

# Bildgeber

## Vorlesung No. 2<sup>1</sup>

Prof. Dr. M. O. Franz  
mfranz@htwg-konstanz.de

---

<sup>1</sup> falls nicht anders vermerkt, sind die Abbildungen entnommen aus Haußecker, 1999.

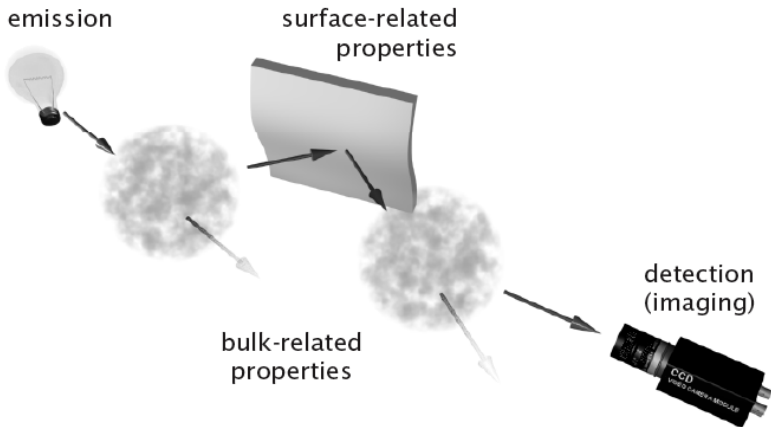
# Überblick

## 1 Beleuchtung

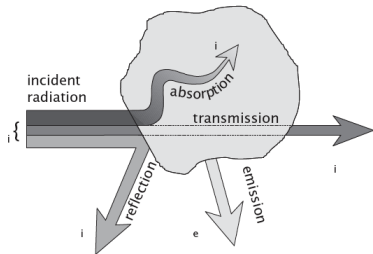
# Übersicht

## 1 Beleuchtung

# Die radiometrische Kette



# Wechselwirkung von Strahlung mit Materie



Die optischen Eigenschaften von (nicht selbstleuchtenden) Oberflächen werden durch drei Größen charakterisiert:

- Reflektanz: Verhältnis zwischen einfallender und reflektierter Strahlungsleistung:

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i}$$

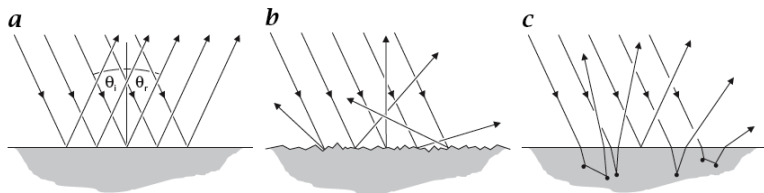
- Absorption: Verhältnis zwischen absorbiertener und reflektierter Strahlungsleistung:

$$\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi_i}$$

- Transmission: Verhältnis zwischen einfallender und transmittierter Strahlungsleistung:

$$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi_i}$$

# Reflektionstypen

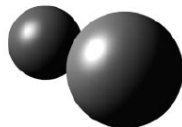


a.: Spiegelnde Reflektion

b.: Diffuse Reflektion (Lambertscher Strahler)

c.: Subsurface-Reflektion

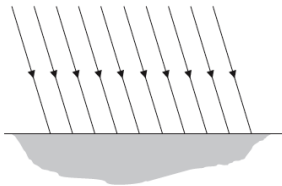
# Beleuchtungsmodell nach Phong

*a**b**c*

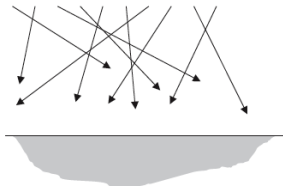
Drei Komponenten:

- (a) Ambienter Anteil: homogener Anteil, erzeugt durch z.B. Himmel oder andere ausgedehnte Lichtquellen
- (b) Diffuser Anteil
- (c) Spiegelnde Reflektion

