

Digitale Bildverarbeitung

Einheit 3

Das Bildverarbeitungssystem

Lehrauftrag WS 05/06

Fachbereich M+I der FH-Offenburg



Dipl.-Math. Bernard Haasdonk

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Ziele der Einheit

- **Machinelles Visuelles System**
 - In der **Maschinellen Bildverarbeitung** ist wie beim Menschen auch ein "visuelles System" nötig, das die aufgenommenen Bilder verarbeitet.
- **Hardware**
 - Wir werden die **Hardware-Komponenten** eines Bildverarbeitungssystems kennenlernen
- **System-Konzeption**
 - Es werden fachliche Grundlagen für die **Konzeption** eines Bildverarbeitungssystems erarbeitet
- **Technische Vergleichskriterien**
 - Es wird nötiges Grundwissen bereitgestellt, um Komponenten verschiedener Firmen auf Leistungsfähigkeit und Kompatibilität hin miteinander **vergleichen zu können**.

Gliederung

- Das Bildverarbeitungssystem
- Beleuchtung in der Bildverarbeitung
 - Lichtquellen
 - Beleuchtungsarten
- Die CCD-Kamera
 - Videonormen
 - CCD-Wandler-Techniken und Chipformate
 - Bauformen von CCD-Kameras
- Neuere Kameraentwicklungen
- Kameraobjektive
 - Optische Grundlagen
 - Objektivarten
 - Zubehör für Objektive
- Die Bildverarbeitungskarte
- Digitalisierung von Bildern

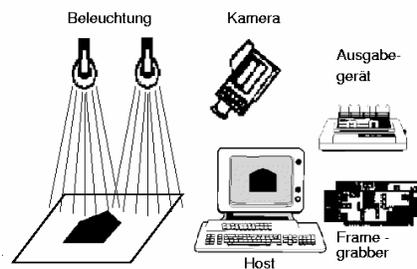
18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

3

Das Bildverarbeitungssystem

- Ein Bildverarbeitungssystem besteht aus
 - Beleuchtungsanlage
 - Bildsensormsystem, Beispiel: digitale Kamera
 - Bildverarbeitungskarte (Analog-Digital-Wandlung)
 - Rechner, der die Infrastruktur zur Verfügung stellt
 - Ausgabepерipherie (Monitor, Drucker, Projektor)



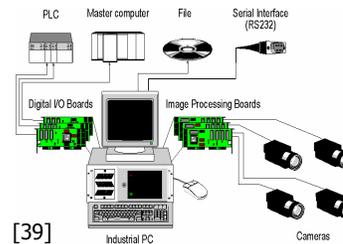
18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

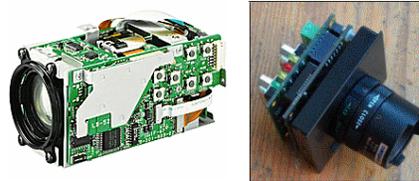
4

Beispiele für BV-Systeme

- **Großes System**
 - In der Regel ist ein Bildverarbeitungssystem in eine größere Rechnerlandschaft eingebettet und über interne und externe Netze verbunden.



- **Kleine Systeme**
 - Das gesamte Bildverarbeitungssystem kann auch direkt auf der Kamera realisiert sein.
 - **VLSI Technik** (*Very Large Scale Integration*) ermöglicht die Realisierung des gesamten Bildverarbeitungssystems direkt auf einer Minikamera.



18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

5

Beleuchtung

- **Relevanz:**
 - „Jeder in die Beleuchtung investierte Euro spart zwei in der Weiterverarbeitung“
 - Das Beleuchtungsproblem ist oft das größte Problem in der Bildverarbeitung
 - Beleuchtung entscheidet wie leicht die BV-Aufgabe gelöst werden kann
- **Ziel:**
 - Optimaler **Dynamikbereich** und **Kontrast**
 - **Homogene** und **zeitlich konstante** Beleuchtung
- **Auswahl an Lichtquellen:**
 - Tageslicht Glühlampen Leuchtstoffröhren
 - Halogenlampen Entladungslampen Leuchtdioden (LEDs)
 - Laserdioden Infrarotlichtquellen
- **Auswahl von Beleuchtungsmöglichkeiten:**
 - **Auflichtbeleuchtung** Durchlichtbeleuchtung
 - **Hellfeldbeleuchtung** Dunkelfeldbeleuchtung
 - **Diffuse Beleuchtung** Strukturierte Beleuchtung

