

HOCHSCHULE KONSTANZ TECHNIK, WIRTSCHAFT UND GESTALTUNG
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrielle Bildverarbeitung

WS 2007/2008,
Fakultät Informatik,
Technische Informatik
Prof. Dr. Matthias Franz
mfranz@htwg-konstanz.de

www-home.htwg-konstanz.de/~mfranz/ibv.html

Überblick

- **Grundlagen**
 - Einführung in die industrielle Bildverarbeitung
 - Bildentstehung
 - Digitale Bilder
 - Punktoperationen
 - Einführung in die Fourieranalyse
- **Nachbarschaftsoperationen**
 - Filter
 - Kanten und Konturen
 - Morphologische Filter
- **Detektion von Strukturen im Bild**
 - Regionenbasierte Verfahren
 - Detektion einfacher Kurven
 - Interest-Point-Operatoren

Überblick (2)

- **Jenseits von Grauwerten...**
 - Farbbilder
 - Textur

- **Globale Verfahren**
 - Bildvergleich
 - Geometrische Bildoperationen

Literaturverzeichnis

Standardwerke zur Bildverarbeitung

- **W. Burger & M.J. Burge, *Digitale Bildverarbeitung*,**
Springer, 515 Seiten, 2006.
Gut verständliche Einführung in die Bildverarbeitung. Deckt Vorlesungsstoff komplett ab.
- **B. Jähne, *Digitale Bildverarbeitung*,**
Springer, 607 Seiten, 2005.
Häufig aktualisiertes Standardwerk, geht im Umfang über die Vorlesung hinaus. Nicht ganz so leicht zugänglich, aber lohnend.
- **H.A. Mallot, *Sehen und die Verarbeitung visueller Informationen*,**
Vieweg, 258 Seiten, 1998.
Sehr gut verständlich, deckt den Vorlesungsstoff aber nicht komplett ab. Einführung in die hier nicht behandelten Themen des Rechnersehens für biologisch Interessierte.
- **R.C. Gonzalez & R.E. Woods, *Digital Image Processing*;**
Addison Wesley, 716 Seiten, 1993.
Häufig zitiertes Standardwerk. Deckt Vorlesungsstoff im wesentlichen ab, geht aber an manchen Stellen darüberhinaus.

Überblick

- **Einführung in die industrielle Bildverarbeitung**
 - Definition und Abgrenzung zu anderen Gebieten
 - Anwendungsbereiche
- **Bildentstehung**
 - Aufbau eines Bildverarbeitungssystems
 - Technische Bildgeber
 - Das biologische Vorbild

Einführung in die Industrielle Bildverarbeitung

Englisch: machine vision
Deutsch: maschinelles Sehen

Anwendung von

- Kameras
- Beleuchtungssystemen
- Computer
- Software

um

1. die visuelle Intelligenz des Menschen zu automatisieren
2. berührungslose Mess- / Steuerungsaufgaben durchzuführen

zwecks Lösung technischer Probleme im industriellen Umfeld

Abgrenzung zu andern Gebieten

Die Industrielle Bildverarbeitung wird oft verwechselt mit:

- Bildbearbeitung
- Computergrafik
- Grafik-Design

Die Bildbearbeitung hat zum Ziel, Bilder für das Auge zu verbessern.
Oft wird dieser Vorgang durch einen Menschen interaktiv, Schritt für Schritt vorgenommen.
Das ist zum Beispiel:

- bei Fotos rote Augen entfernen
- Farben und Sättigung nachregeln
- stürzende Linien begradigen
- schärfen eines Bildes
- usw.

Anmerkung: Die Bildverarbeitung setzt unter anderem die gleichen Verfahren ein. Allerdings automatisiert und immer mit dem Ziel aus dem verbesserten Bild stabilere Entscheidungen treffen zu können

Die Computergrafik ist ein kreativer Vorgang, der das Ziel hat ein Bild zu erzeugen. Im Grunde ist die Richtung entgegengesetzt zur Bildverarbeitung oder zur Bildbearbeitung. Bilder werden synthetisch erzeugt.

Beispiele:

- Visualisierung von Vorgängen
- künstliche Landschaften
- Computerspiele
- Zeichentrickfilme / Animationen in Kinofilmen
- usw.



aus wikipedia.org

Grafik-Design ist ebenso ein kreativer Vorgang, der ein Gesamtbild oder eine Webseite als Ziel hat. Dabei werden Bilder, grafische Elemente, Animationen, usw. verwendet.

Beispiele:

- Werbung
- Webdesign
- Firmenlogos
- Visitenkarten
- usw.

Anmerkung

Bis zum heutigen Tag bildet die Industrielle Bildverarbeitung immer nur kleinste Teile der menschlichen Intelligenz ab.

Und dann auch nur nach den programmierten Vorgaben.
Ein Mensch entscheidet immer auf Grund seines ganzen Wissens!

Sortiert man Industriegüter, dann findet ein Bildverarbeitungssystem nur die trainierten Fehler oder die Abweichungen zum dem ihm beigebrachten Kriterien. Kommt ein unbekannter Fehler, der auch in die guten Kriterien passt, wird er übersehen.

Der Mensch hat durch seine allgemeine Erfahrung die Möglichkeit zu entscheiden, was gut oder schlecht ist. Stichwort: Ästhetik

Allerdings hat die Industrielle Bildverarbeitung auch entscheidende Vorteile. Bei gleichen Bildern entscheidet sie immer gleich. Unabhängig von Gefühlen oder Müdigkeit.
Außerdem erreicht sie auf dem speziellen Gebiet Geschwindigkeiten, die kein Mensch mehr leisten kann.

Die Industrielle Bildverarbeitung ist interdisziplinär

- Optik , Mikroelektronik, Physik
- Nachrichtentechnik, Informationstheorie
- Statistik , Mustererkennung , Mathematik
- Biologie, Erkenntnisforschung
- Mechanik, Automatisierung

Die industrielle Bildverarbeitung ist eine relativ junge Technik
(ab ca. 1975)

Aufgabengebiete der Bildverarbeitung

z.B. Qualitätskontrolle in der Produktionslinie



Muster



Prüflinge

Übereinstimmung in Ordnung?

Aufgabengebiete der Bildverarbeitung

z.B. Schrifterkennung (OCR = Optical Character Recognition)

Überweisungsauftrag an

Bankleitzahl des Auftraggebers Bitte möglichst in >GROSSBUCHSTABEN< ausfüllen.

Empfänger: Name, Vorname / Firma
MUSTERBAU BAUNTERNEHMEN

Konto-Nr. des Empfängers Empfänger-Bankleitzahl
123456 **69010003**

bei (Kreditinstitut)
SPARKASSE UNTERSEE

Bitte immer ausfüllen! ▶ DM od. EUR Betrag
EUR **10.392,64**

Kunden-Referenznummer (Verwendungszweck)
RECHNUNG NR. 4711 VOM 30.2.
nöch Verwendungszweck, ggf. Name und Anschrift, falls vom Kontoinhaber abweichend (nur für Empfänger)

Kontoinhaber: Name, Vorname / Firma Bitte ankreuzen, wenn Anschrift weitergegeben werden soll
MUSTERMANN, FRANZ

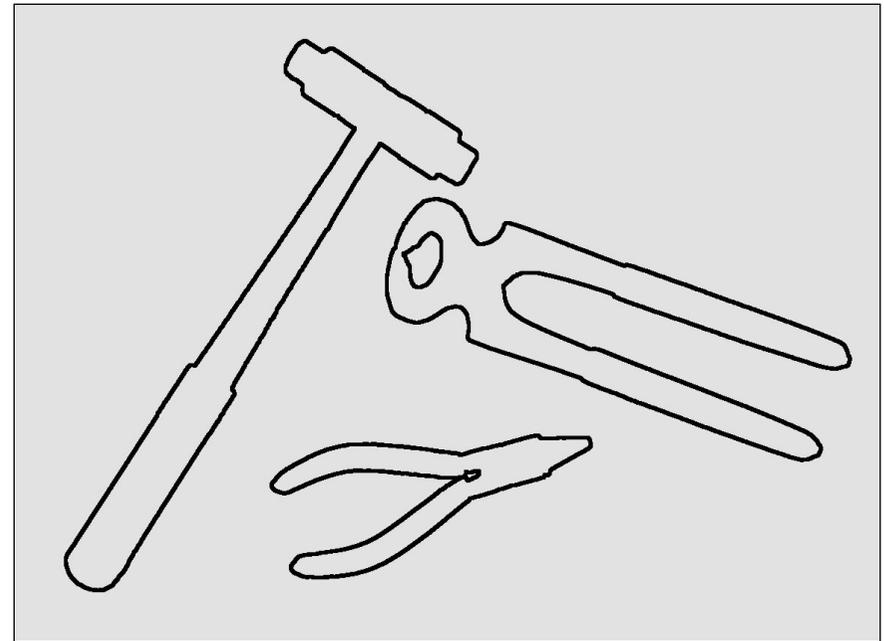
Konto-Nr. des Kontoinhabers Ausführungs-Datum TTMMJJ Bitte nur bei Terminwunsch (max. 30 Tage) angeben. Bei Angabe eines Wochenendes/Feiertages erfolgt die Ausführung am darauffolgenden Arbeitstag.
24