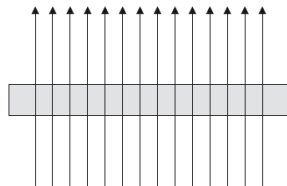
# Beleuchtungstypen



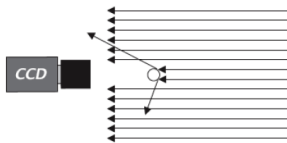
Gerichtete  
Beleuchtung



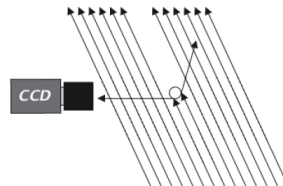
Diffuse Beleuchtung



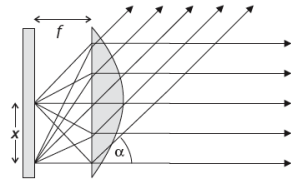
Rückwärtige  
Beleuchtung



Hellfeldbeleuchtung



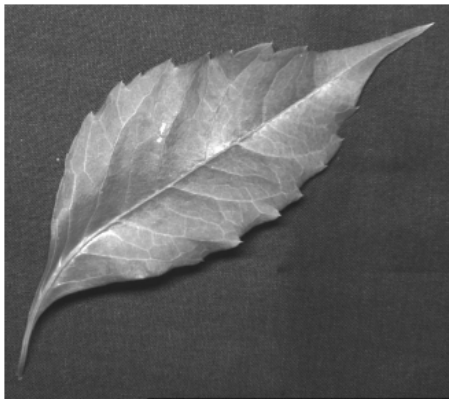
Dunkelfeldbeleuchtung



Telezentrische  
Beleuchtung



## Beleuchtungstypen (Beispiel)

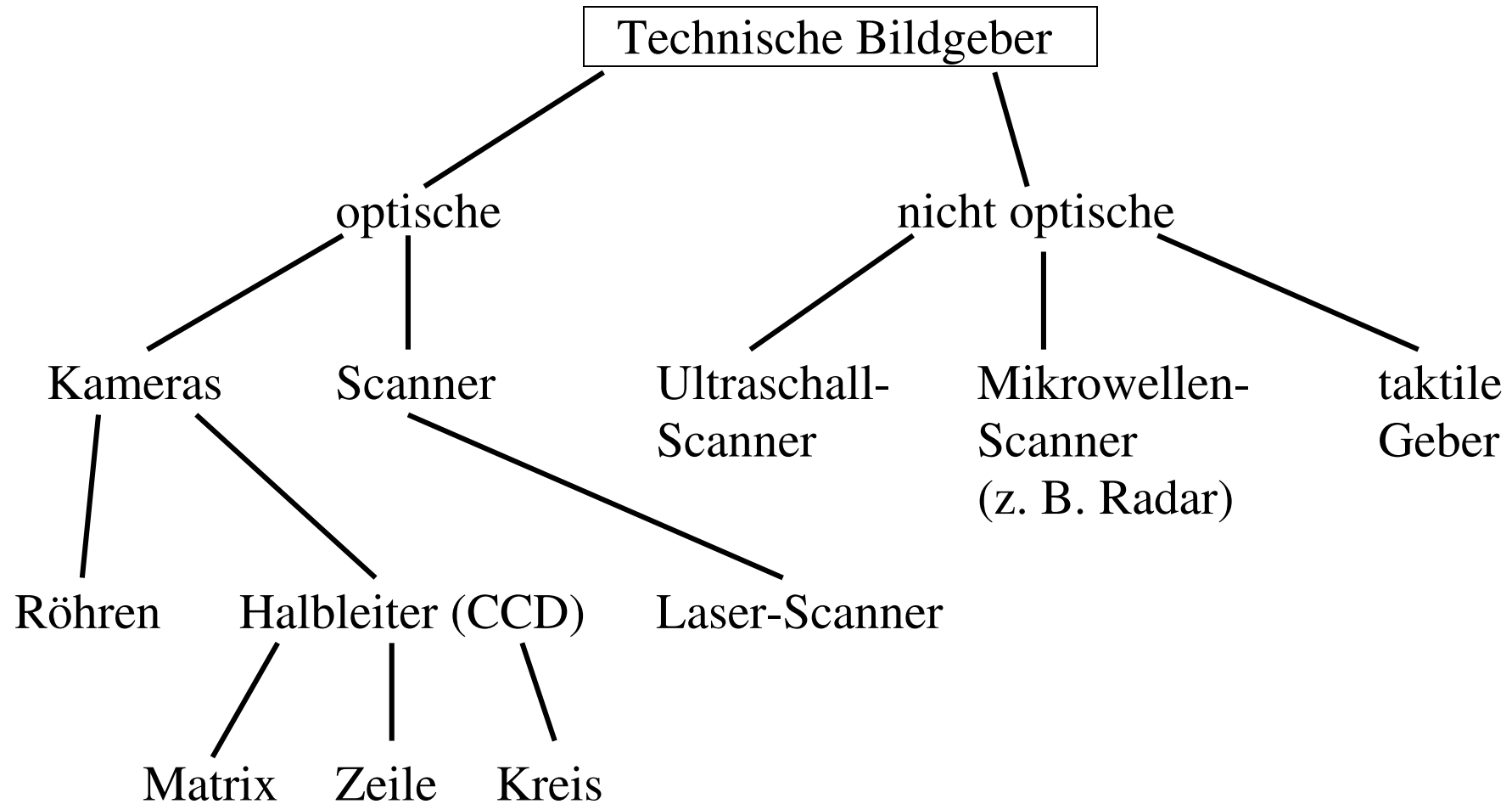


Gerichtete Beleuchtung



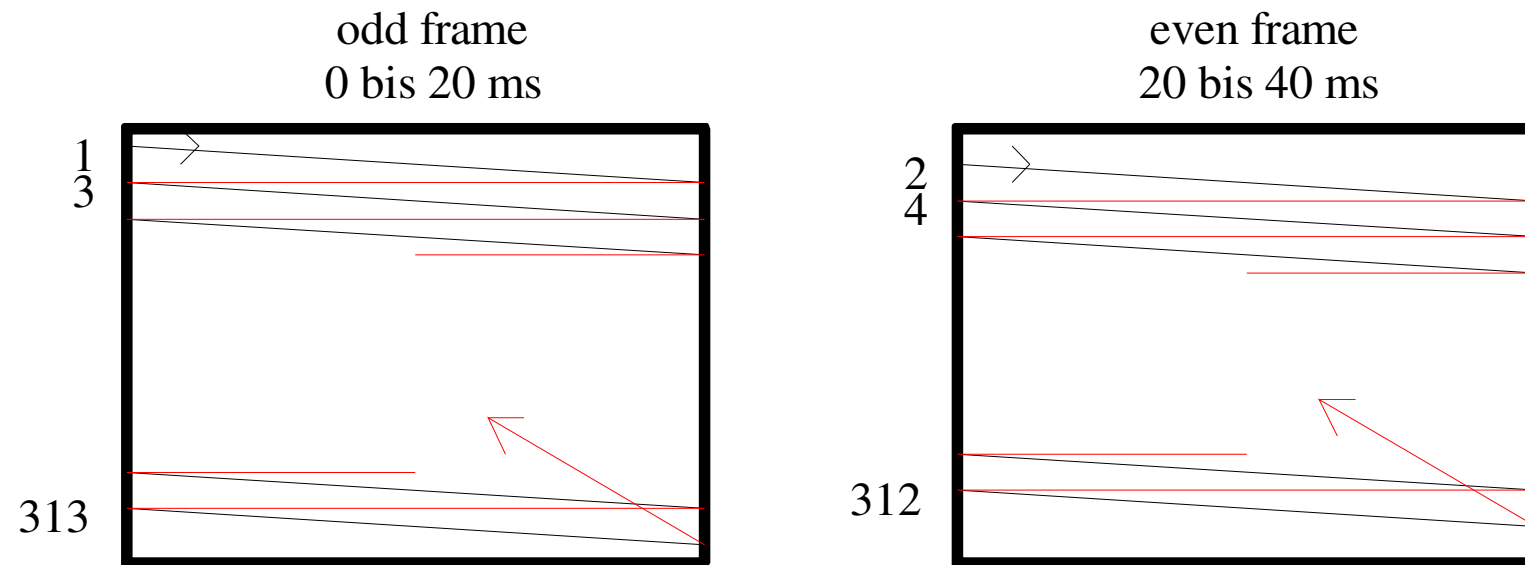
Rückwärtige Beleuchtung