18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

6

Lichtquelle Tageslicht

- Vorteil: **kostenlose und allgegenwärtige** Verfügbarkeit
- Für Bildverarbeitung ist es i.a. **nachteilig** durch seine Unkontrollierbarkeit
 - Keine Einstellungsmöglichkeiten
 - Helligkeits- und Farbschwankungen
 - Abhängig von Wetterverhältnissen Tageszeit und Jahreszeit
- Ähnlich ungeeignet ist das **unkontrollierte Licht** in einer Produktionshalle.
- Oft ist unkontrolliertes Licht unvermeidbar, dies stellt immer eine besondere Herausforderung für die nachfolgende Bildverarbeitung dar.
- **Beispiel** einer der wenigen erfolgreichen Anwendungen:
 - Überwachung des Pflanzenwachstums
 - Aufnahmen jeden Tag zur selben Tageszeit
 - Lichtfarbe in etwa konstant, es ändert sich lediglich die Intensität.
 - Intensitätsschwankungen und geringe Schwankungen in der Farbe können jedoch durch Kalibrierung bei der nachfolgenden Bildverarbeitung ausgeglichen werden.



[40]



18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

7

Lichtquelle Glühlampen

- Vorteil: **sehr preiswert**
- Nachteile
 - **Ungleichförmiges** Beleuchtungsfeld
 - Starke **Eigenwärmeentwicklung** (Draht fast 2500 °C)
 - **Geringe Lichtausbeute** (Größtenteils nicht-sichtbare Wärmestrahlung)
 - Geringe **Lebensdauer** des Wolframdrahts (750-1000h)
 - **Helligkeitsschwankung** durch Spannungsänderung
- **Frequenzkonflikt:**
 - Sie sind ungeeignet, wenn die Bildauslesefrequenz kein Vielfaches der Netzfrequenz beträgt.
 - Dies ist oft bei Kameras der Fall, die nicht der Videonorm unterliegen, beispielsweise bei Zeilenkameras.
 - Phasenverschiebungen können hier zu Interferenzen führen, die sich durch Streifen auf dem Bild bemerkbar machen



Glühlampe: 230 V, 60 W, 720 lm, E27, Höhe etwa 110 mm

[41]

18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

8

Lichtquelle Halogenlampen

- Glühlampen mit einem Halogen als Füllgas-Zusatz (Jod, Brom)
- Vorteil gegenüber Glühlampen:
 - Höhere Betriebstemperatur (3300 °C),
 - dadurch weniger Intensitätsschwankungen,
 - quasi-konstante Lichtquellen
 - keine Frequenzprobleme
 - Lebensdauer ist erhöht (2000-4000h)
- Halogen-Kreisprozess:
 - Verdampfen der Wolfram-Atome und Abkühlung
 - Gasförmige Verbindung mit den Halogen-Atomen
 - Thermische Strömung der Verbindung zur Wendel
 - Zerlegung in ihre Bestandteile
 - Wolfram kondensiert an der Wendel.



[43]

[43]

[43]

Zeilen-, Ring- und Flächenleuchte

[42]

[42]

Punkt, Zeilen-, Flächen- und Ringleuchten

18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

9

Lichtquelle Leuchtstoffröhren

- Lichtentstehung
 - Quecksilber in Füllgas strahlt UV Licht ab
 - wird von Leuchtstoff auf der Oberfläche in sichtbares Licht verwandelt
- Vorteile im Vergleich zu Glühlampen
 - großes, homogenes Ausleuchtungsfeld
 - Können mit Frequenzgleichrichtern betrieben werden, um eine Modulation des Lichts und Interferenzen zu verhindern.
 - wenig Eigenwärmeentwicklung.
 - Längere Lebensdauer (6000-18000h)
- Eventueller Nachteil
 - spektrale Begrenzung durch das Füllgas
 - je nach Einsatzort kann dies sogar gewünscht sein.
- Leuchtstoffröhren oft zur Ausleuchtung einer Szene eingesetzt



[41]