002 02150 00 9 99

31.2.2006 **F. Franz**
Datum Unterschrift

Aufgabengebiete der Bildverarbeitung

z.B. Objekte erkennen, selektieren, zählen



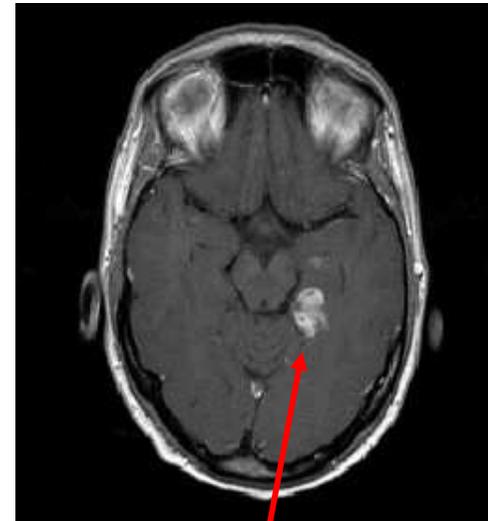
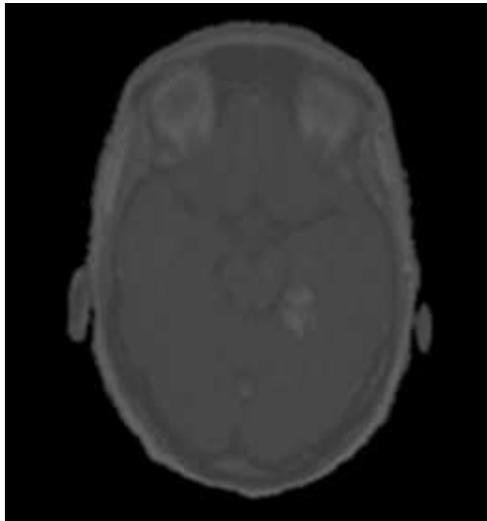
Aufgabengebiete der Bildverarbeitung

z.B. Objekte erkennen



Aufgabengebiete der Bildverarbeitung

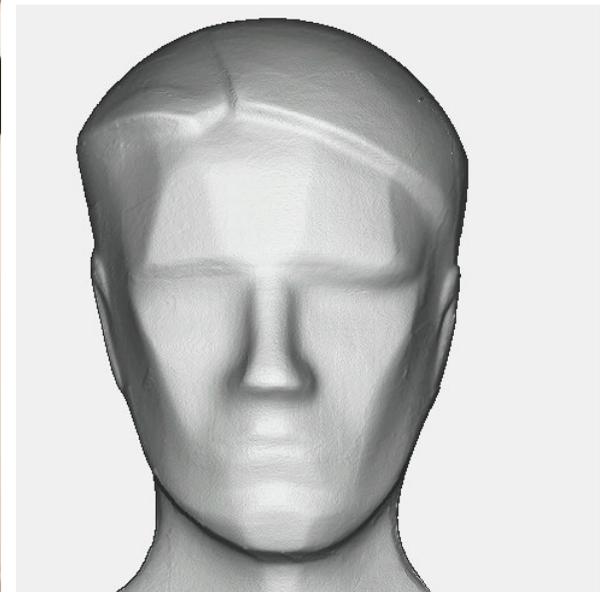
z.B. Medizinische Bildauswertung (CT = Computer Tomographie)



Tumor

Aufgabengebiete der Bildverarbeitung

z.B. 3- dimensionale Bildverarbeitung: optische 3D Scanner



Originalmodell



optische Aufnahmen



3D-Datensatz

Aufgabengebiete der Digitalen Bildverarbeitung

z.B. Militärische Bildauswertung:

- Militärische Anwendungen
Zielverfolgung, autonome Fahrzeuge, Luftbildauswertung



Automatische vs manuelle Bildverarbeitung

- Automatisch:**
1. Industrielle Anwendungen wie optische Qualitätskontrolle, Teile-Erkennung, Mustererkennung, optisch geführte Roboter, 3- dimensionale Vermessung
 2. Militärische Anwendungen

Das Bildverarbeitungssystem entscheidet autonom, d.h. ohne Einwirkung des Menschen

Automatische vs manuelle Bildverarbeitung

Manuell bzw. semi-automatisch:

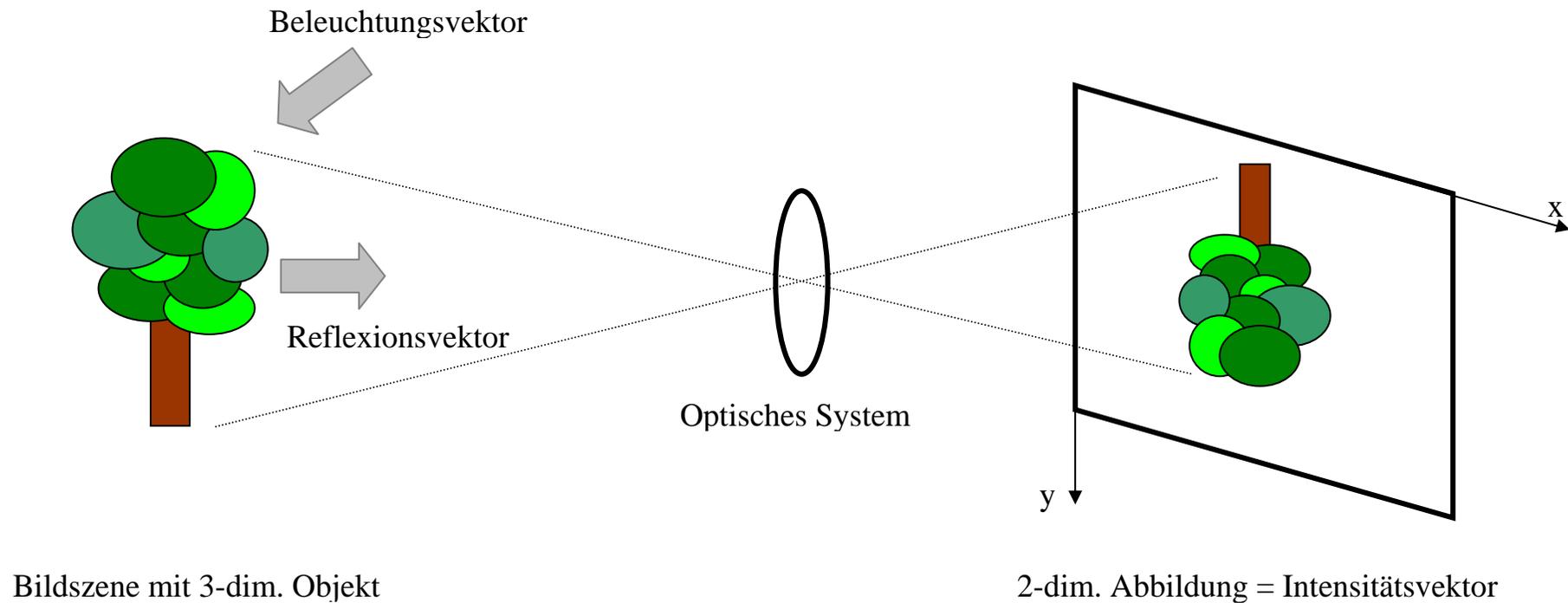
1. Büroautomation
Text- und Bildverarbeitung,
Dokumenten-Handling
OCR
Animation
2. Medizinische Bildauswertung
Röntgen-, thermografische, Ultraschall-Aufnahmen,
Computertomografie
3. CAD und Simulation
Konstruieren von synthetischen und
quasi-natürlichen Objekten