# Technische Bildgeber



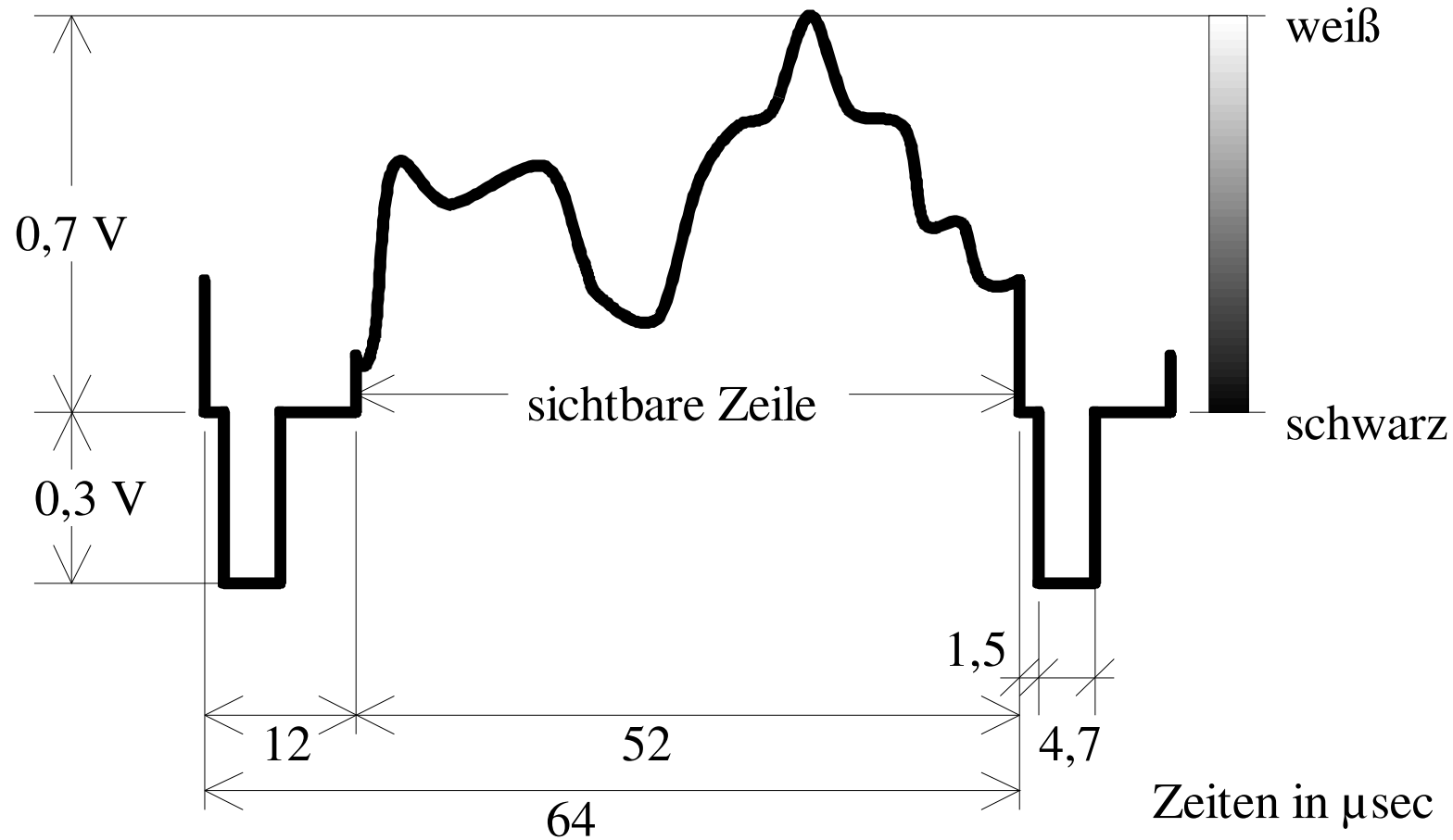
# Fernsehnorm

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



# Fernsehnorm

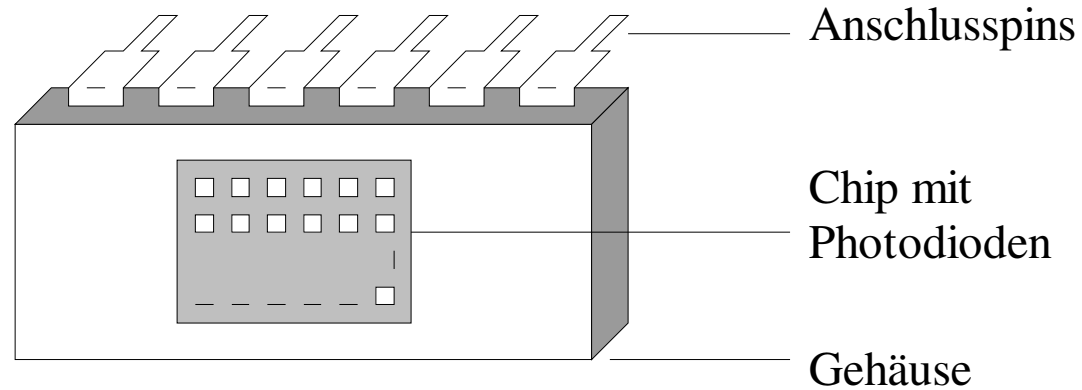
Video-Signal mit der Austastlücke nach der CCIR-Norm:



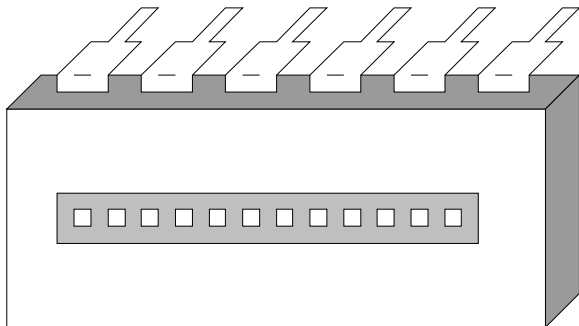
# CCD-Kameras

## CCD-Chip:

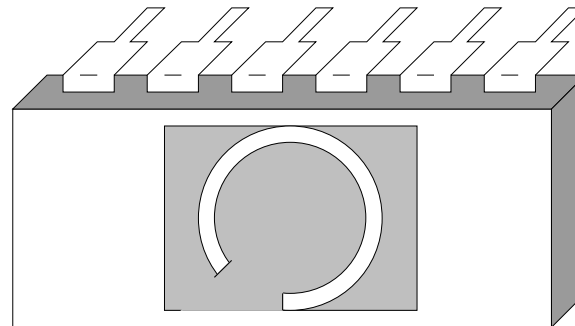
- charge coupled device, d. h. frei übersetzt: Eimer-Ketten-Schaltung.



Zeilen-CCD



Zirkulares CCD



# CCD-Kameras

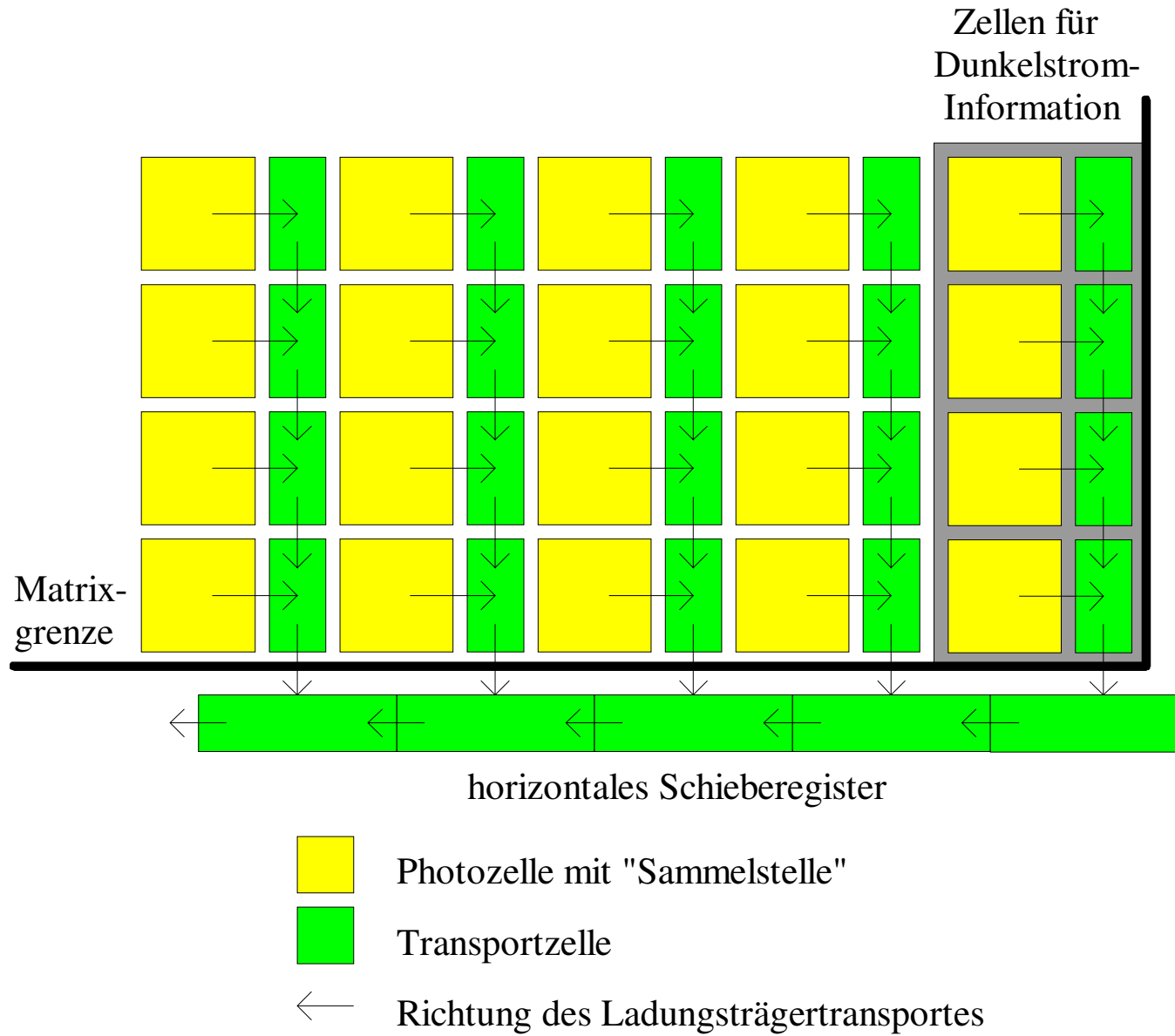
Vorteile der CCD-Kameras:

- + 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

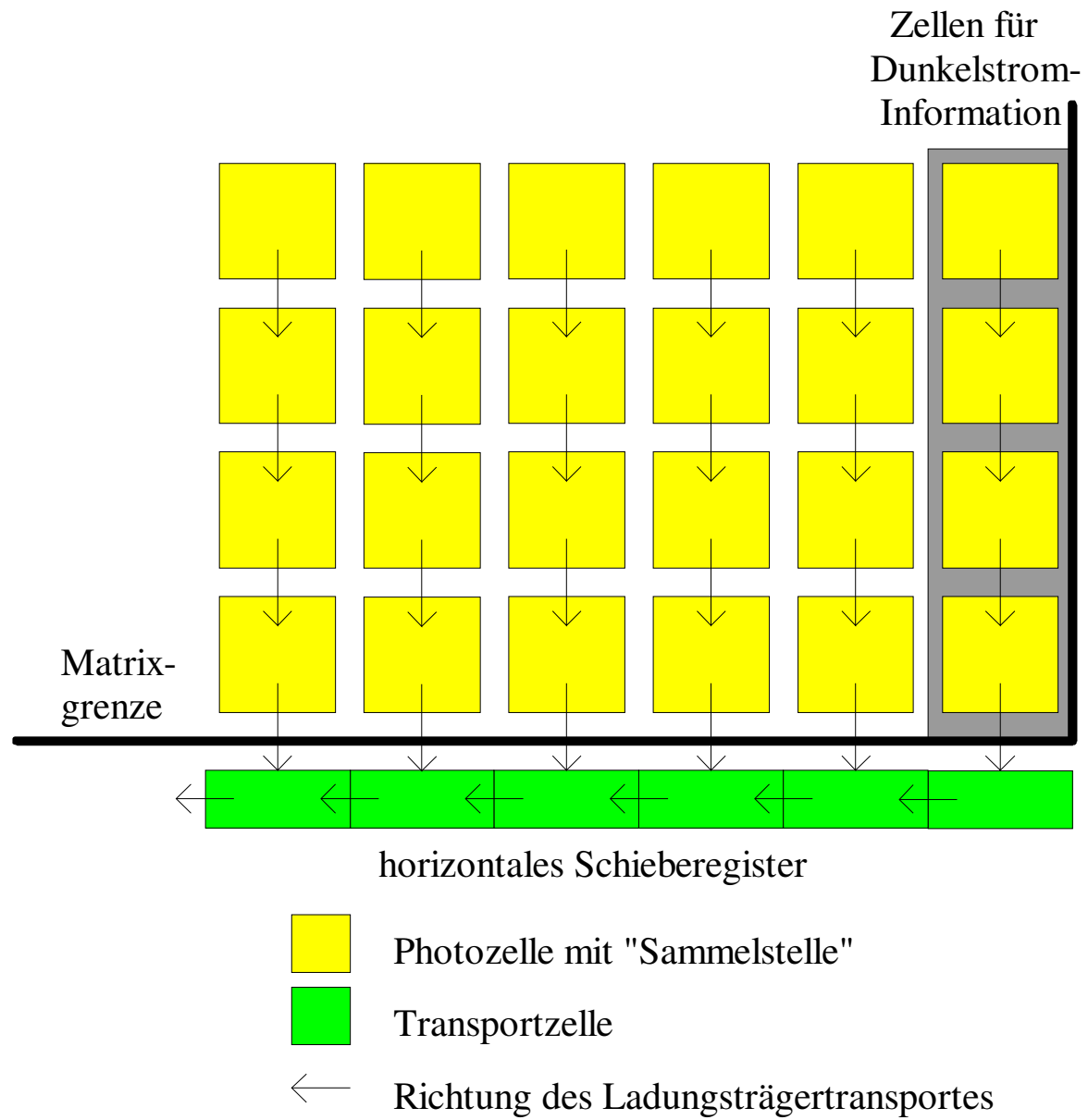
- Funktion teilt sich bei FT-CCDs in drei Phasen auf:
  - **Integrationsphase**
    - Bild wird aufgenommen.
    - Photodiode sammelt entsprechend der Beleuchtung Ladungsträger.
  - **Auslesephase**
    - Ladungsträger werden aus der Matrix zum Ausgang gebracht werden.
    - Photozellen übergeben Ladungsträger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

---

- **Digitale Bilder**
  - Diskretisierung der Amplitude
  - Digitalisierung der Bildfläche
  - Digitale Beschreibung von Bildern
  - Speicherung von Bildern



# Digitalisierung von Bildern

Natürliche Bilder sind stetig, d. h.:

- Es gibt unendlich viele „Bildpunkte“ ( d.h. es gibt keine Bildpunkte)
- Es gibt unendlich viele Grauwerte.

Bilder müssen digitalisiert werden, um

- die Datenmengen zu begrenzen und
- ein Speichern / Verarbeiten im Rechner zu ermöglichen.

Digitalisierung = 1. Diskretisierung ( stetig -> endliche Anzahl von Zuständen)  
2. Codierung ( Bezeichnung der Zustände )

## Diskretisierung der Amplitude

Jedem Bildpunkt wird ein diskreter Helligkeitswert zugeordnet.

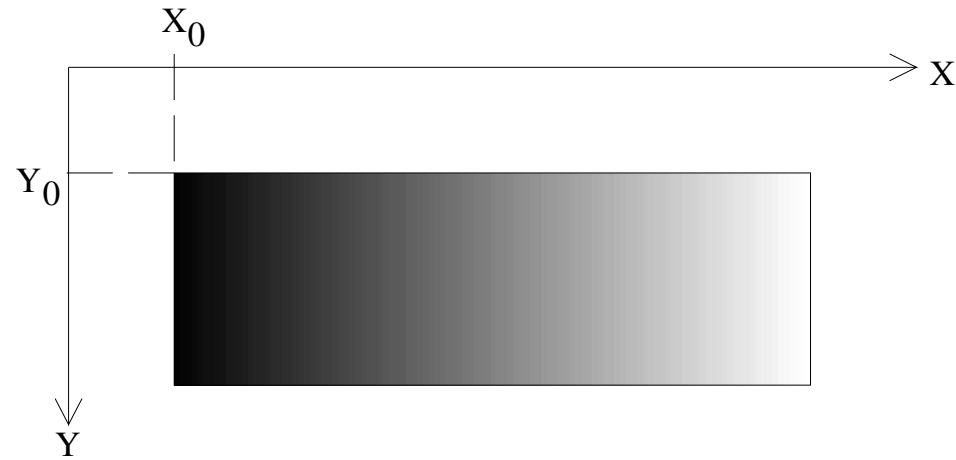
- \*Binärbild: 0 = schwarz, 1 = weiß,
- \*Zweipegelbild: 0 = rot, 1 = blau,
- \*Grautonbild: 0 = schwarz bis 255 = weiß,
- \*Farbbild: meist R, G, B (rot, grün, blau)  
jeweils 0 = min. bis 255 = max.

>> **Quantisierung** der Amplitude(n)

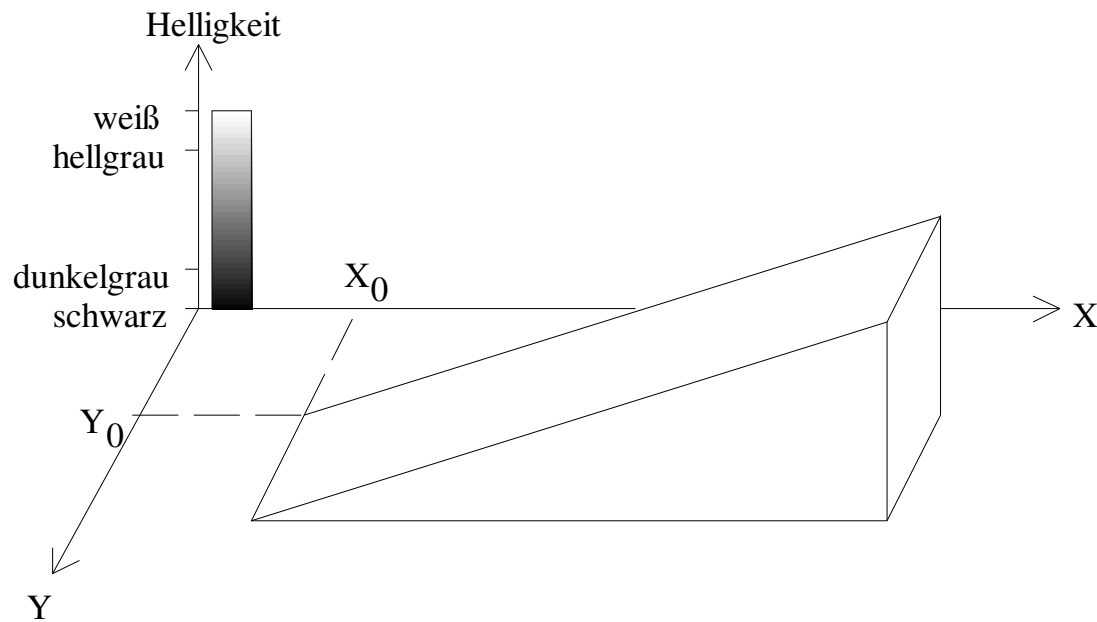
1. wie viele Bits ?
2. welche Quantisierungskennlinie?
3. warum gleichgrosse Quants?