18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

10

Lichtquelle Leuchtdioden

- **Lichtentstehung**
 - Durch Halbleiter bei **korrekt gerichteter Spannung**.
- **Vorteile:**
 - Klein, geringes Gewicht
 - Günstige Anschaffung und Betrieb
 - Nahezu trägheitslose Steuerung der Lichtintensität
 - Abstrahlen in engem Wellenlängenbereich
 - Lange Lebensdauer (100000h)
 - Keine Hitze, Geräusch, Vibration oder hohe Spannung
 - Unempfindlich gegenüber Erschütterungen
- Auch als Einspeiselihtquellen für Lichtwellenleiter verwendet



LED Ringleuchte



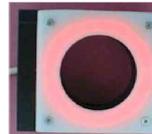
LED Array



Zwei LED Zeilen



Mehr-Farben
Ringleuchte



Ringleuchte
mit Diffusor

18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

11

Weitere Lichtquellen

- **Laserdioden**
 - Ähnlich zu Leuchtdiode, zusätzlich optischer Resonanzprozess und Besetzungsinversion
 - Hohe Strahlungsleistung auf kleinstem Raum
 - Monochromasie und Kohärenz.
 - Aus Sicherheitsgründen verwendet man auch ein *Lasermodul*, das Endprodukt aus Laserdiode, Elektronik, Optik + Gehäuse
 - Ein Laserdiodenmodul ist etwa fingernagelgroß und kann damit in räumlich limitierten Systemen integriert und als Laserquelle genutzt werden.
 - Beispiel: Laserpointer, Animationstechnik (Linien-Muster-Projektionen)
- **Gasentladungslampen**
 - Füllgas gibt unter Spannung Licht ab
 - Spektrum in Abhängigkeit vom Füllgas kontinuierlich oder diskret
 - Hohe Strahlungsdichten
 - Zeitlich konstante Leuchtkraft
 - Möglichkeit zur stroboskopischen Beleuchtung
- **Infrarotlichtquellen**
 - Verwendung mit Infrarotkameras und Tageslichtsperrfilter verhindert Umgebungslicht-Einflüsse.

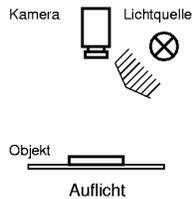


18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

12

Beleuchtung mit Auflicht



- Kamera und Lichtquelle befinden sich auf derselben Seite des Objekts.
- Man erhält ein Bild der vom Objekt reflektierten Lichtintensitätsverteilung.
- Bildgebend ist sowohl das direkt reflektierte als auch ein Teil des gestreuten Lichts.
- Problematisch: Stark spiegelnde Oberflächen

Beispiele für Auflichtbeleuchtung:

- Tageslichtbeleuchtung in einem Gewächshaus
- Beleuchtung mit Flächenleuchten
- Beleuchtung mit faseroptischen Punktleuchten
- Lesen von Etiketten

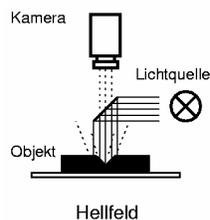


18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

13

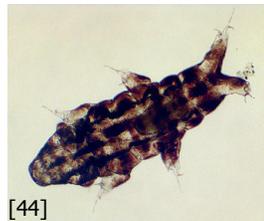
Hellfeld-Beleuchtung



- Wie bei der Auflicht-Beleuchtung sind Kamera und Lichtquelle auf derselben Seite des Objekts.
- Ein halbdurchlässiger Spiegel verhindert, daß Streulicht in die Kamera gelangt.
- Bildgebend ist hauptsächlich das **direkt reflektierte** Licht.
- Hellfeldbeleuchtung ergibt ein helles Bild, worin die interessierenden Bereiche dunkel dargestellt sind.

Beispiel für Hellfeld-Beleuchtung:

- „Bärtierchen“

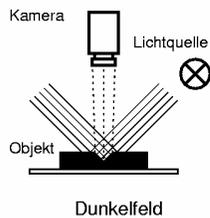


18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

14

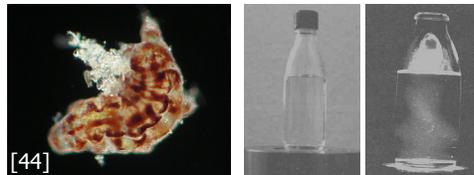
Dunkelfeld-Beleuchtung



- Auch hier sind Kamera und Beleuchtung auf derselben Objektseite
- **Großer Winkel** zwischen Licht und Kamerarichtung verhindert dass direkt reflektiertes Licht aufgenommen wird.
- Hier ist das **gestreute Licht** bildgebend
- Man erhält ein dunkles Bild, worin die interessierenden Bereiche hell dargestellt sind.