Der Mensch trifft die letzte Entscheidung

Überblick

- **Einführung in die industrielle Bildverarbeitung**
 - Definition und Abgrenzung zu anderen Gebieten
 - Anwendungsbereiche
- **Bildentstehung**
 - Aufbau eines Bildverarbeitungssystems
 - Technische Bildgeber
 - Das biologische Vorbild

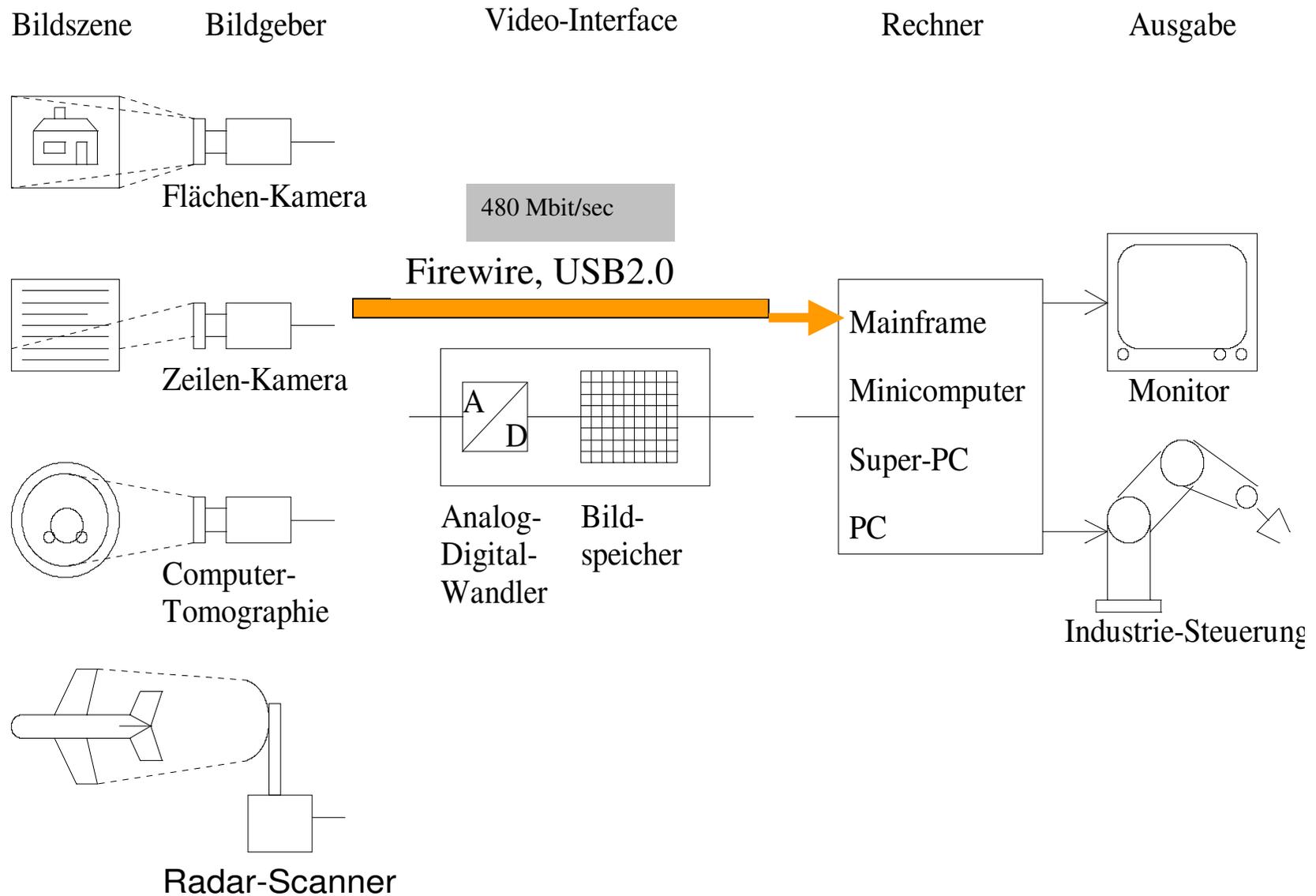
Was ist ein Bild?



$$\text{Bild-Intensität } (x,y) = \text{Beleuchtung } (x,y) \cdot \text{Reflexion } (x,y)$$

Ein 2-dimensionales Bild ist die **Projektion** einer 3-dimensionalen Welt auf eine ebene Fläche (Bildschirm, Film, Sensor,)

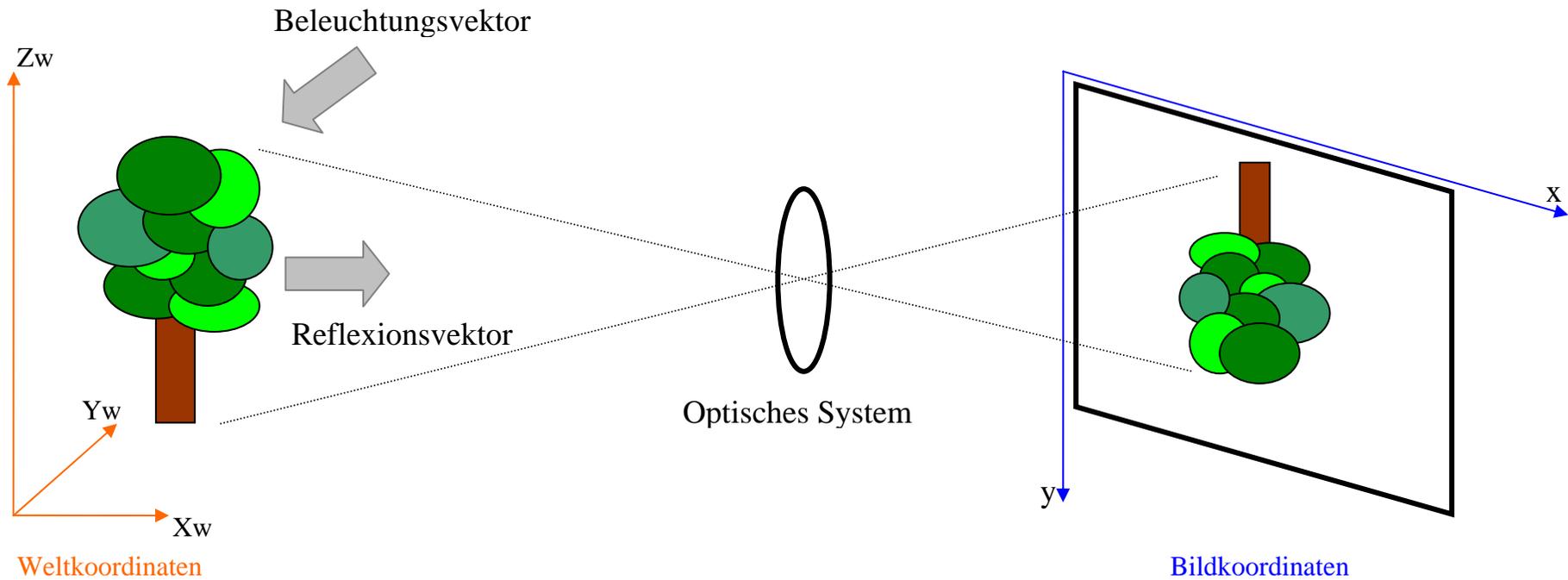
Aufbau eines Bildverarbeitungssystems



Aufbau eines Bildverarbeitungssystems

- * Einheitliche Struktur, da fast alle Bildgeber Pixel-Bilder erzeugen.
- * Video-Interface digitalisiert das analoge Video-Signal, bzw. die Kamera selbst.
- * Wegen der meist hohen Datenrate legt man das Bild im Bildspeicher ab. Die Bearbeitung des Bildes erfolgt offline.
- * Digitale Bildgeber werden direkt über digitale Schnittstellen in den Arbeitsspeicher eingelesen (DMA-Transfer).
- * Die Größe des Rechners hängt von den durchzuführenden Operationen und den Zeitbedingungen ab. (Stichwort "Echtzeit")
- * Das Zeitverhalten wird vor allem durch das Betriebssystem bestimmt.

