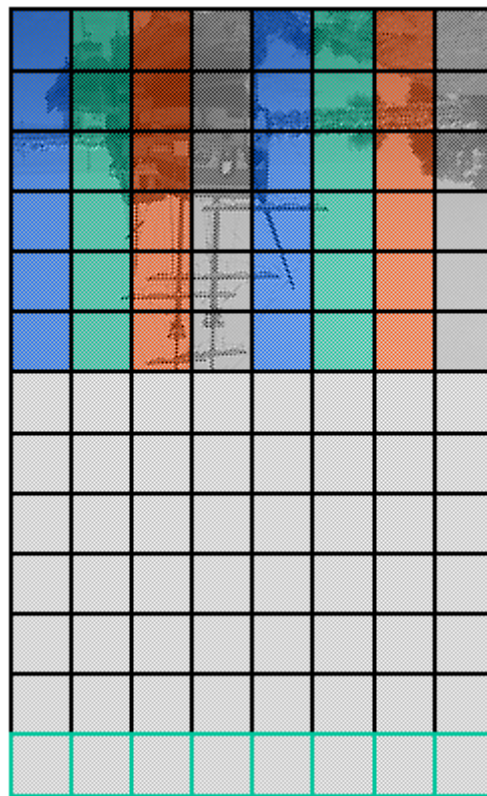
Wenn das Bild auf dem Farbfernsehgerät aus den drei Farben rot, grün und blau gebildet wird, werden eigentlich auch nur diese drei Farben benötigt. Aus diesem Grunde wird das farbige Bild in der Video-Kamera in die drei Grundfarben rot, grün und blau zerlegt. Das geschieht durch Farbfilter oder durch Farbspiegel oder sogar durch Farbfilter und Farbspiegel. Auf der nächsten Seite ist die Anordnung einer 3-Chip-CCD-Kamera dargestellt. An dieser Anordnung soll die Funktionsweise erläutert werden. Das weiße (hier aus Kontrastgründen schwarz dargestellte) Licht tritt an der linken Seite des CCD-Wandlerblockes ein und trifft auf einen teildurchlässigen Spiegel, der blaues Licht reflektiert und die restlichen Farbanteile (zusammen gelb) hindurchlässt (dichroitisch). Das blaue Licht trifft nun auf einen weiteren, normalen Spiegel, der es auf die Wandlerebene reflektiert. Genau vor der Wandlerebene befindet sich ein Blaufilter (monochromatisch), der eventuell noch vorhandene „Restlichtanteile“ anderer Farben weiter eliminiert. Der CCD-Wandler zeichnet jetzt einen blauen Farbauszug des aufgenommen Bildes auf.