Beispiele für Dunkelfeld-Beleuchtung:

- „Bärtierchen“
- Flasche mit klarem Inhalt und Aufsichtbeleuchtung. Unreinheiten im Glas oder in der Flüssigkeit können nicht erkannt werden.
- Flasche und Dunkelfeldbeleuchtung. Unreinheiten werden sichtbar.

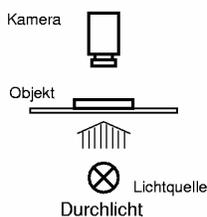


18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

15

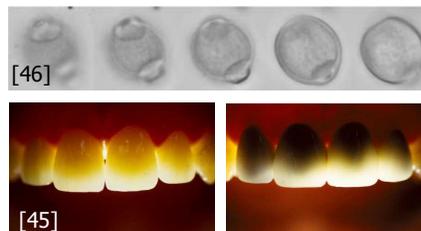
Beleuchtung mit Durchlicht



- Kamera und Lichtquelle sind auf **gegenüberliegenden Seiten** des Objekts angeordnet.
- In der Aufnahme ist die dunkle Form des Objekts vor hellem Hintergrund sichtbar
- Diese Anordnung kommt zum Einsatz, wenn ein Objekt durch seine Form beschrieben werden soll
- Anwendung auch bei Aufnahmen des Inneren von Objekten

Beispiele für Durchlichtbeleuchtung:

- Beleuchtung für Mikroskopische Aufnahmen
- Durchlichtbeleuchtung macht Unterschied zwischen Kronen aus Keramik und Kronen mit Metallgerüst sichtbar



18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

16

Diffuse Beleuchtung

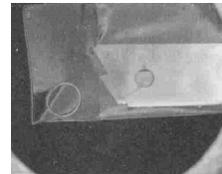
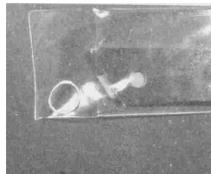


[42]



[47]

- Falls die Oberfläche eines zu beleuchtenden Objekts **stark reflektiert**, kann keine direkte Beleuchtung eingesetzt werden
 - Abhilfe schafft hier der Einsatz von **diffusem Licht**, wie es etwa durch einen völlig bewölkten Himmel entsteht.
 - Dazu richtet man das direkte Licht auf einen **Diffusor**, im einfachsten Fall ein weißes Laken, so dass auf das Objekt lediglich das Streulicht fällt.
- Beispiel für Diffuse Beleuchtung:
 - Reflektierende Verpackung unter direkter Aufsichtbeleuchtung: die Reflexe verhindern ein Erkennen der verpackten Objekte.
 - Diffuse Aufsichtbeleuchtung: die Reflexe werden vermindert, so dass der Packungsinhalt erkennbar wird

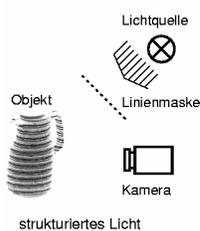


18.10.2005

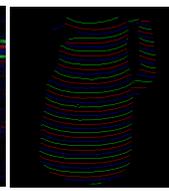
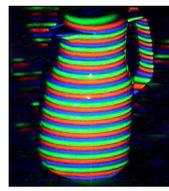
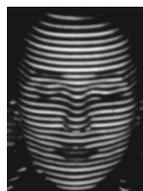
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

17

Strukturierte Beleuchtung



- Anwendung zur Vermessung von dreidimensionalen Objekten
 - Es werden durch Blenden oder ein Lasermodul Linien oder ein Gitter auf das Objekt projiziert
 - Aus den Positionen des Gitters, der Beleuchtung und der Kamera kann man die wirkliche dreidimensionale Form des Objekts zurückrechnen
- Beispiele von strukturierten Beleuchtung
 - Projizierte Linien auf ein Gesicht, Höhere Auflösung durch Farbeinsatz
 - Linienextraktion durch „Skelettierung“



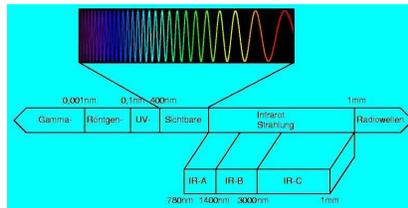
18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