Die Bildszene



Bildszene mit 3-dim. Objekt

2-dim. Abbildung = Intensitätsvektor

$$\text{Bild-Intensität } (x,y) = \text{Beleuchtung } (x,y) \cdot \text{Reflexion } (x,y)$$

PRODUKT Gesetz: Beleuchtung ist genauso wichtig wie das Objekt!!

Die Beleuchtung ist genauso wichtig wie das Objekt!

Optische Bildverarbeitungssysteme benötigen :

- a) eine ausreichend **intensive** und spektral korrekte Beleuchtung
- b) eine korrekte Beleuchtungs**richtung** (Ausleuchtung)
- c) eine ausreichend **konstante** Beleuchtung

Nicht ausreichend abgebildete Bildbereiche können durch nachfolgende Bildoperationen nur noch schwierig verbessert werden.

Eine gute Ausleuchtung ist eine Kunst

Werbephotographie



Beleuchtungsaufwand:

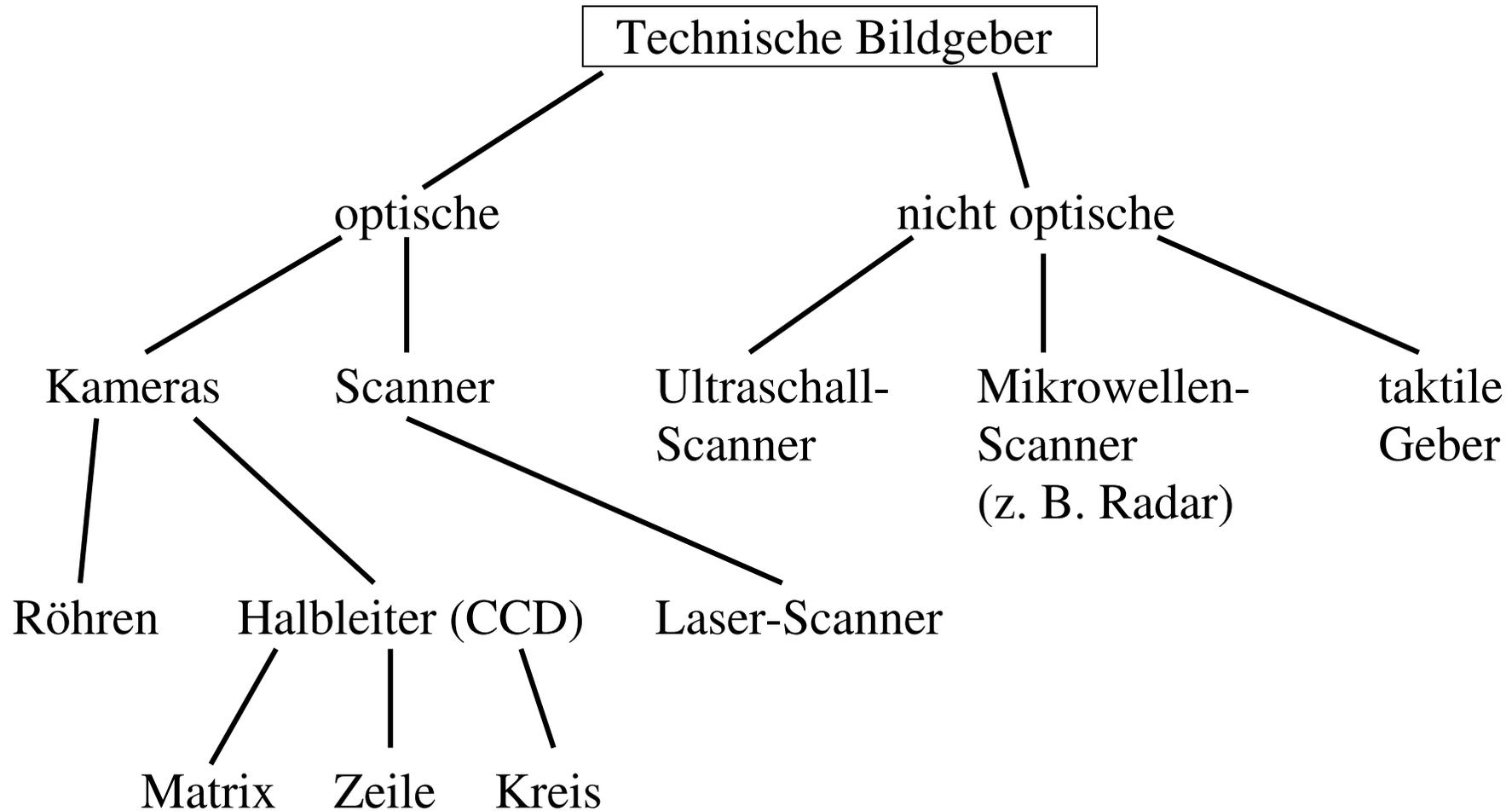
- 5 Scheinwerfer mit grossen Diffusoren/Reflektoren
- 4 Mitarbeiter
- 16 Stunden im Feld
- 12 Stunden Nacharbeit am Computer

Kosten: ca. 50.000 €

Überblick

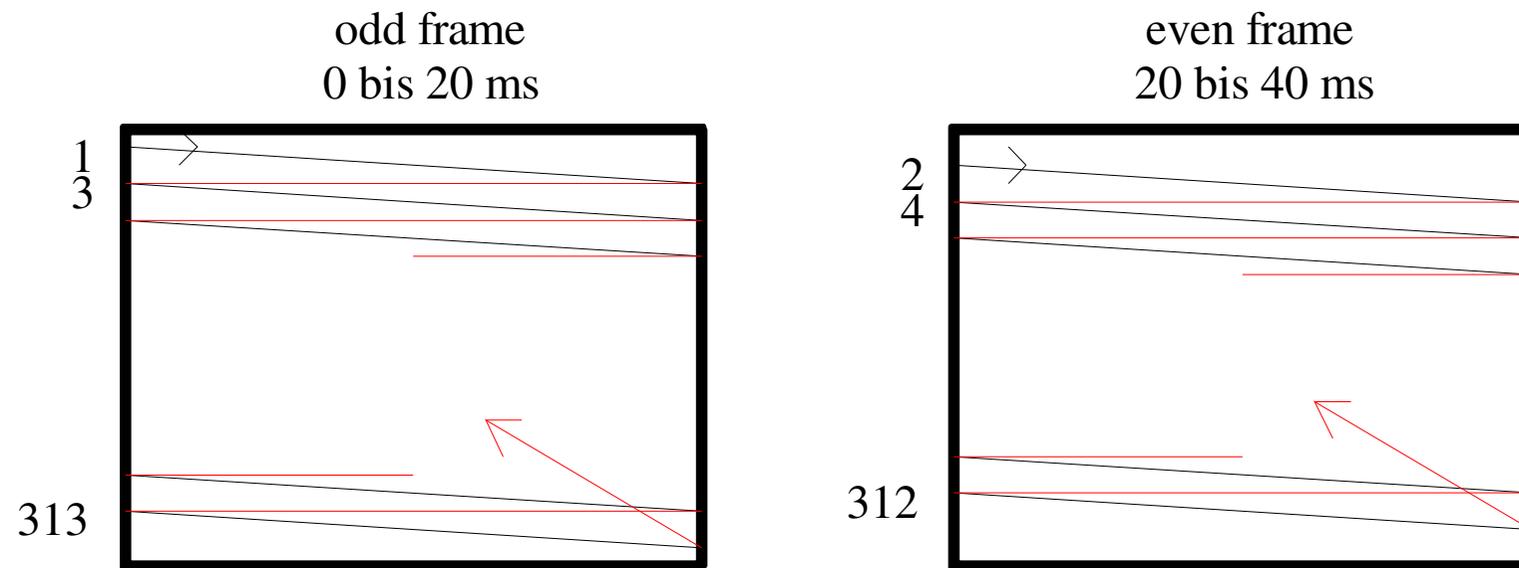
- **Einführung in die industrielle Bildverarbeitung**
 - Definition und Abgrenzung zu anderen Gebieten
 - Anwendungsbereiche
- **Bildentstehung**
 - Aufbau eines Bildverarbeitungssystems
 - Technische Bildgeber
 - Das biologische Vorbild

