

Von Analog nach Digital (Digitalisierung mit CCD-Sensoren)

Grundlegende Schritte:

- Durch Lichteinwirkung werden im Silicium-Gitter Elektronen frei. Je mehr Licht, desto mehr Elektronen werden frei.
- Die negativ geladenen Elektronen werden durch ein positiv geladenes elektrisches Feld an der Bewegung gehindert und sammeln sich so zu Elektronenpaketen.
- Die Elektronenpakete werden durch Ladungskopplung aus dem Sensor ausgelesen.
- Im Analog/Digitalwandler werden den Elektronenpaketen je nach Größe Graustufen zugeordnet.

- Ein einzelnes Pixel des CCD-Sensors kann ca. 110.000 Elektronen speichern. D.h. es könnten rund 110.000 Graustufen digital umgesetzt werden.
- Um diese speicherintensive Anzahl zu reduzieren werden die Elektronenmengen der Ladungspakete im Analog-/Digital-Wandler über Tabellen Digitalwerten zugeordnet.
- Um diese 110.000 Elektronen in Graustufen zu digitalisieren wären 17bit Datentiefe notwendig. In der Regel werden aber nur 8Bit abgespeichert, da das menschliche Auge nicht mehr als 256 Graustufen unterscheiden kann.
- Scanner und hochwertige Digikams quantisieren meist mit mehr als 8 Bit (z.B. 12 oder 14 Bit/Kanal), um mehr Spielraum für Tonwertkorrekturen zu haben.
- Rasterung → Einteilung der Vorlage in Pixel
- Quantisierung → Zuordnung von Graustufen zu den Größen der Elektronenpaketen

Digitalisierung → Rasterung + Quantisierung

Problembereiche der CCD-Technologie

„Blooming“-Effekt:

- an Bildstellen, die sehr stark belichtet werden, können so viele Elektronen frei werden, dass diese das Fassungsvermögen des Pixels übersteigen und auf benachbarte Bildstellen „überlaufen“
- **Folge: ausgefressene Spitzlichter.** Vor allem bei Photographien von stark reflektierenden Oberflächen, wie Glas oder Chrom.

„Dunkles“ Rauschen:

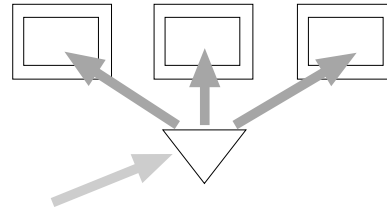
- CCD-Sensoren sind nicht nur für die Wellenlängen des sichtbaren Lichts empfindlich, sondern z.B. auch für UV- oder Wärmestrahlen.
- **Folge: Belichtungseindruck wird erzeugt**
- CCD-Sensoren müssen wegen der Wärmeempfindlichkeit durch spezielle Bauteile gekühlt werden.
- Einwirkung von UV-Strahlen mindert man durch den Einsatz entsprechender Filter. Diese Probleme können nur mit hohem technischen Aufwand gemindert werden, weshalb qualitativ hochwertige CCD-Sensoren sehr teuer sind.

Möglichkeiten zur Farberfassung

CCD-Sensoren sind über den gesamten Bereich des sichtbaren Spektrums empfindlich. Um RGB-Farbdaten zu erzeugen, sind daher Hilfskonstruktionen notwendig.

3 CCD-Sensoren mit Strahlenteilung (über Prisma):

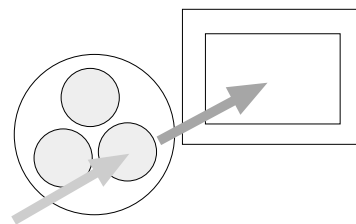
- Einsatz: hochwertige Digital-Profikameras
- **bewegte** Objekte können aufgenommen werden
- sehr gute Qualität
- sehr teuer (ca. 300.000)



3-CCD-Sensoren

CCD-Sensor mit drei Aufnahmen:

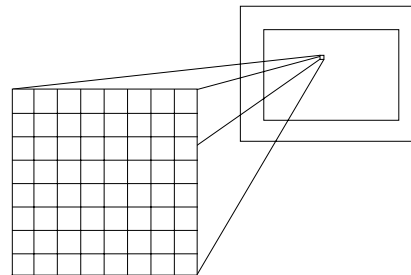
- Einsatz: hochwertige Studio-/Profikameras
- Nur **starre** Objekte können aufgenommen werden
- gute Qualität
- nicht so teuer (ca. 30.000)



CCD-Sensor mit drei Aufnahmen

CCD-Sensor mit Mosaikfiltern:

- Mosaikfilter sind auf den einzelnen Pixeln aufgedampft
- Einsatz: sowohl bei Amateur- als auch bei Profikameras
- **bewegte** Objekte können aufgenommen werden
- keine gute Qualität
- nicht teuer



CCD-Sensor mit Mosaikfilter

Auflösungsvermögen

wichtiges Produktmerkmal – entscheidet, wie fein eine Vorlage in Pixel zerlegt wird.