# Digitalisierung

Analoges (stetiges) Bild:



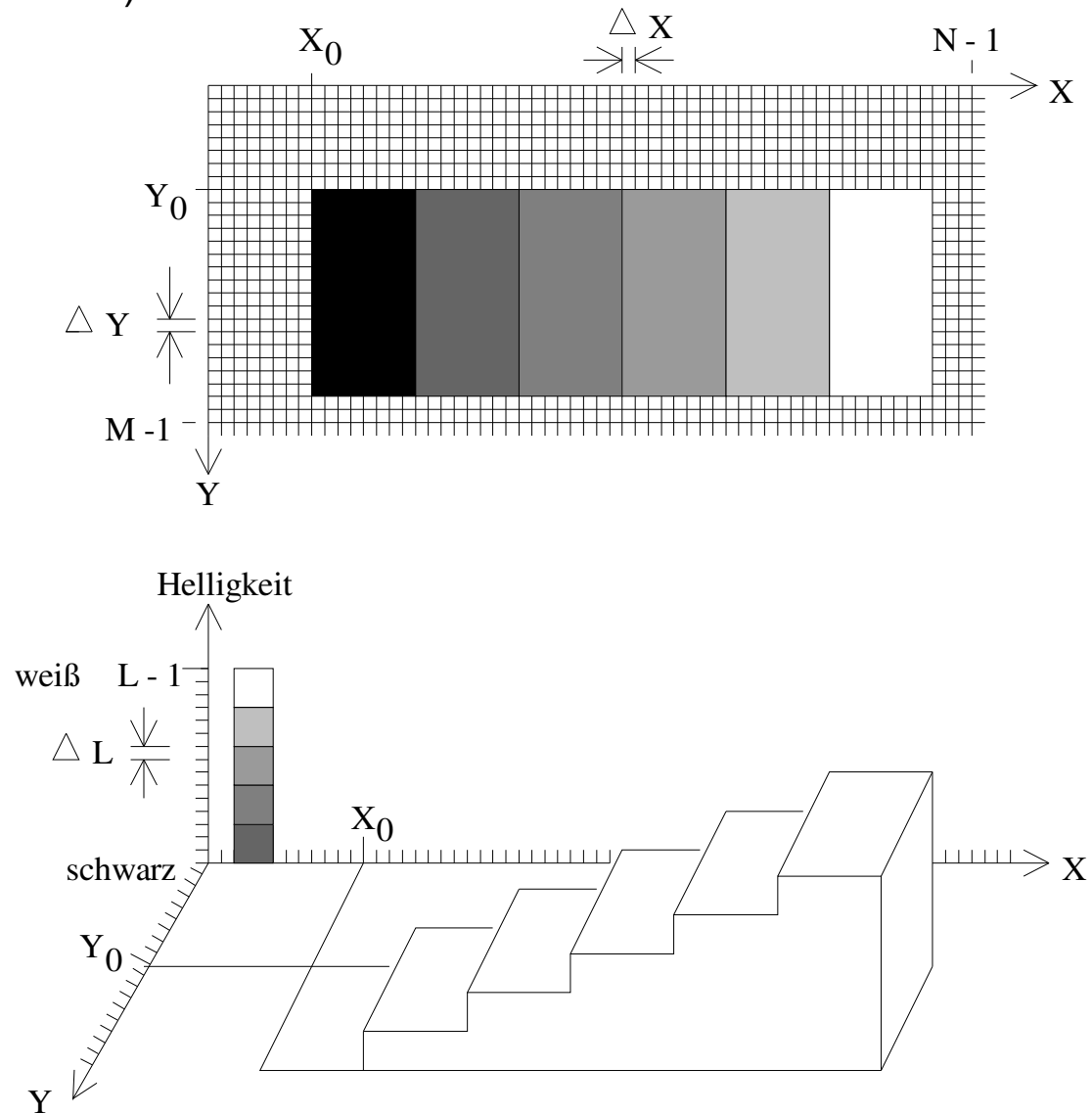
Grauwertgebirge





# Digitalisierung

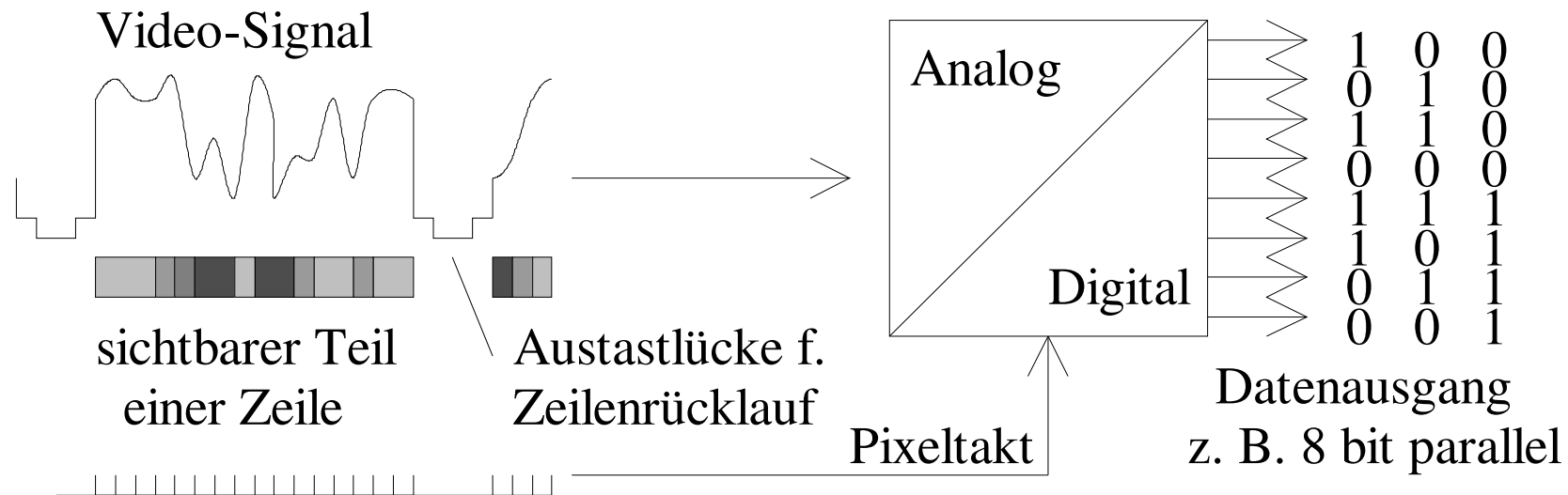
Digitalisiertes (diskretes) Bild:



# Digitalisierung eines analogen Video-Signals

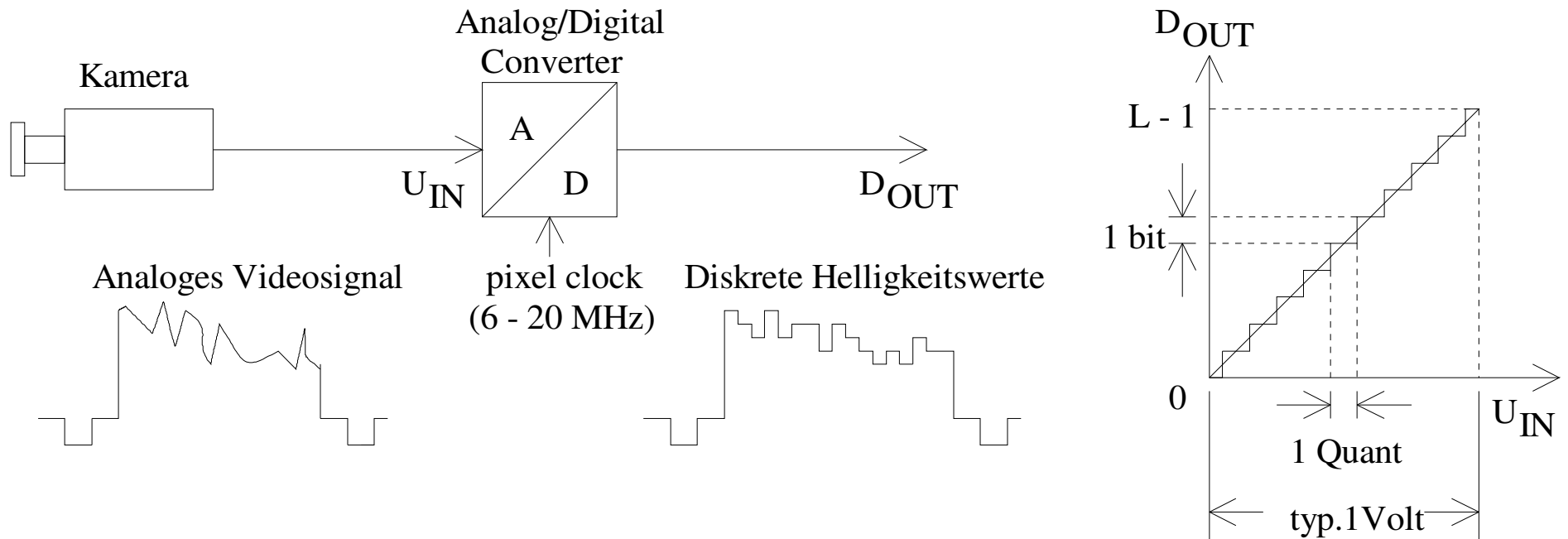
Die Digitalisierung erfolgt

- bezüglich der Zeit durch den Pixeltakt und
- bezüglich der Amplitude durch die Auflösung des A/D-Wandlers.



# Digitalisierung der Helligkeitswerte

Wie fein soll die Quantisierung sein?



## Digitalisierung der Helligkeitswerte

Wie fein soll die Quantisierung sein?

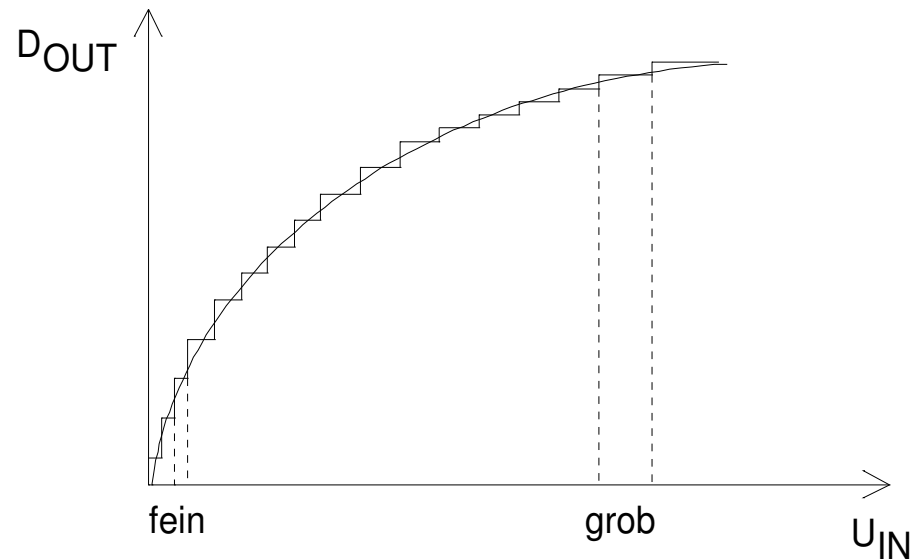
Orientierungshilfe:

- Quantisierung des Video-Signals braucht nicht feiner zu sein als die Fehler der Kamera.  
Praktisch alle Kameras rauschen so stark, dass 8 bit ausreichen.
- 64 Grauwertstufen (6 bit) sind oft ausreichend,  
256 Grauwertstufen (8 bit) wegen der Byte-Darstellung vernünftig.

# Digitalisierung der Helligkeitswerte

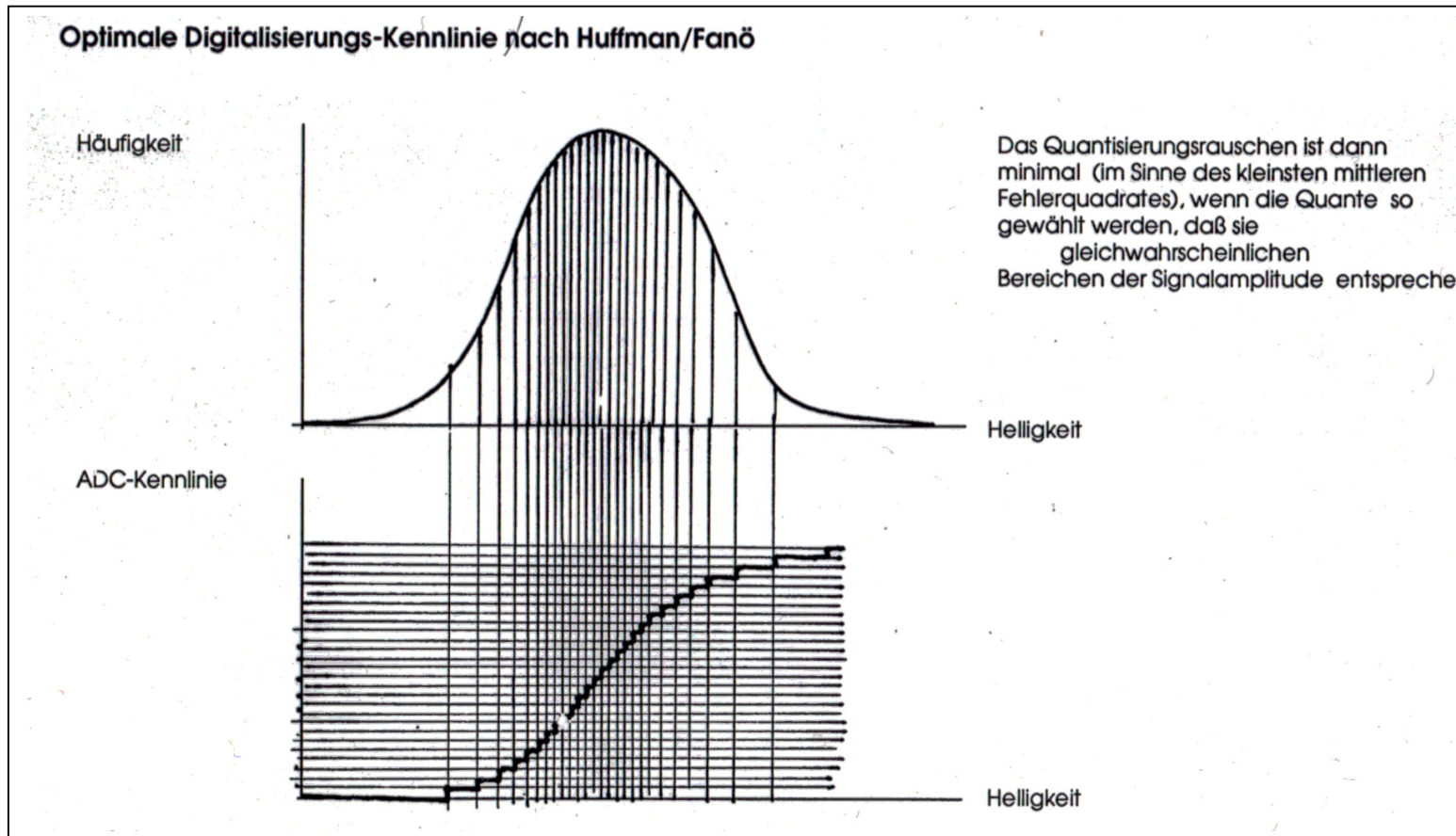
## Kennlinie des Analog/Digital-Wandlers

- Oft verstecken sich in den dunklen Bildbereichen interessante Details. Eine lineare Kennlinie unterteilt den Helligkeitsbereich gleichmäßig. In dunklen Bildbereichen gehen dann Details verloren.