18

Bildgebende Verfahren / Sensorsysteme

- BV erfordert nicht notwendig „optische Bildinformationen“
- Jedes Sensorsignal, welches Intensitätswerte in Abhängigkeit des Ortes liefert, eignet sich zur Bildaufnahme
- Bildgebende Systeme:
 - Photokamera, Videokamera, Laserscanner
 - Computer-Tomograph, Thermographie-Aufnahmeverfahren, etc.
- meist spielen CCD - Sensoren eine zentrale Rolle
- Empfindlichkeit für einen Ausschnitt des elektromagnetischen Spektrums
 - Gamma-Strahlung
 - Röntgen
 - Sichtbares Licht
 - Infrarot
 - Radiowellen
- Andere Sensoren zur Bildgewinnung
 - Schallsensoren, magnetische Sensoren



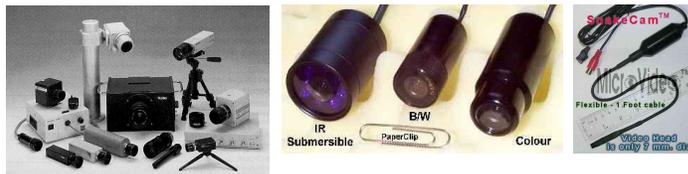
18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

19

Beispiele für CCD Kameras

- Auswahl an „Charge-Coupled Device“ Kameras:



- Was wir in diesem Abschnitt lernen werden

- Was heißen Begriffe wie

- Progressive Scan
- IT
- Micro-Lens
- 2/3"
- Full-Frame Sensor
- TV-Linien
- C-Mount
- Integrationszeit, ...



18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

20

Videonorm

- Die meisten angebotenen Kameras unterliegen einer Videonorm
 - eine Art „Übertragungsprotokoll“ des Videosignals, eine Schnittstellendefinition zwischen Echtzeitbildgebungs- und Darstellungs-Systemen
- Sinn einer Normierung
 - Austauschbarkeit, Kombinierbarkeit von Komponenten verschiedener Hersteller
- Ideale Folgeerscheinung
 - Sehr weite Verwendbarkeit, Massenproduktion, günstigen Preise, die auch im privaten Anwenderbereich erschwinglich sind
- Übliche Fernsehnormen:

	Schwarzweiß	Farberweiterung
Europa	CCIR	PAL / SECAM
USA	RS-170	NTSC

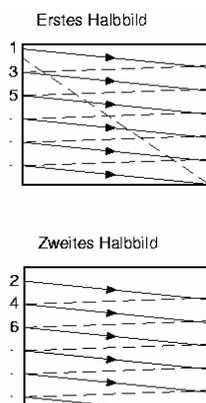
- Basierend auf Röhrenkameras und –Monitoren, bei Digitalgeräten wirkt es sehr seltsam...

18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

21

Videonorm



- Interlace (Zeilensprung) Verfahren:
 - Flimmerfreies Bild (Frame) durch Abtasten von 2 Halbbildern (Fields)
 - Der Strahl beginnt in der linken oberen Ecke.
 - Nach dem Erreichen des ersten Zeilenendes läuft der dunkelgetastete Strahl zurück an den Beginn der dritten Zeile.
 - Während des Strahlrücklaufs erfolgt der Horizontal Synchronisations-Impuls (*H-Sync*)
 - Auf diese Weise scant der Strahl das erste Halbbild mit allen ungeraden Zeilen.
 - Vertikal Synchronisations-Impuls (*V-Sync*) bewirkt Beginn des nächsten Halbbildes

Nachteil: Kammereffekt bei schnell bewegten Szenen:



18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

22

Videonorm

Einige Details

Anzahl der Halbbilder gleich Netzfrequenz, um Schwebungen zu vermeiden

Gesamt-Zeilen-Anzahl entspricht nicht den sichtbaren, da Steuerungssignale einige „Zeilen“ benötigen, insbesondere Bildwechsel