Optisches Auflösungsvermögen:

- 840 x 2500 ppi (840=horizontale Auflösung, 2500 → vertikale Auflösung)
- hängt von der Anzahl der CCD-Elemente des Sensors ab (besteht ein Sensor aus 100 Pixeln pro cm Größe, digitalisiert er also 100ppcm)
- hochwertige Scanner besitzen häufig ein optisches System, das zwischen Vorlage und Sensor liegt

optische Auflösungsvermögen ändert sich in horizontaler Richtung

- vertikal ist das Auflösungsvermögen variabel, weil die Strecke um die die CCD-Zeile weiterbewegt wird, frei gewählt werden kann (z.B. um 1/3) → Scanauflösung 3 mal so hoch, wie die Anzahl der CCD-Elemente.

$$\begin{aligned} \text{Auflösungsvermögen} &= \frac{2048 \text{ Pixel (auf der CCD)}}{10\text{cm (Vorlagenbreite)}} \\ &= 204,8 \text{ ppcm} = 520 \text{ ppi} \end{aligned}$$

Interpoliertes Auflösungsvermögen (Rechenmethode):

- Auflösungsvermögen ist durch die Anzahl der CCD-Elemente auf dem Sensor begrenzt
- Hersteller versuchen das Auflösungsvermögen zu steigern, indem sie zu den optisch erfassten weitere Pixel „dazurechnen“
- Bei den zusätzlichen Pixeln handelt es sich um Schätzungen, wodurch die Interpolation von Bildpunkten in den meisten Fällen mit Qualitätsverlust verbunden ist
- manchmal unvermeidlich, wenn z.B. eine Vorlage sehr stark vergrößert werden muss
- Bildgrößenänderungen in Bildbearbeitungsprogramme arbeiten auch mit dem Verfahren der Interpolation
- Interpolieren = (mathem.) einen Zwischenwert feststellen

Folge der Interpolation → Das Bild verliert an Schärfe!

Tonwertkorrekturen

Die Tonwerte des Bildes müssen so verteilt werden, dass das Motiv angemessen wiedergegeben wird.

Ziele:

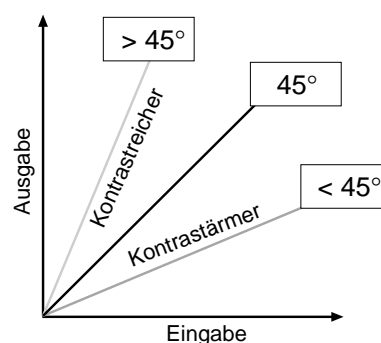
- hervorheben motivwichtiger Bildteile
- Anpassung auf den Ausgabeprozess im Printbereich
- In den Lichtern wird immer etwas Zeichnung benötigt (Richtwert: 3 - 5%)
- druckabhängiger Tonwertzuwachs (ca. 10 - 30%)

Tonwertkorrektur - Histogramm:

- Werkzeug zur Analyse der Tonwertverteilung
- Im Histogramm werden die Häufigkeiten der einzelnen Graustufen des Bildes als Säulendiagramm dargestellt (Je häufiger der Tonwert vorkommt, desto höher der Balken)
- keine Tiefen und Lichter → dem Bild fehlt Kontrast
- zu wenig Mittelöne → das Bild hat zuviel Kontrast

Gradationskurve:

- Der Gammawert ist ein Maß für die Steilheit der Gradationskurve
- Gammawert = Tangens des Steigungswinkels
- $\tan 45^\circ \rightarrow \gamma = 1 \rightarrow$ Vorlage
- $\tan > 45^\circ \rightarrow \gamma > 1 \rightarrow$ Kontrastreicher
- $\tan < 45^\circ \rightarrow \gamma < 1 \rightarrow$ Kontrastärmer



Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung

Tonwertkontrolle

- Tonwerte werden üblich mit Werten von 0→Schwarz bis 255→Weiß angegeben (binäre Arbeitsweise PC)
- Für visuelle Messung und Kontrolle von Druckprodukten sind Werteskalen üblich, die nicht auf Bits und Bytes beruhen.

Remission/Transmission:

- für die Helligkeitsempfindung ist entscheidend, wie stark die Lichtwellen sind, die von einer Aufsichtsvorlage zurückgesendet (Remission), bzw. von einer Durchsichtsvorlage hindurchgelassen (Transmission) werden.
- Transmission → Transparenz
- Remissions- und Transmissionswerte können als Brüche, in Dezimal oder in Prozent angegeben werden.

$$\begin{aligned} \text{Remission} &= \frac{50 \text{ (Einheiten remittiertes Licht)}}{100 \text{ (Einh. auftreffendes Licht)}} \\ &= \frac{1}{2} = 0,5 = 50\% \end{aligned}$$

Opazität:

- Zur Beurteilung und Messung von Tonwerten ist jedoch das Gegenteil von Remission/Transmission von Interesse – die Lichtundurchlässigkeit, Schwärzung oder Opazität
- Opazität → Kehrwert von Remission/Transmission

$$\text{Opazität} = \frac{1}{R} = \frac{1}{T}$$

Optische Dichte:

- Das Helligkeitsempfinden des Menschen verläuft nicht linear, sondern logarithmisch.
- Tonwerte werden daher nicht in Opazitätswerten angegeben, sondern als der Logarithmus der Opazität
- Optische Dichte (D) → Logarithmus (log) der Opazität (O)

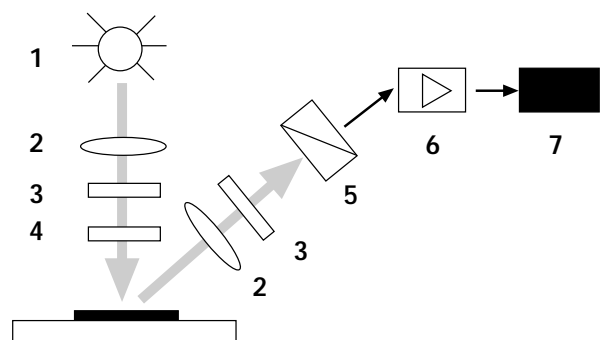
$$D = \log O \quad D = \log (1 : R) \quad D = \log (1 : T)$$

D = 1.0	D = 1.3	Veränderung um +0.3
O = 10	O = 20	Verdopplung der Opazität
R = 10%	R = 5%	Halbierung der Remission

Tonwertmessung

- Tonwerte (Dichtewerte) werden mit einem Densitometer gemessen
- es werden Auflicht- und Durchlichtdensitometer unterschieden
- Bei der Kontrolle von Printprodukten ist über die errechneten Dichtewerte hinaus meist eine Anzeige der Rastertonwerte nötig
- Gerasterte Tonwerte werden als Flächendeckungsgrad (in %) bezeichnet
- Der Flächendeckungsgrad errechnet sich aus den gemessenen Dichtewerten nach der „Murray-Davies“-Formel

Messprinzip eines Densitometers:



- 1 Lichtquelle, 2 Linsensystem, 3 Polarisationsfilter, 4 Farbfilter, 5 Empfänger (Fotodiode), 6 Elektronik, 7 Anzeige

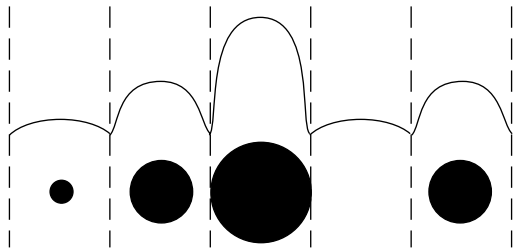
Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung

Rasterung

- Umsetzung von Halbtonvorlagen in Schwarz-Weiß-Information zur Erstellung von Druckvorlagen
- Durch die integrierende Wirkung des Auges wird das gerasterte Bild geglättet und erweckt den Eindruck von Halbtonverläufen
- je dichter die Rasterpunkte, um so natürlicher das Bild
- Rasterweite/Rasterfrequenz → Nähe der Rasterpunkte zueinander
- bei normalem Leseabstand kann man ab einem 60er-Raster die einzelnen Punkte nicht mehr wahrnehmen

Amplitudenmoduliertes Raster:

- konventionell / autotypisch
- Abstand zwischen den Rasterpunkten ist gleich
- Größe der Rasterpunkte ist variabel



Nachteil:

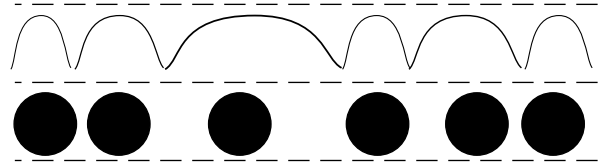
- unerwünschte Musterbildung im Mehrfarbdruck (Moiré, Rosetten)

Vorteil:

- einfacher zu handhaben

Frequenzmoduliertes Raster:

- Kristallraster / Zufallsraster
- Abstand und Anzahl der Rasterpunkte ist variabel
- Größe der Rasterpunkte ist gleich



Nachteil:

- absolut exakte Verarbeitung nötig (Plattenkopie)
- teuer und schwierig

Vorteil:

- keine Musterbildung
- generell höhere Qualität

Rasterwinkelung

- Die Raster der einzelnen Farben werden mit verschiedenen Winkeln gedreht (0°=Y, 15°=C, 45°=K, 75°=M)
- Um unterschiedlich große Rasterpunkte zu erzeugen muss der Belichter ein höheres Auflösungsvermögen haben als die Rasterweite ist, d.h. die Rasterzelle wird in weitere Belichterpunkte unterteilt.
- Wieviele unterschiedliche Tonstufen dargestellt werden können kann man berechnen

$$\text{Anzahl der Tonstufen} = \left(\frac{\text{Druckerauflösung}}{\text{Rasterweite}} \right)^2$$