Technische Bildgeber



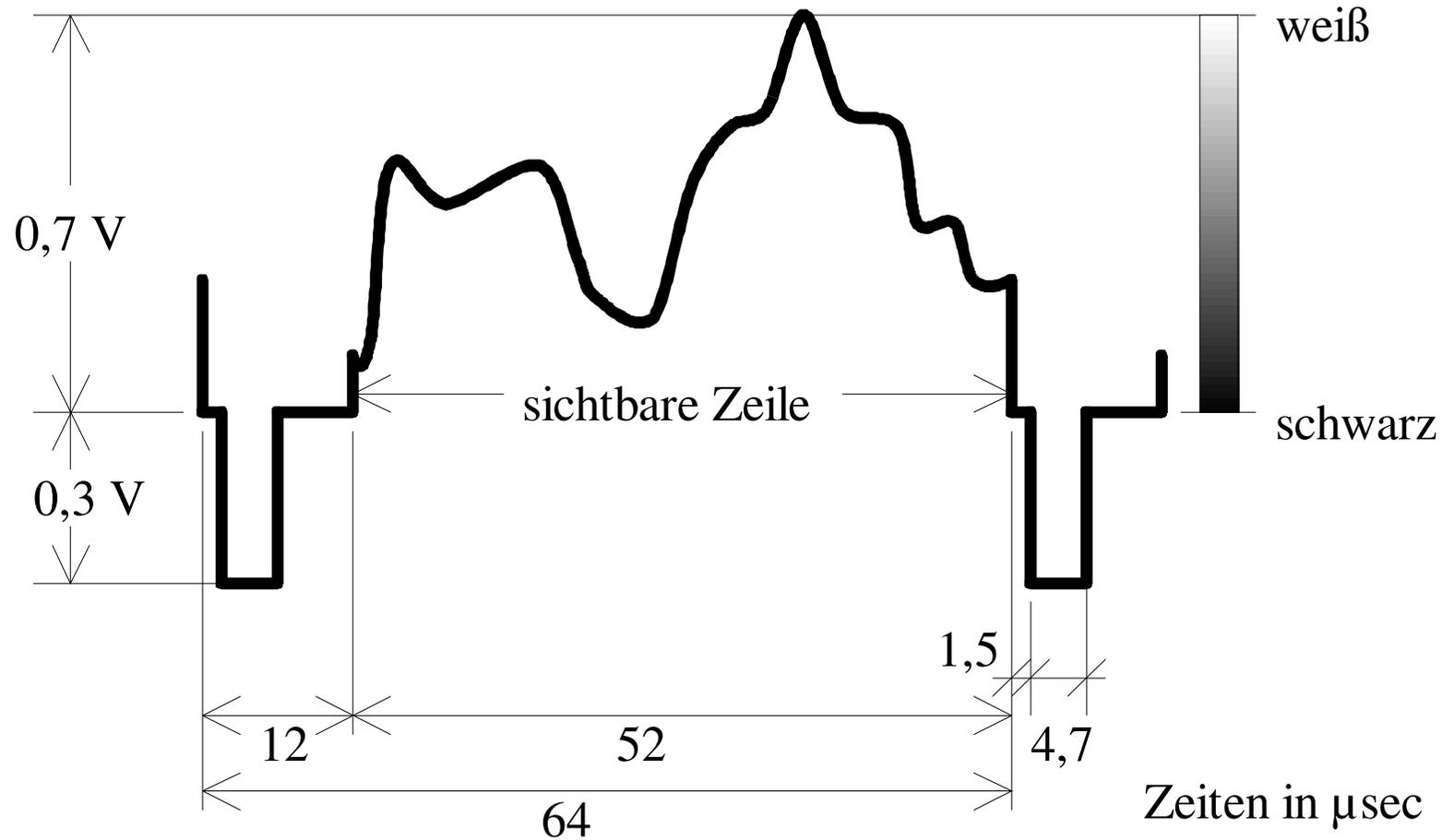
Fernsehnorm

- Besteht aus zwei Halbbildern im Zeilensprung-Verfahren (interlaced scan).
- HDTV arbeitet ohne Zeilensprungverfahren.



Fernsehnorm

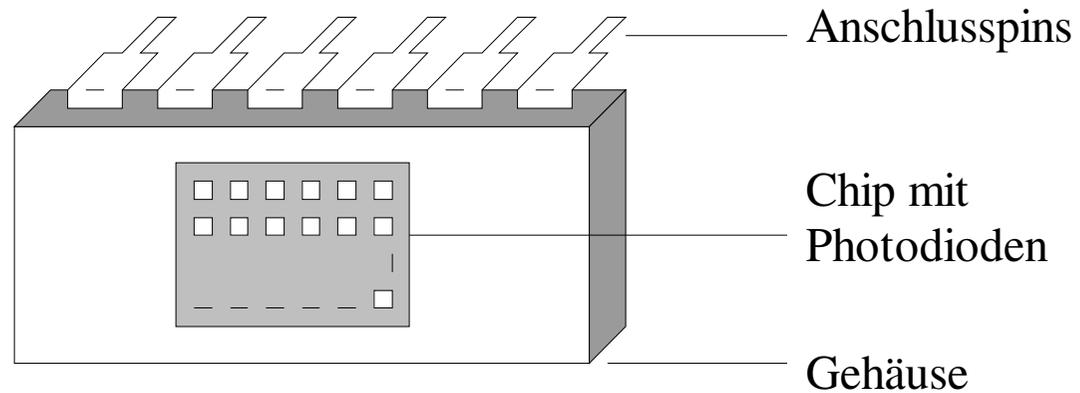
Video-Signal mit der Austastlücke nach der CCIR-Norm:



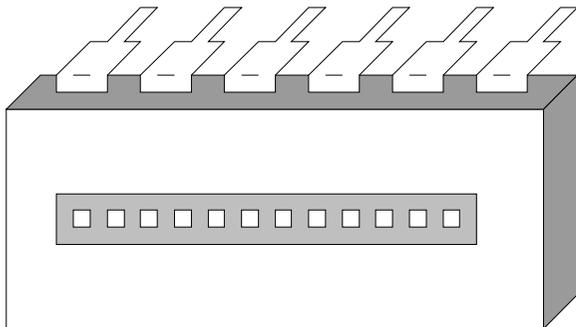
CCD-Kameras

CCD-Chip:

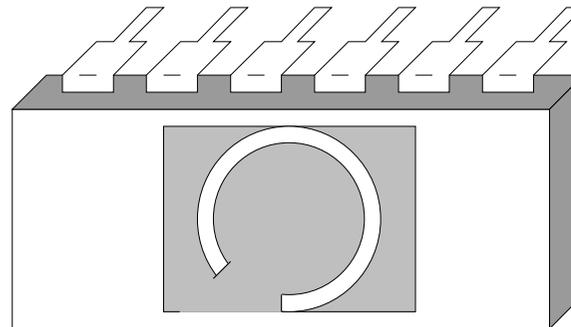
- charge coupled device, d. h. frei übersetzt: Eimer-Ketten-Schaltung.