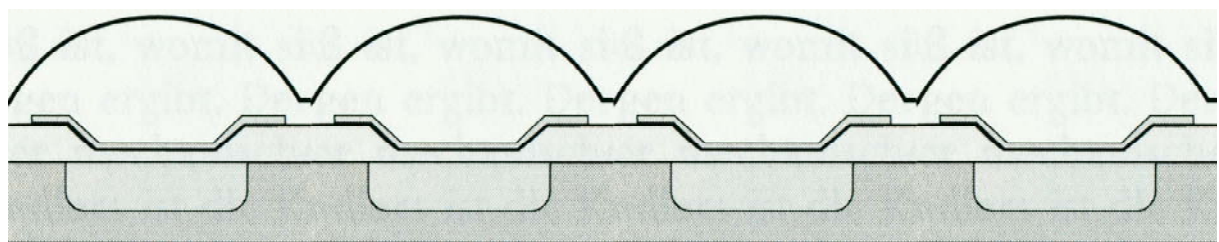
Kehren wir jetzt zum gelben Licht zurück. Das gelbe Licht trifft nun auf einen teildurchlässigen Spiegel, der rotes Licht reflektiert und grünes Licht hindurchlässt. Das rote Licht trifft jetzt wieder auf den ersten Spiegel, der es auf die Wandlerebene reflektiert. Genau vor der Wandlerebene befindet sich ein Rotfilter, der eventuell noch vorhandene „Restlichtanteile“ anderer Farben weiter eliminiert. Der CCD-Wandler zeichnet jetzt einen roten Farbauszug des aufgenommenen Bildes auf. Kehren wir jetzt zum grünen Licht zurück. Das grüne Licht gelangt jetzt weiter zur Wandlerebene. Genau vor dieser Wandlerebene befindet sich ein Grünfilter, der eventuell noch vorhandene „Restlichtanteile“ anderer Farben weiter eliminiert. Der CCD-Wandler zeichnet jetzt einen grünen Farbauszug des aufgenommenen Bildes auf. Durch die doppelte Farbfilterung (Farbspiegel und Farbfilter) sind die Farbauszüge natürlich besonders „rein“ und treffen exakt die Farben der Farbpigmente der Bildschirme. Die Ausrichtung der CCD-Wandler hat besonders sorgfältig zu erfolgen, abgesehen von einer gewünschten Grün-Verschiebung, dem „Spatial Offset“, der die Auflösung des Luminanzsignales (Bildsignales) verbessert. Wichtig ist auch, daß die Distanzen



der drei Wandlerebenen zur Bildeintrittsebene in den Wandlerblock völlig gleich sind.

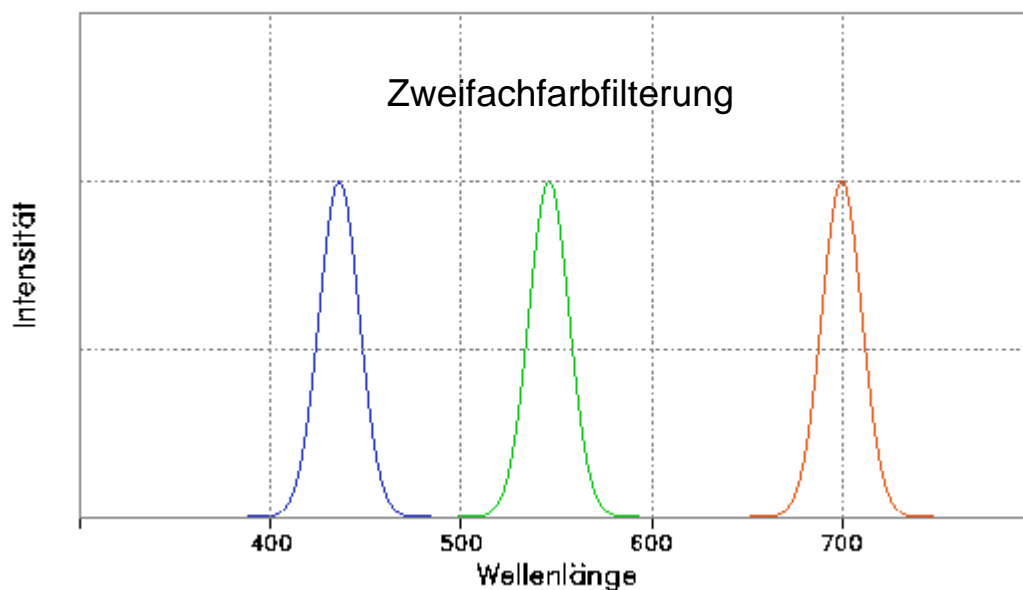
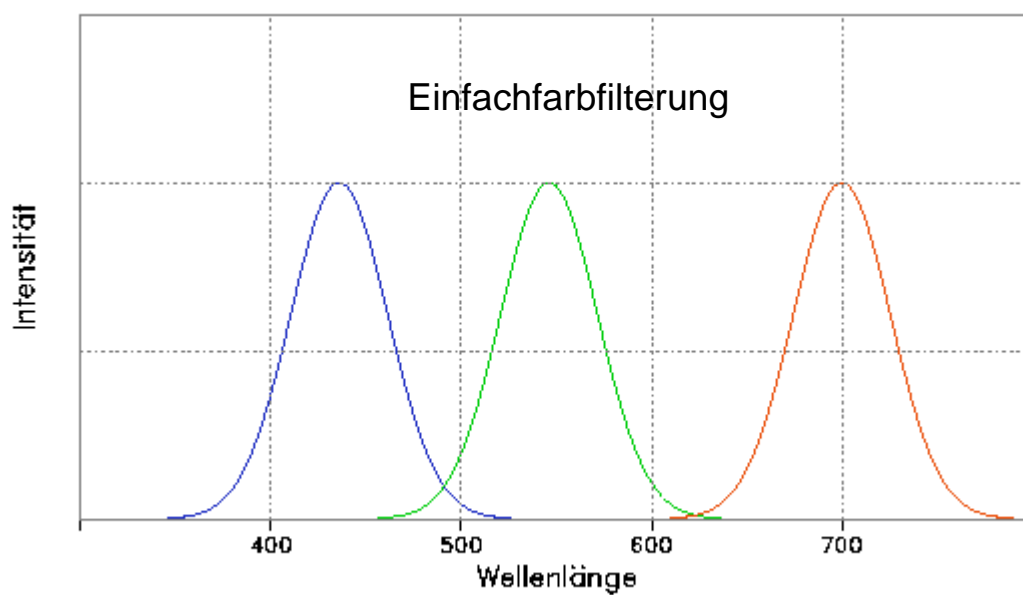