Die Parameter der Videonormen CCIR und RS-170		
	CCIR	RS-170
Bildaufbau	Interlace	Interlace
Farbsystem	PAL/SECAM	NTSC
Halbbilder pro Sekunde	50	60
Zeit für ein Halbbild	20 ms	16.6 ms
Zeit für einen Bildaufbau	40 ms	33.3 ms
Zeilenzahl gesamt	625	525
Zeilendauer	40 ms/625 = 0.064 ms	33.3 ms/525 = 0.0635 ms
Zeilenfrequenz	1/0.064 ms = 15.625 kHz	1/0.0635 ms = 15.750
Bildinformation pro Zeile	0.052 ms	0.0527 ms
Austastimpulsdauer	0.012 ms	0.0108 ms
Bildwechsel	3.25 ms = 50 Zeilen	2.54 ms = 40 Zeilen
Sichtbare Zeilenzahl	575	485
Bildformat (Breite:Höhe)	4:3	4:3
Pixel pro Zeile	575 x 4/3 = 767	485 x 4/3 = 647
Pixeldauer	0.052 ms/767 = 67.8 ns	0.0527 ms/674 = 78.2 ns
Pixelfrequenz	1/67.8 ns = 14.75 MHz	1/78.2 ns = 12.8 MHz
Linienpaare	767/2 = 383.5	647/2 = 323.5
Horizontale Auflösung	14.75 MHz/2 = 7.375 MHz	12.8 MHz/2 = 6.15 MHz
Kanalbreite	5 MHz	4.2 MHz

PAL und NTSC sind nicht kompatibel allein schon durch unterschiedliche Frequenz

Seitenverhältnis 4:3 bestimmt horizontale Pixelanzahl

Vertikale „Linienpaare“ oder „TV-Linien“ ist entscheidendes „Auflösungs“-Maß

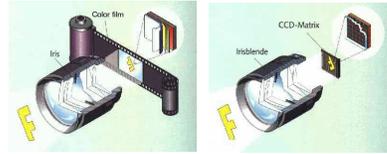
Videonorm

- Probleme:
 - Kammefekt
 - Geringe Integrationszeit: Pro Pixel 20 ns!
 - Schwierige Problemanpassung
- Lösung:
 - Videonorm-freie Kameras mit Langzeitintegration
 - Progressive Scan Kameras: wirklich zeilenweise Übertragung
 - Nachteil: teurer, da nicht Massenprodukte
- Die neueste Norm ist die HDTV-Norm
 - Japan voraus, USA etwas verzögert, Europa sehr langsam
 - Vorteile:
 - Das Interlace-Verfahren wird durch das Progressive-Scan Verfahren abgelöst
 - Das Seitenformat 16:9
 - Sehr hohe Bildqualität
 - Nachteil:
 - Inkompatibel zu bestehenden Videonormen



CCD-Wandler Techniken

- **Filmkamera**
 - der fotoempfindliche Film wird zum Objektiv bewegt, belichtet und weitertransportiert.
- **CCD-Kamera:**
 - An die Stelle des Films tritt der CCD - Sensor
- **Qualität des Bildsensors ist verantwortlich für möglichst hohe**
 - Bildauflösung, Farbtreue, guten Signal- zu- Rauschabstand.
- **Die Funktionsweise beruht auf dem inneren Photoeffekt**
 - Einfallendes Licht erzeugt auf Halbleitermaterial Ladungsträger
 - diese werden getrennt und wie in einem Kondensator gespeichert.
 - Ein verbundener MOS-Transistor funktioniert wie ein Schalter: Ladung wird auf dem Kondensator gesammelt (*integriert*) oder bei Schließen des Schalters abgeführt
 - Die integrierte Ladungsmenge ist proportional zum Lichteinfall.



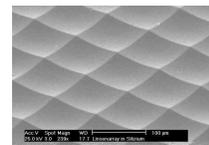
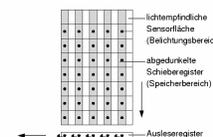
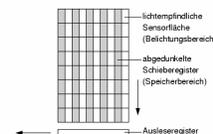
18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

25

CCD-Wandler Techniken

- **Interline-Transfer-Sensor**
 - *Deutsch: Zwischenzeilen-Transfer-Sensor*
 - streifenförmig in Belichtungs- und Speicherbereiche unterteilt
- **Der Ladungstransport beim Interline-CCD-Sensor:**
 1. Schritt: Aufintegrierte Ladungen werden in die abgedunkelten Schieberegister übernommen
 2. Schritt: Ladungen werden in das horizontale Ausleseregister übernommen
 3. Schritt: Ladungen werden seriell ausgelesen.
- **Reduzierte Lichtempfindlichkeit**
 - aktive, lichtempfindliche Sensorfläche nimmt nur kleinen Teil der Sensorzelle ein.
 - Lens-on-Chip-Technik: Mikrolinsen auf einzelnen Sensorzellen lenken Licht um, welches auf die Stege und den Speicherbereich fallen würde



