

CCD

Autoren:

Rupert Gratz - Daniel Kadir - Stefan Reischmann

CCD steht für "charge-coupled device" (zu deutsch etwa „Ladungsgekoppeltes Bauelement“)

Der erste CCD-Chip mit 96x1 Pixel wurde 1972 von den Bell Laboratories vorgestellt

● Einsatz :

- in Video und Digitalkamera
- Scanner
- Planetenbeobachtung

CCD Technik vs. Photographie

Vorteile der CCD Technik

● **Hohe empfindlichkeit**

CCD Chips haben eine wesentlich höhere Empfindlichkeit, als Fotografische Schichten (bis etwa 40.000 ASA!). Es ist möglich, einzelne Photonen zu "zählen". Die Belichtungszeiten reduzieren sich auf einige Minuten.

● **Die Bilder sind sofort sichtbar**

Direkt nach der Aufnahme können die Bilder bewertet werden.

● **Die Bilder liegen Digital vor**

Die Bilder können selbst bearbeitet werden (z.B. Sandwich-Verfahren, s.u.), man ist nicht auf ein Photolabor angewiesen. Mit Hilfe einer geeigneten Software lassen sich viele Details aus den Rohbildern "herausholen". Wer die Bilder auf Papier haben möchte, kann diese selbst ausdrucken, oder sie zum Photoplotter geben.

● **Kein Materialverbrauch**

Die Menge der Aufnahmen bestimmen nur noch die Zeit und die Festplattengröße.

● **Kein Schwarzschildeffekt**

Die Empfindlichkeit eines CCD-Chips ist bis zur Pixelsättigung linear.

● **Wenig beeinträchtigung durch hellen Himmelshintergrund**

Die Hintergrundhelligkeit kann bei CCD-Aufnahmen per Software "weggerechnet" werden. Ermöglicht Deep-Sky Aufnahmen in der Nähe von Großstädten.

CCD Technik vs. Photographie

Nachteile der CCD Technik

- **Kleines Bildfeld**
Die Bildfläche ist mit einigen millimetern Kantenlänge noch sehr klein. Größere CCD-Chips sind kaum bezahlbar.
- **Spannungsversorgung und PC**
Es ist immer eine Spannungsversorgung und ein PC notwendig. (Allerdings läßt sich auch mit Akkus und einem Laptop ein transportables Equipment realisieren.)
- **Anschaffungskosten**
Der Preis für eine brauchbare CCD-Kamera liegt (immer noch) bei über 500 €
- **Die CCD-Kamera liefert standardmäßig nur S/W- Bilder.**
Zum erstellen von Farbbildern müssen drei Aufnahmen gemacht werden. Es sind außerdem Filter notwendig.

Grundprinzip

- Grundprinzip im Vergleich mit einer Filmkamera
 - Beide besitzen Objektiv, Blende und zentrale Ablaufsteuerung
 - Unterschied besteht in Bildaufnahme und Bildausgabe
 - Bei Filmkamera wird Film zum Objektiv bewegt, belichtet und abtransportiert (mechanische Teile)
 - Bei CCD Sensor: das Licht wird auf Sensor abgebildet und als elektrische Ladung gespeichert. Abtransport der Information geschieht über zentrale Ablaufsteuerung
 - Abtransport seriell

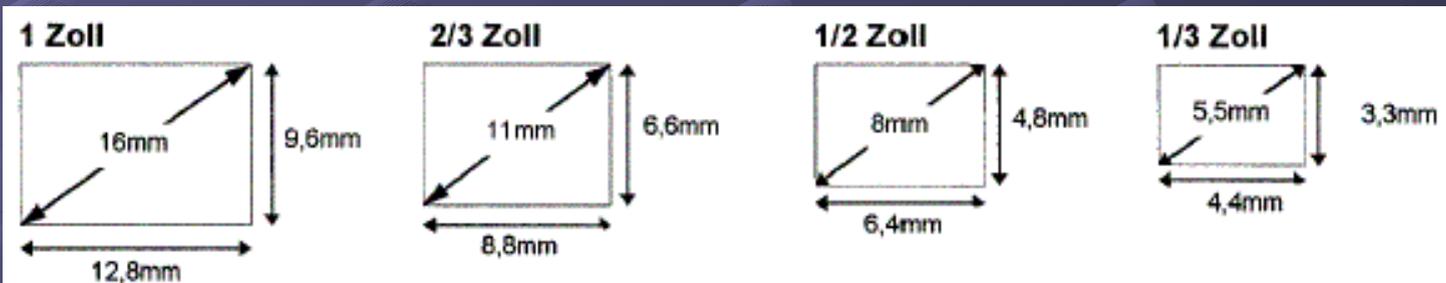
Video Norm

- Zum Auslesen des CCD Sensors
- Kompatibilität zwischen Herstellern zu schaffen
- Europäische CCIR – Norm
- US – Norm RS 170
 - Beide Arbeiten nach dem Interlaced (Zeilensprung) – Verfahren. Das Videovollbild (Frame) wird in zwei Halbbilder (Fields) aufgeteilt und zeilenversetzt ausgegeben.
 - ? Verdoppelung der Bildwechselfrequenz (flimmerfreies Bild)
 - Für den Rücklauf des Elektronenstrahls werden einige Zeilen benötigt, daher sind bei:
 - CCIR-Norm sind von 625 Zeilen nur 576 sichtbar
 - RS 170 Norm sind von 312 Zeilen 287 sichtbar