Bei der 1-Chip-CCD-Kamera ist die Zerlegung des Farbbildes in seine Farbauszüge ganz anders. Wie die vorstehende Abbildung zeigt, befinden sich Farbfiler in der Breite von einer CCD-Zelle vor den CCD-Zellen. Beim Auslesen der Bildzeilen erscheint immer zuerst der Inhalt einer „schwarz-weiß“ CCD-Zelle, gefolgt von je einem Inhalt einer CCD-Zelle mit rotem, grünen und blauem Farbauszug. Diese Reihenfolge bleibt während der gesamten CCD-Zeile gleich. Die Farbfiler können entweder Farbbändchen aus Kunststoff oder kleine Prismen sein.



Um die Auflösung der CCD-Wandler zu erhöhen, werden die CCD-Zellen (Pixel) immer kleiner und durch die kleineren Durchmesser wird die Lichtempfindlichkeit geringer. Die Lichtempfindlichkeit der CCD-Wandler kann wiederum gesteigert werden, indem vor die CCD-Zellen kleine Linsen, wie die vorstehende Abbildung zeigt, in das Material geätzt werden. Bei den 1-Chip-CCD-Wandlern kann dieser Ätzvorgang auch dazu benutzt werden, um gleichzeitig die kleinen Prismen für die Farbzerlegung des Lichtes mit in das Material zu ätzen.

Die beiden nachfolgenden Diagramme zeigen den deutlichen Unterschied zwischen einer einfachen und zweifachen Farbfilterung. Der Farbdurchlass bei der Zweifachfilterung ist erheblich enger, d.h. die Farbauszüge sind „reiner“.



Auf dieser Seite gibt es jetzt einen Nachtrag:

In einem Geschäft habe ich ein Demonstrationsmodell eines 3-Chip-CCD-Wandlerblockes der Firma Panasonic gesehen und die Erlaubnis erhalten, diesen fotografieren zu dürfen. Die Reihenfolge der Farbzerlegung ist hier etwas anders als im Beitrag beschrieben (1. grün, 2. blau und 3. rot), was aber letztendlich gleichgültig ist, denn die Funktionsweise bleibt gleich. Die Spiegelflächen sind deutlich sichtbar, ebenso die CCD-Wandlerchips (mit den „Beinchen“), sowie die weiße Lichtquelle links vom Wandlerblock.