Nicht-lineare (komprimierende) Kennlinien bewerten dunkle Bereiche stärker. Das entspricht dem logarithmischen Helligkeitsempfinden des Menschen.

# Optimale Quantisierungskennlinie ( nach Shannon )



seltene Helligkeiten -> grobe Quante    häufige Helligkeiten -> feine Quanten

( optimales Quantisierungsrauschen )

# Überblick

---

- **Digitale Bilder**
  - Diskretisierung der Amplitude
  - Digitalisierung der Bildfläche
  - Digitale Beschreibung von Bildern
  - Speicherung von Bildern

## Digitalisierung der Bildfläche

Die Digitalisierung begrenzt die **Auflösung**:

Die höchste bei einer bestimmten Abtastrate darstellbare Ortsfrequenz bezeichnet man auch als *Auflösung*. [HAB91]:

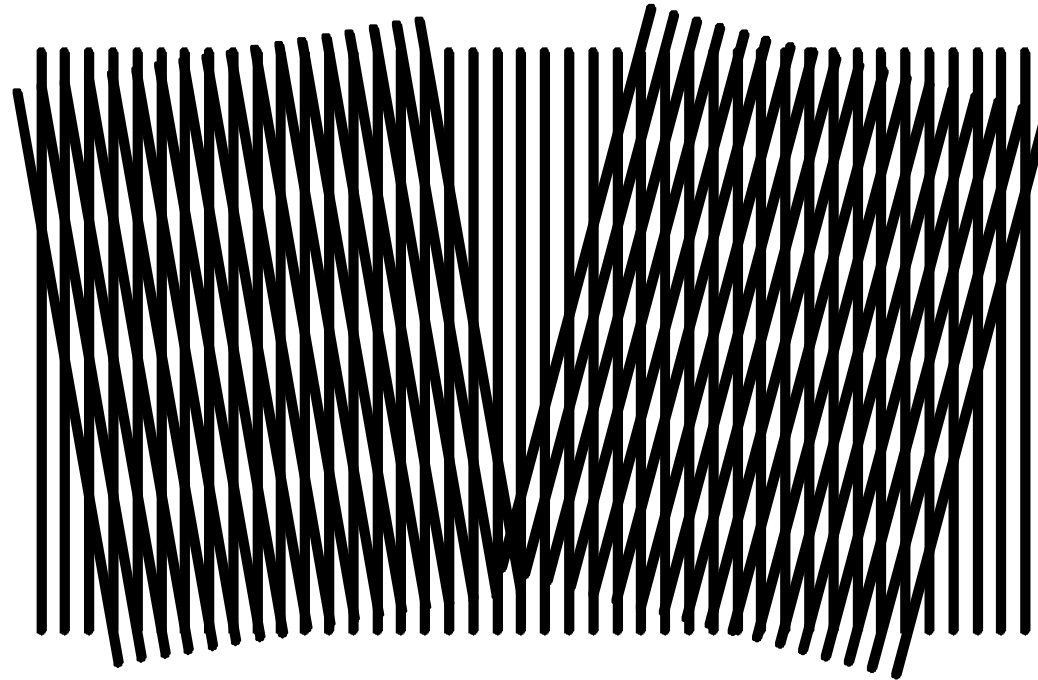
Bei Abtastung von periodischen Bildern mit zu kleiner Frequenz tritt der **Moiré-Effekt (Aliasing)** auf:

Es entstehen zusätzliche (niedrigere) periodische Bildstörungen, die im Original nicht vorhanden sind.

*Beispiel:* Gemusterte Kleidung des Sprechers führt im Fernsehen zum Flimmern.

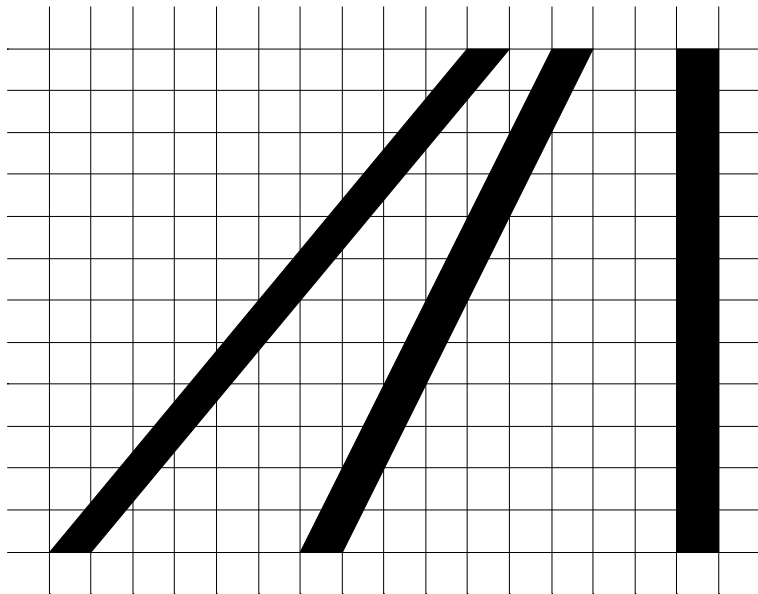


## Moiré-Effekt (Aliasing):

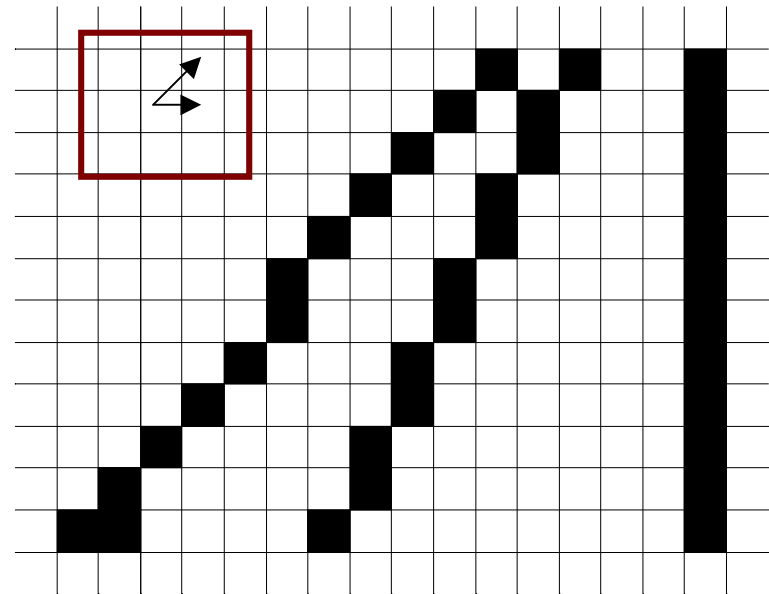


## Digitalisierung der Bildfläche mit quadratischem Raster

Beim Digitalisieren von glatten Kanten, die schräg zur x- und y-Richtung liegen, treten Mausezahnlinien auf:



Aus glatten Kanten...