Zeilen-CCD



Zirkulares CCD



CCD-Kameras

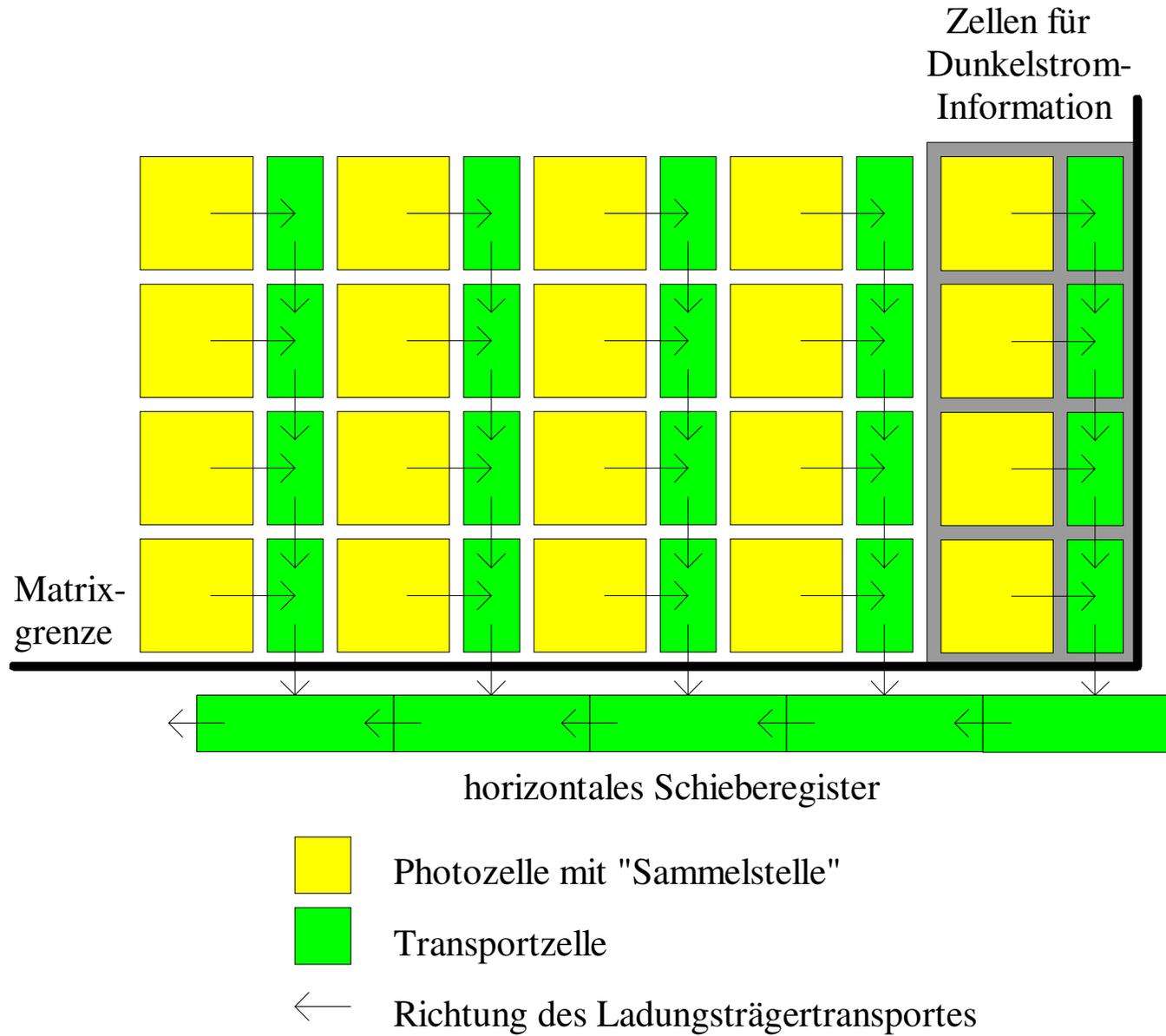
Vorteile der CCD-Kameras:

- + absolute geometrische Stabilität (auf einem Chip),
- + extrem robust, unempfindlich,
- + sehr klein, niedriger Stromverbrauch (für transportable Geräte),
- + sehr lichtempfindlich (bis zu 0,1 LUX),
- + mittlerweile Massenware,
- + nicht an TV-Norm gebunden.

Nachteil der CCD-Kameras:

- Matrixgröße ist noch beschränkt.
- CCD-Chips erfordern einen speziellen Herstellungsprozess.
- Man versucht, die CCD- durch CMOS-Technologie zu ersetzen (bisher noch Probleme mit dem Rauschen und der Empfindlichkeit).

- **FT-CCD: frame transfer CCD**



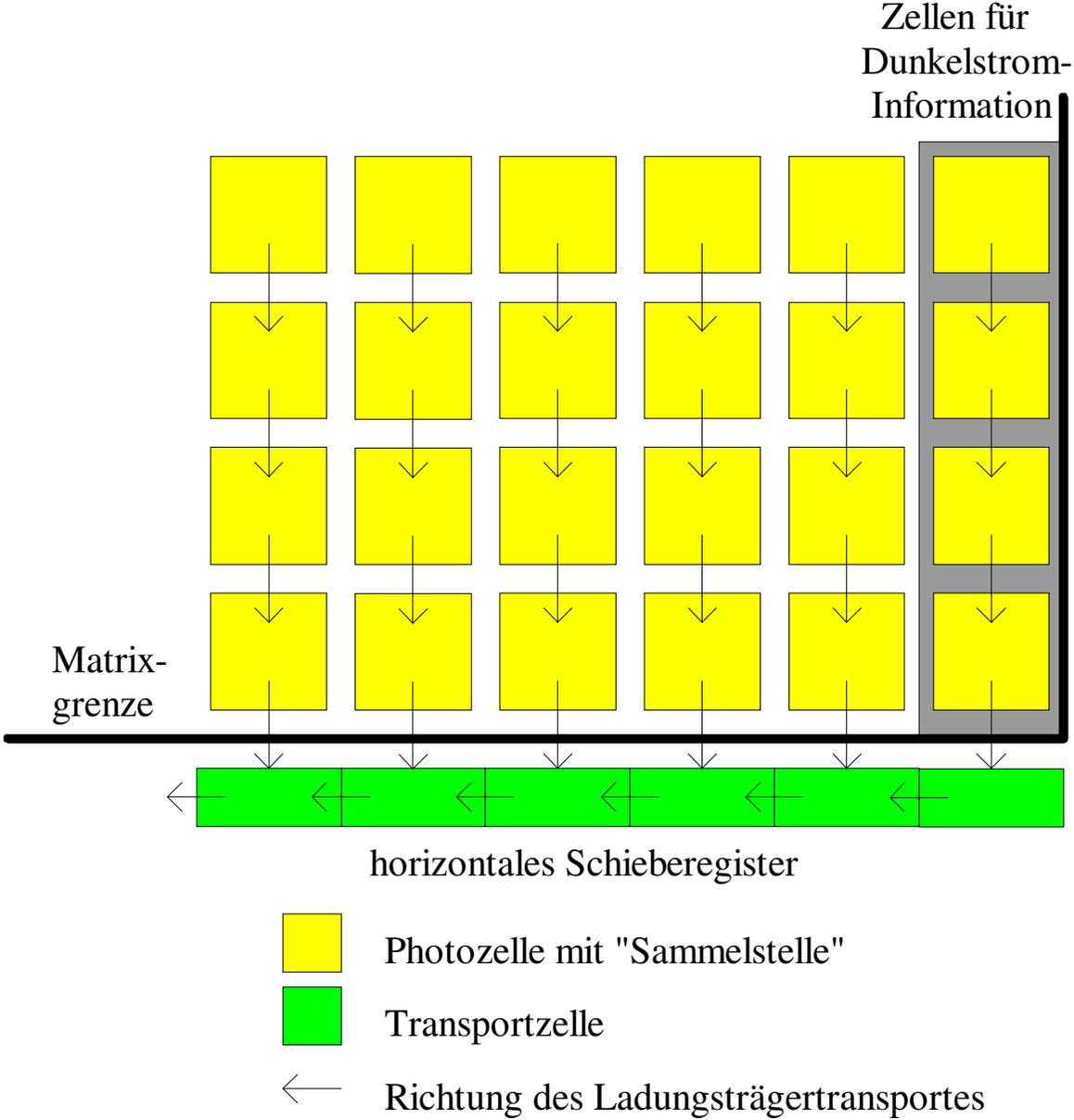
FT-CCD-Kameras

- Funktion teilt sich bei FT-CCDs in drei Phasen auf:
 - **Integrationsphase**
 - Bild wird aufgenommen.
 - Photodiode sammelt entsprechend der Beleuchtung Ladungsträger.
 - **Auslesephase**
 - Ladungsträger werden aus der Matrix zum Ausgang gebracht werden.
 - Photozellen übergeben Ladungsträger an benachbarte Transportzelle (vertikales Schieberegister).

FT-CCD-Kameras

- **Transportphase** (parallel zur nächsten Integrationsphase)
 - Inhalt aller Transportzellen wird vertikal um eine Zelle verschoben.
 - Horizontales Schieberegister übernimmt Inhalt der untersten Zeile und schiebt die Information pixelweise nach links heraus.
 - Nach dem letzten Pixel wird Inhalt der vertikalen Schieberegistern um eine Zelle (also eine Zeile) nach unten geschoben.
 - Diese Schritte wiederholen sich, bis die Matrix ausgelesen ist.
- Auslesephase sollte nicht länger als 1 % der Integrationsphase sein.
- Während der Transportphase ändert sich Anzahl der Ladungsträger (Leckströme und thermisches Rauschen).
Das führt zu einer Verschiebung des Schwarzpegels.
Deshalb benutzt man Informationen abgedeckter Zellen für eine Korrektur.