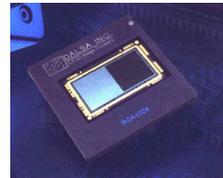
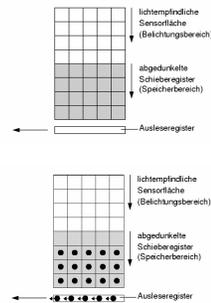
18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

26

CCD-Wandler Techniken

- **Frame-Transfer-Sensor**
 - Belichtungs- und der Speicherbereich sind in zwei großen Blöcken angeordnet
- **Der Ladungstransport beim Frame-Transfer CCD-Sensor:**
 - 1. Schritt: Aufintegrierte Ladungen werden parallel in die abgedunkelten Schieberregister übernommen
 - 2. Schritt: Ladungen werden in das horizontale Ausleseregister übernommen
 - 3. Schritt: Ladungen werden seriell ausgelesen.
- **Foto eines Frame-Transfer-CCD-Sensors.**
 - Deutlich ist der lichtempfindliche und der abgedunkelte Speicherbereich zu erkennen.



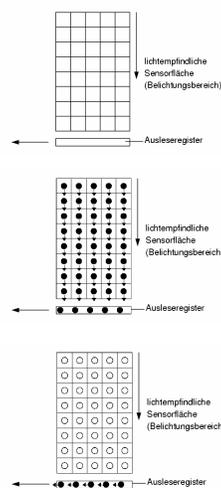
18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

27

CCD-Wandler Techniken

- **Full-Frame-Transfer-Sensor**
 - Es existiert kein eigener Speicherbereich
 - Die komplette Sensorfläche ist lichtempfindlich
 - Ladungen werden integriert solange der Shutter geöffnet ist.
- **Der Ladungstransport beim Full-Frame-Transfer CCD-Sensor:**
 - 1. Schritt: Nach der Integrationszeit wird der Kamera-Shutter geschlossen und die Ladungen zeilenweise ausgelesen.
 - 2. Schritt: Ladungen werden seriell ausgelesen.
- Keine interne Steuerung der integrationszeit möglich
- Sehr hohe Bildübertragungsraten, hochauflösende Kameras möglich



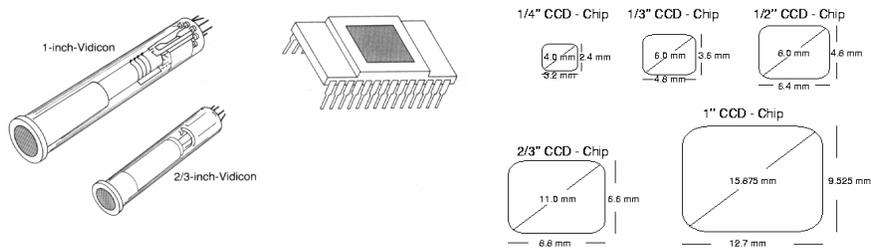
18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

28

CCD-Chip Formate

- CCD-Chips werden in verschiedenen Aufnahmeformaten angeboten.
 - Chipgrößen von Röhrenkameras übernommen.
 - Typische Durchmesser dieser Röhren sind 1" (Zoll), 2/3" und 1/2"
 - Eine Aufnahmeröhre mit 1" Außendurchmesser (25.4 mm) hatte ein rechteckiges, aktives Fenster mit einer Diagonalen von 16 mm.
 - 1/2" und 1/3"-Chips finden immer mehr Anwendung, vor allem bei Überwachung, Miniaturkameras und bei Home-Videokameras.
 - In der Meßtechnik ist dagegen der 2/3 Zoll-Chip immer noch dominierend und wird es auch noch in absehbarer Zeit bleiben.