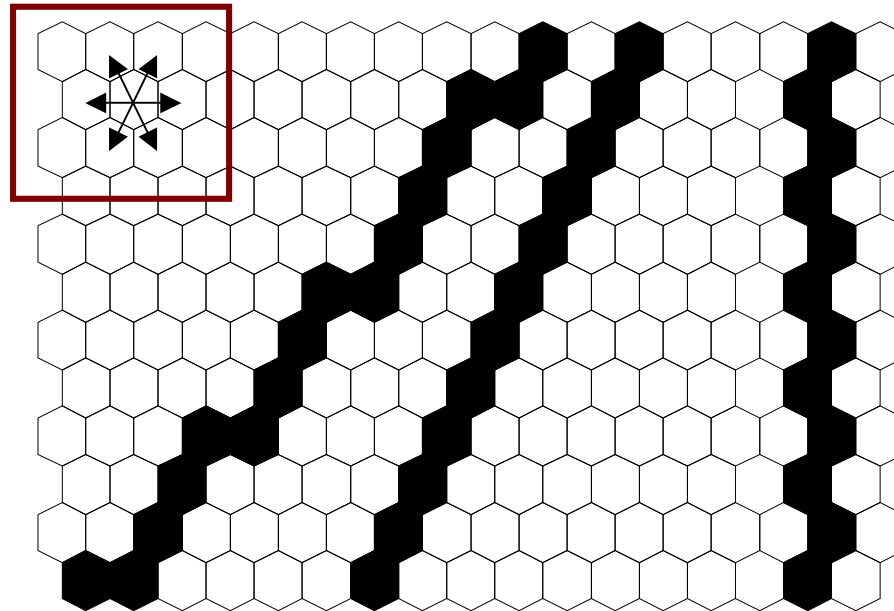
...entstehen Mausezähnen

Grund: **anisotropes Bildraster** ( die Bildpunkte einer 8er Nachbarschaft sind nicht gleich voneinander entfernt )

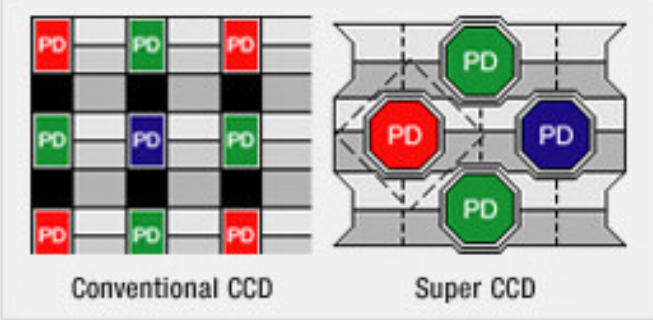
# Digitalisierung der Bildfläche

Ein **hexagonales Gitter** ist **isotrop** : alle Bildpunkte einer 6er Nachbarschaft sind gleich weit voneinander entfernt

→ fast alle heutigen Bildsensoren beruhen auf einem rechteckigen Raster.  
Ausnahme: Fuji finepix Kameras



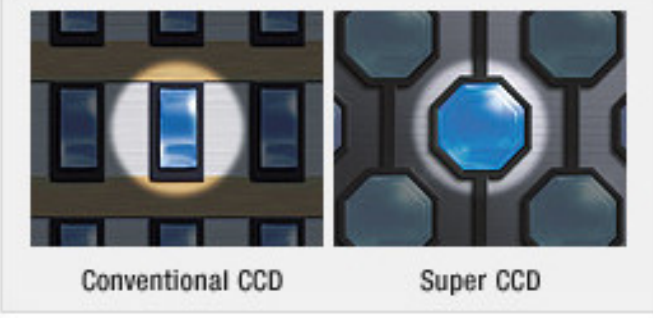
# FUJIFILM FinePix Digitalkamera mit hexagonalem Pixel-Raster



The diagram shows two types of CCD sensor layouts. On the left, 'Conventional CCD' shows a grid of square pixels in a Bayer pattern (Red, Green, Blue). On the right, 'Super CCD' shows a hexagonal arrangement of pixels, with a central pixel surrounded by six others, allowing for a larger pixel area.

Conventional CCD      Super CCD

Difference of pixel arrangement between conventional CCD and Super CCD



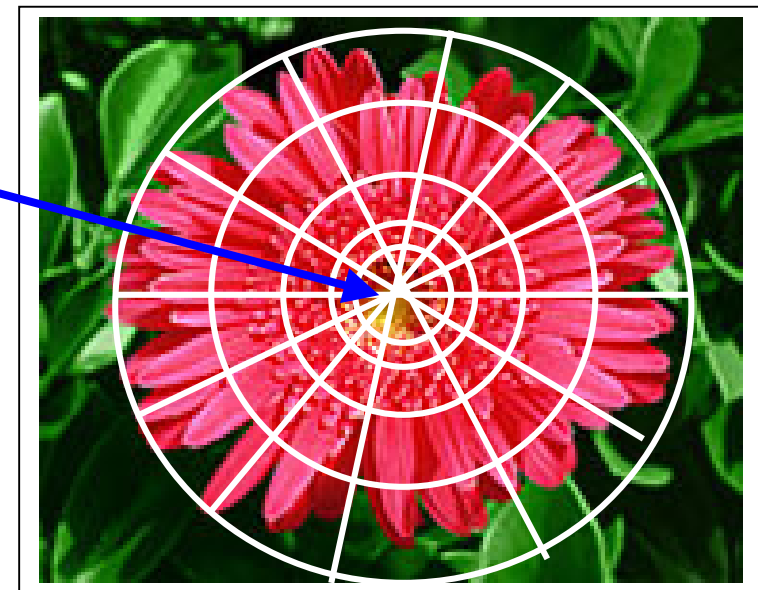
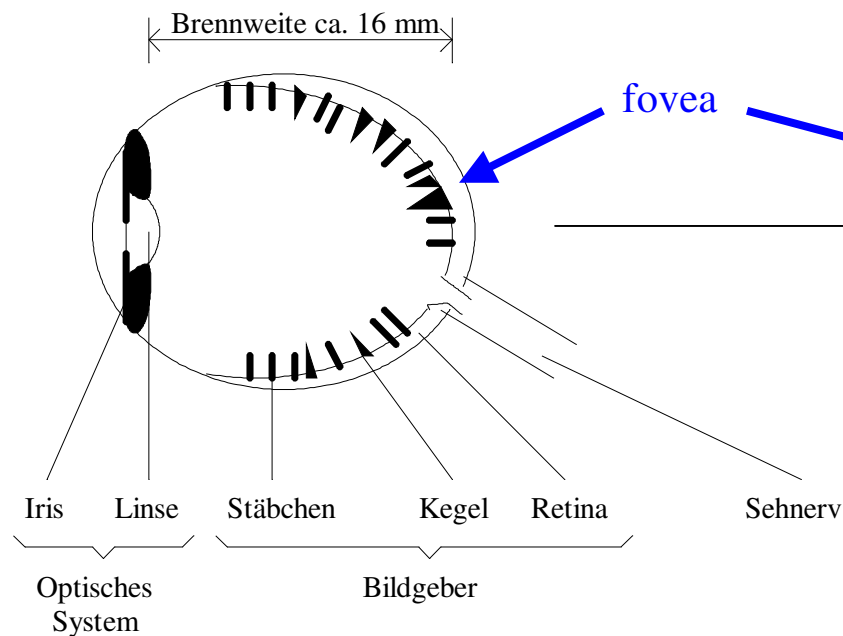
The diagram shows two sensor surfaces. On the left, 'Conventional CCD' shows a grid of small square pixels. On the right, 'Super CCD' shows a grid of larger hexagonal pixels, with a central pixel being significantly larger than the surrounding ones.

Conventional CCD      Super CCD

Difference of pixel size between conventional CCD and Super CCD



# Diskretisierung des Ortes im menschlichen Auge



Logarithmisches Polarkoordinatensystem:  
Ortsvariante Auflösung