• **FF-CCD: full frame CCD**



FF-CCD-Kameras

- FF-CCDs (full frame CCDs) nutzen die ganze Matrixfläche für Photozellen.
- Transport der Ladungsträger erfolgt während der Auslesephase über die Photozellen.

Vorteil der FF-CCDs:

+ Auflösung ist größer als bei den FT-CCDs.

Nachteil der FF-CCDs:

- Ungenauigkeit beim Auslesen steigt, da die Matrix weiter belichtet wird.

CMOS Bildsensoren

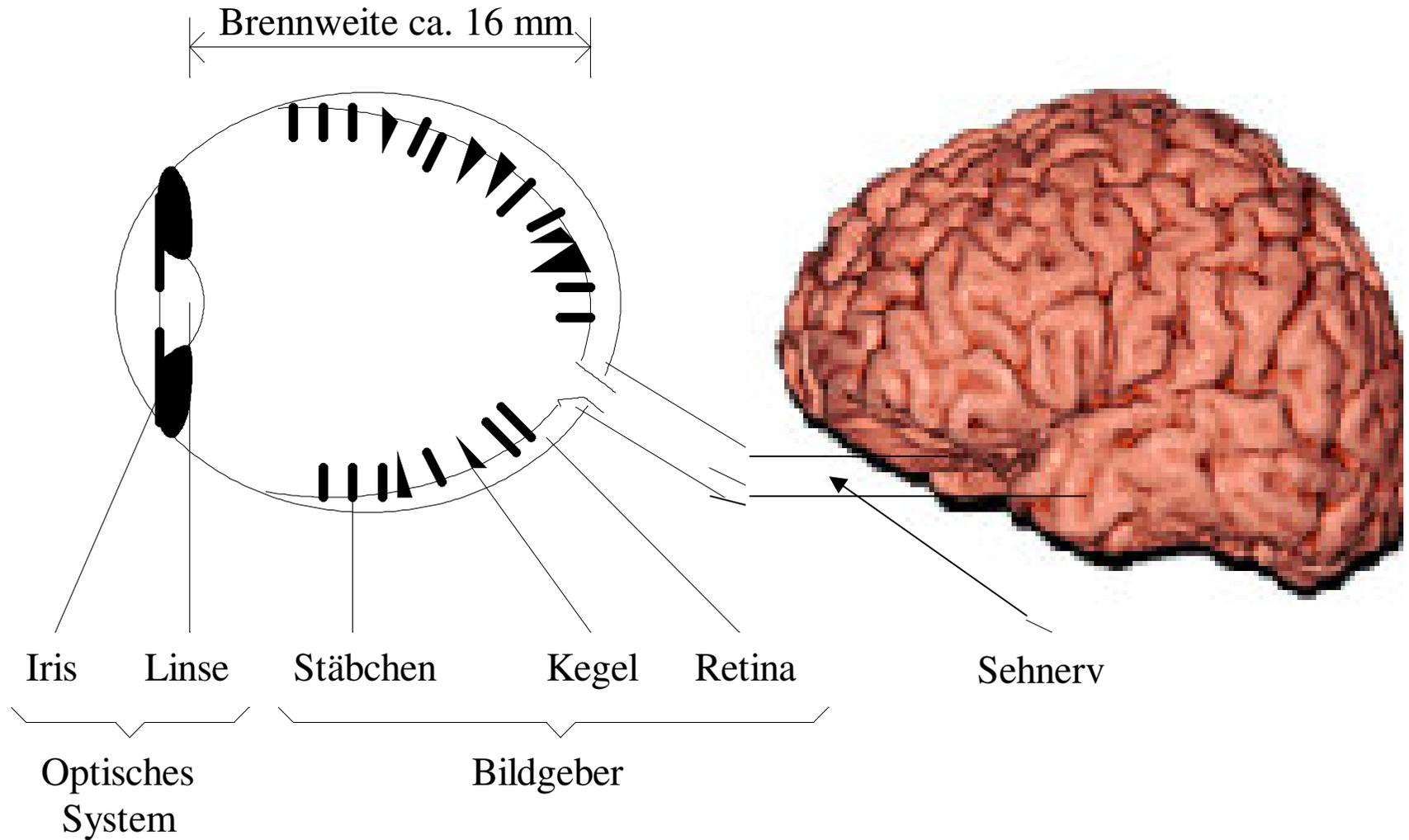
1. analoge Bildsensoren/Verstärker und digitale Schaltkreise auf einem Chip (1-chip Kameras)
2. frei-adressierbare pixel / Zeilen / Spalten / ROI's (region-of-interest)
3. logarithmische Kennlinie möglich
4. wesentlich günstigere Herstellung als CCD
5. web-cam, Digitalkameras, spezielle machine vision cameras

Überblick

- **Einführung in die industrielle Bildverarbeitung**
 - Definition und Abgrenzung zu anderen Gebieten
 - Anwendungsbereiche
- **Bildentstehung**
 - Aufbau eines Bildverarbeitungssystems
 - Technische Bildgeber
 - Das biologische Vorbild

Biologische Bildsensoren

Unser Auge:



Biologische Bildsensoren

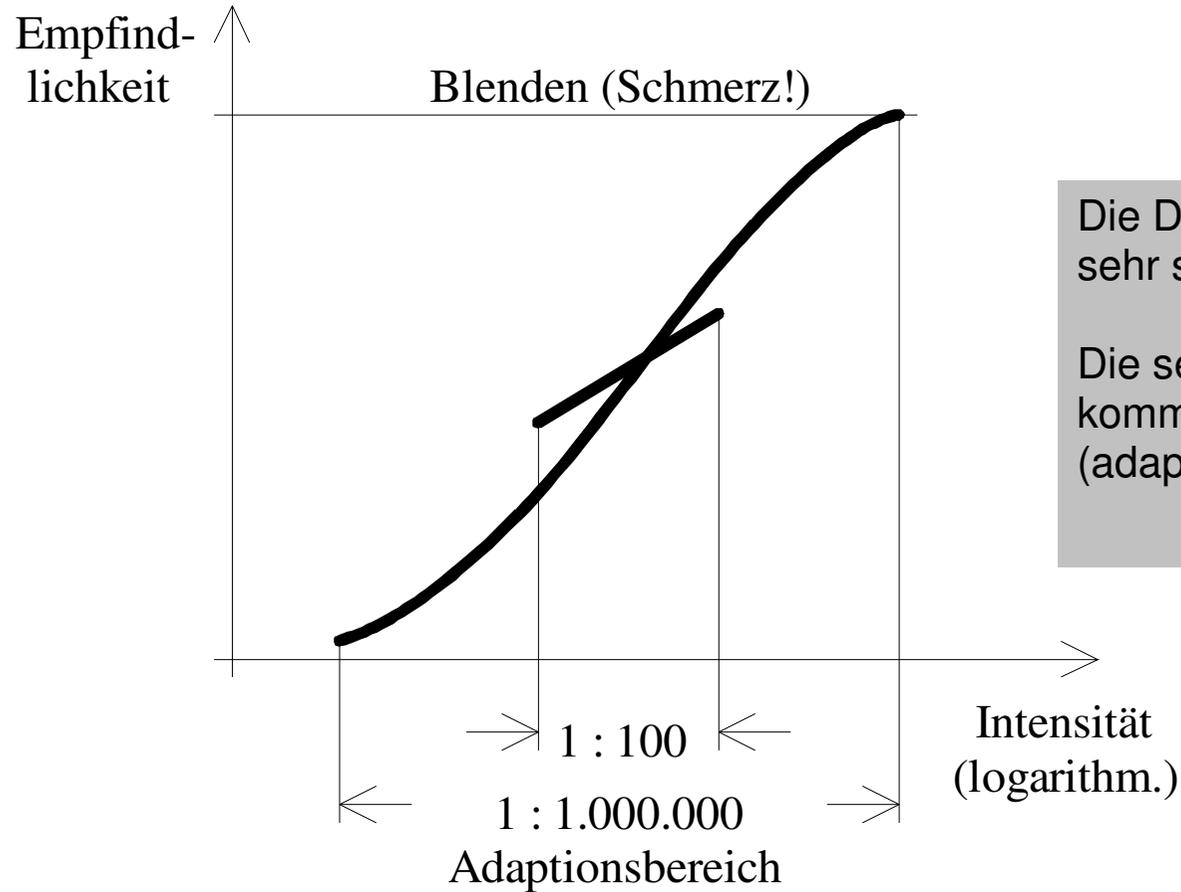
- **Kegel, Zäpfchen:**

- ca. 7 Millionen Kegel,
- besonders in der Augenmitte (fovea) konzentriert,
- übernehmen das Sehen am Tage und das Erkennen von Farben,
- je 3 dicht benachbarte Kegel reagieren jeweils auf violett-blau, auf grün und auf orange-rot. Das Gehirn fasst die Farbsignale zusammen.