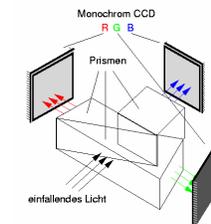
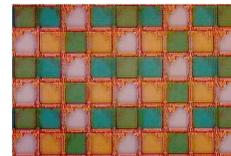
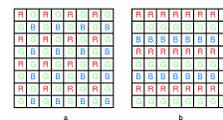
18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

29

CCD-Kamera-Bautechniken

- Schwarzweiß-Kameras:
 - Einzelner CCD-Chip
- Einchip-Farbkameras
 - Mikro-Streifen oder Mikro-Mosaikfilter auf CCD-Pixeln
 - Reduzierte Auflösung
 - Schwierigere Verarbeitung
- Dreichip - Farbkameras
 - Für jede Primärfarbe einen CCD-Sensor
 - Über vorgeschaltete Prismen wird das Licht in die drei Grundfarben zerlegt und auf den jeweiligen Sensor gelenkt
 - Die drei CCD-Sensoren können dann in verschiedene Bildspeicherbereiche ausgelesen und getrennt verarbeitet werden.
 - einfache Verarbeitung durch Pixelkorrespondenzen



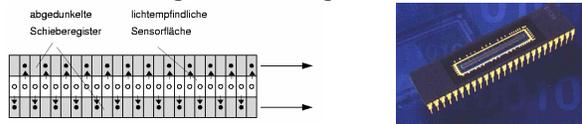
18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

30

CCD-Kamera-Bautechniken

- Zeilenkameras
 - Hohe Auflösung, z.B: 8000 Pixel
 - Hohe Pixeltaktrate, mehr als 30 MHz möglich unter dem Nachteil der geringen Integrationszeiten
 - Wechselseitiges Auslesen der Ladungen um Verluste bei Ladungsverschiebung zu reduzieren



- Hochgeschwindigkeitskameras
 - Frame-Transfer Kamera, Bildgröße 512x512 Pixeln bis zu 1000 Bilder pro Sekunde



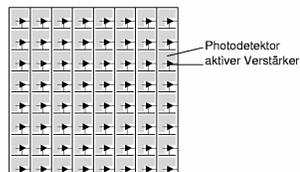
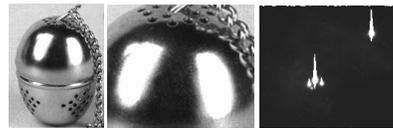
18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

31

Neuere Kamera-Techniken

- CCD-Sensoren haben noch **gravierende Nachteile**.
 - Flaschenhals des seriellen Auslesens
 - Kleiner Dynamikbereich
 - Blooming: Überlaufen der Ladungen in benachbarte Pixel
- CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)
 - Herstellung wie Mikrochips
 - Pixel: Photoempfindliche Dioden mit Widerstand in Reihe
 - Statt „Integration“ kontinuierliche Spannungsanpassung
 - Rauschverminderung durch APS (Active Pixel Sensor)



18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

32

Neuere Kamera-Techniken

- Vorteile von CMOS-kameras
 - Spannung ist Logarithmische Kurve der Intensität
 - Hoher Dynamikbereich: 6 Dekaden statt 2-3
 - Wahlfreier Zugriff
 - Alle Kamera-Funktionen auf einem Chip durch VLSI Technik
 - Niedriger Stromverbrauch: Faktor 100 reduziert zu CCD
 - Niedriger Preis
 - Kein Pixelüberlauf
 - Hohe Datenrate durch parallele Übertragung. Grenze etwa bei etwa 1000 Bildern mit 1 Megapixel pro Sekunde
- Beispiele für hohen Dynamikbereich:



18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

33

Aufgaben Teil 1

- 1. Die Helligkeit einer Glühlampe schwankt 100 mal in der Sekunde. Erklären Sie dies.
- 2. Gegeben ist nebenstehende Beschreibung einer Digitalkamera. Erläutern Sie möglichst viele der technischen Angaben.
- 3. Erläutern Sie, weshalb bei der CCIR Videonorm nicht 625 Zeilen sichtbar sind, wie die Zeitdauer eigentlich erlauben würde.
- 4. Sie wollen auf einer lichtundurchlässigen, spiegelnden Oberfläche leichte Beulen erkennen. Welche Beleuchtungsart ist hierfür geeignet.

ST-003-P

- 3-Chip 1/3"-IT-CCD
- 752 x 582 Bildpunkte
- Interner / externer Sync
- Video: RGB, Y/C, FBAS
- Shutter bis 1/10.000 sek.
- Externer Trigger
- S/N-Ratio 58 dB
- 570 TV-Linien
- Langzeitintegration, 128 Bilder
- ATW, 3200/5600 °K
- PC-Steuersoft-/Hardware
- C-Mount-Adapter

18.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

34