- **Stäbchen:**

- ca. 100 Millionen Stäbchen,
- sind für das Dämmerungssehen zuständig,
- unterstützen das periphere Wahrnehmen stark,
- liefern nur einen groben Eindruck über die Helligkeit.

Adaptionsbereich des menschlichen Auges:



Die Dynamik der Sehstäbchen/zäpchen ist sehr schlecht (7 Bit)

Die sehr hohe Dynamik des Sehsystems kommt ausschließlich durch die Motorblende (adaptierende Pupille, Iris)

Biologische Bildsensoren

Vergleich:

	Bildverarbeitungssystem	Auge
Anzahl Pixel	0,3 – 39 Millionen (Sensor)	ca. 100 Millionen
Unterschiedliche Graustufen	256 (z.T. 4096)	ca. 100
Unterschiedliche Farben	16,7 Millionen (z.T. 68719 Millionen)	7 Millionen
Verarbeitungsleistung	768 x 576 x 3 x 25 Byte/s = ca. 32 MByte/s (PAL Norm)	ca. 10 GByte/s
	659 x 494 x 3 x 200 Byte/s = ca. 186 MByte/s (zur Zeit auf dem Markt / Feb. 2007) *	
	1504 x 1128 x 3 x 1000 MByte/s = 4,74 GByte/s (Highspeed Kamera, Speicherung kurzer Sequenzen in der Kamera)	

* je nach Anwendung muss diese Datenflut erst einmal auf dem Rechner verarbeitet werden...
(für einen P4 Prozessor werden heute ca. 10.000 MIPS angegeben)

Biologische Bildsensoren

Die schlechte Auflösung des Farbkanals (Kegel)

Das menschliche Auge kann feine Strukturen, wie zum Beispiel die Schrift, in schwarzer Farbe wesentlich besser erkennen als in einer anderen Farbe.

Das menschliche Auge kann feine Strukturen, wie zum Beispiel die Schrift, in schwarzer Farbe wesentlich besser erkennen als in einer anderen Farbe.

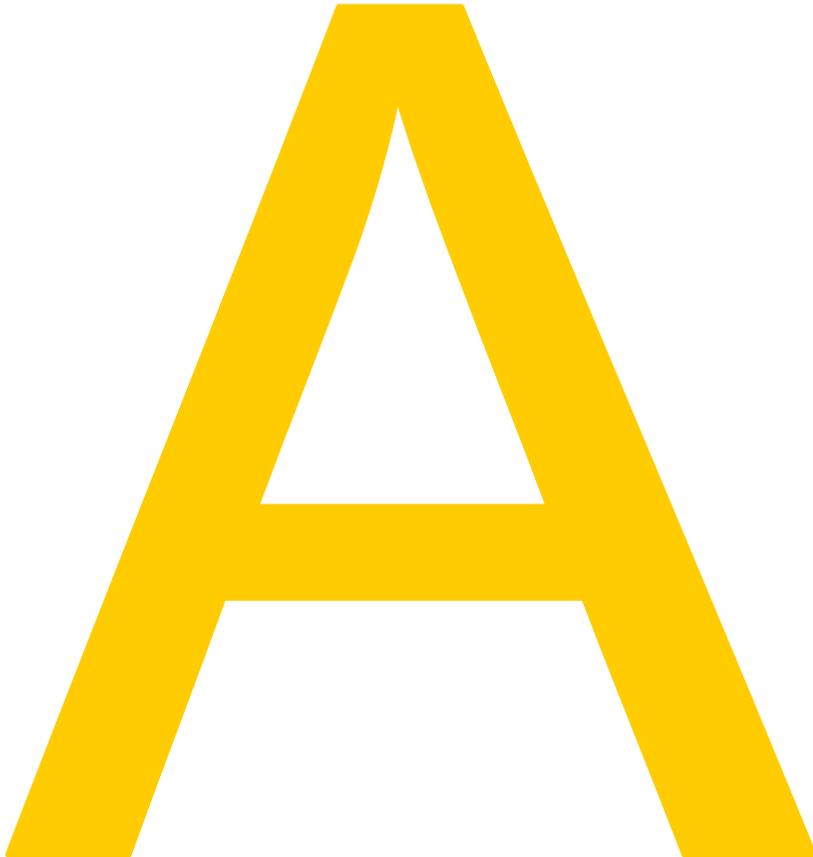
Das menschliche Auge kann feine Strukturen, wie zum Beispiel die Schrift, in schwarzer Farbe wesentlich besser erkennen als in einer anderen Farbe.

Die gute Auflösung des s/w Kanals

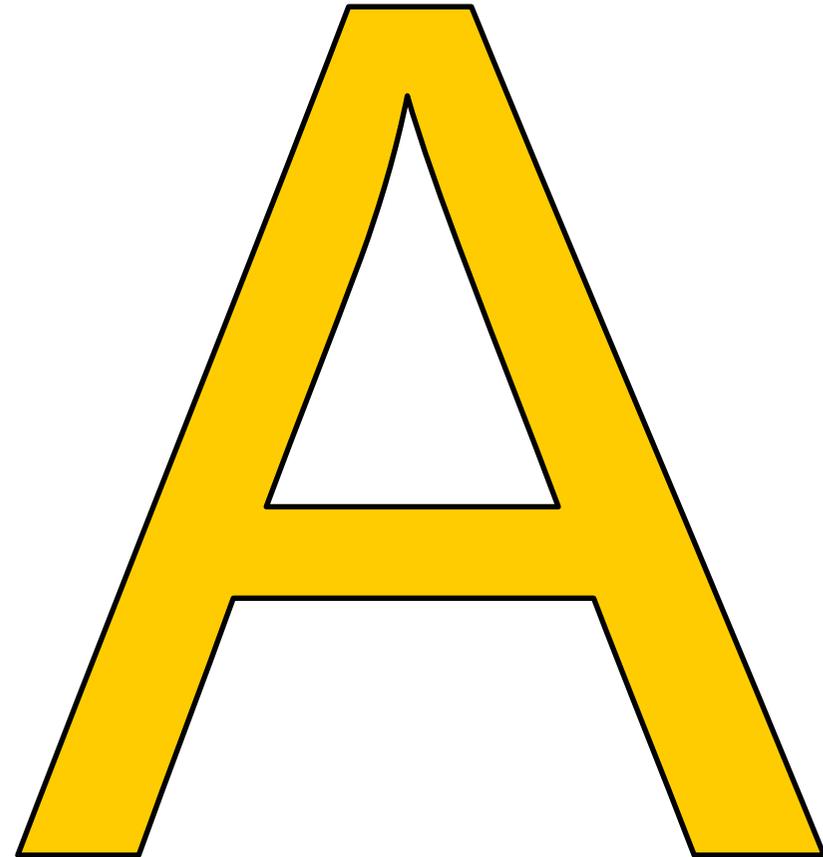
Das menschliche Auge kann feine Strukturen, wie zum Beispiel die Schrift, in schwarzer Farbe wesentlich besser erkennen als in einer anderen Farbe.

Biologische Bildsensoren

Der nicht wissende Grafiker



Der kluge Grafiker



Das menschliche Sehsystem

Das menschliche Auge kann

- schwarz/weiße Strukturen feiner auflösen als farbige (Bandpass) und
- farbige Flächen besser wahrnehmen als schwarz/weiße (Tiefpass)

>> s/w Sehen ist optimiert für die Erkennung von Konturen

>> Farbsehen ist optimiert für die Bewertung von Flächen