CCP

● CCP Formate

- Formatangabe von Fernsehröhren:
1" Röhrendurchmesser = aktives Fenster mit 16mm Diagonalen
- 1" Chips heute selten, v.a. 1/2", 1/3" bei Überwachung, Miniaturkameras und Home-Videokameras
- In der Meßtechnik ist hohe Auflösung wichtiger als kleiner Kameras, daher 1/2", 2/3" Chips.



Funktion des Ladungstransports

- Im CCD-Sensor wird Licht in elektrische Ladung umgewandelt.

Werden durch Ladungsverschiebung in Schieberegistern transportiert.

Hier treten entweder Ladungsbarrieren oder Ladungssenken auf.

- 2-Phasen-Schieberegister-Zelle stellt eine Grundeinheit dar; sämtliche Grundeinheiten eine CCD-Spalte sind ein vertikales Schieneregister.

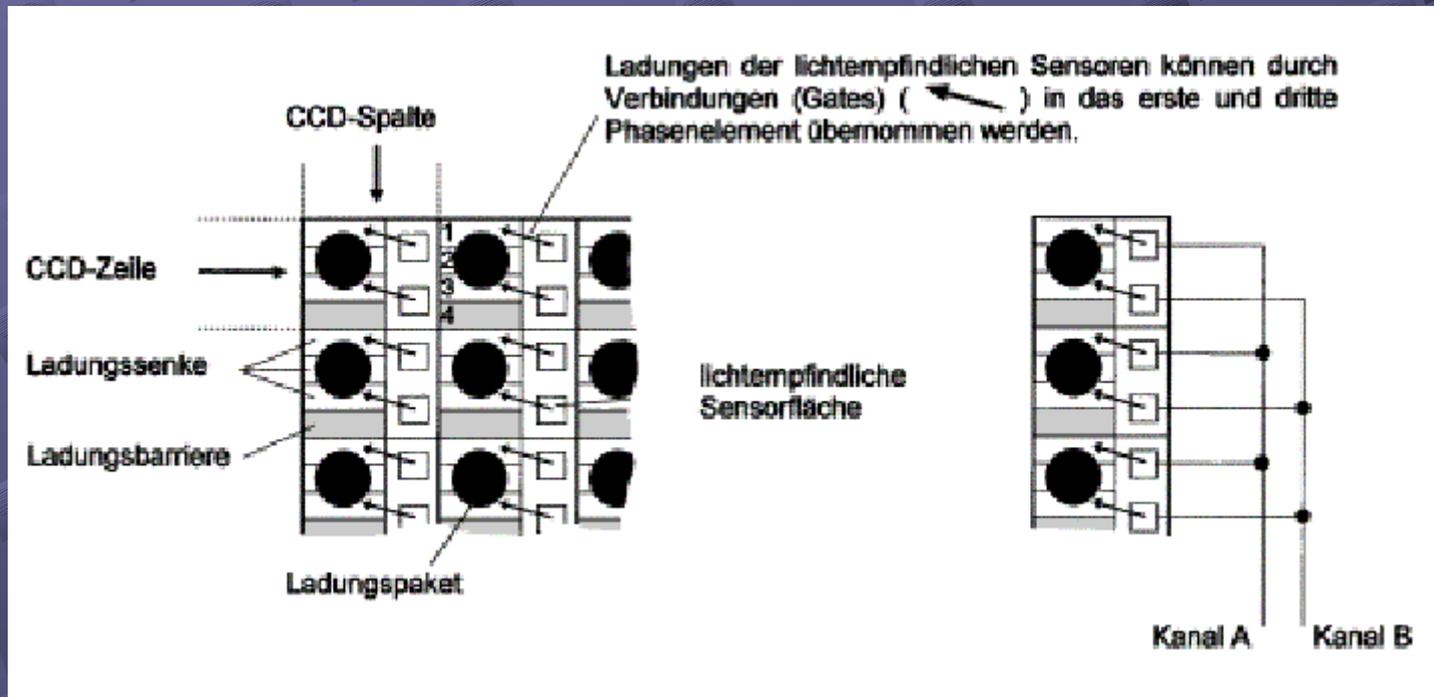
CCD

- Phasenelemente können elektronisch einzeln angesteuert werden.
- speziell 2 CCD-Wandler Techniken haben sich durchgesetzt:
 - Interline-Transfer-Sensor
 - Frame-Transfer-Sensor

CCD

Betriebsarten des Sensors:

Der Interline-Transfer-Sensor ist in Zeilen und Spalten unterteilt.



CCD

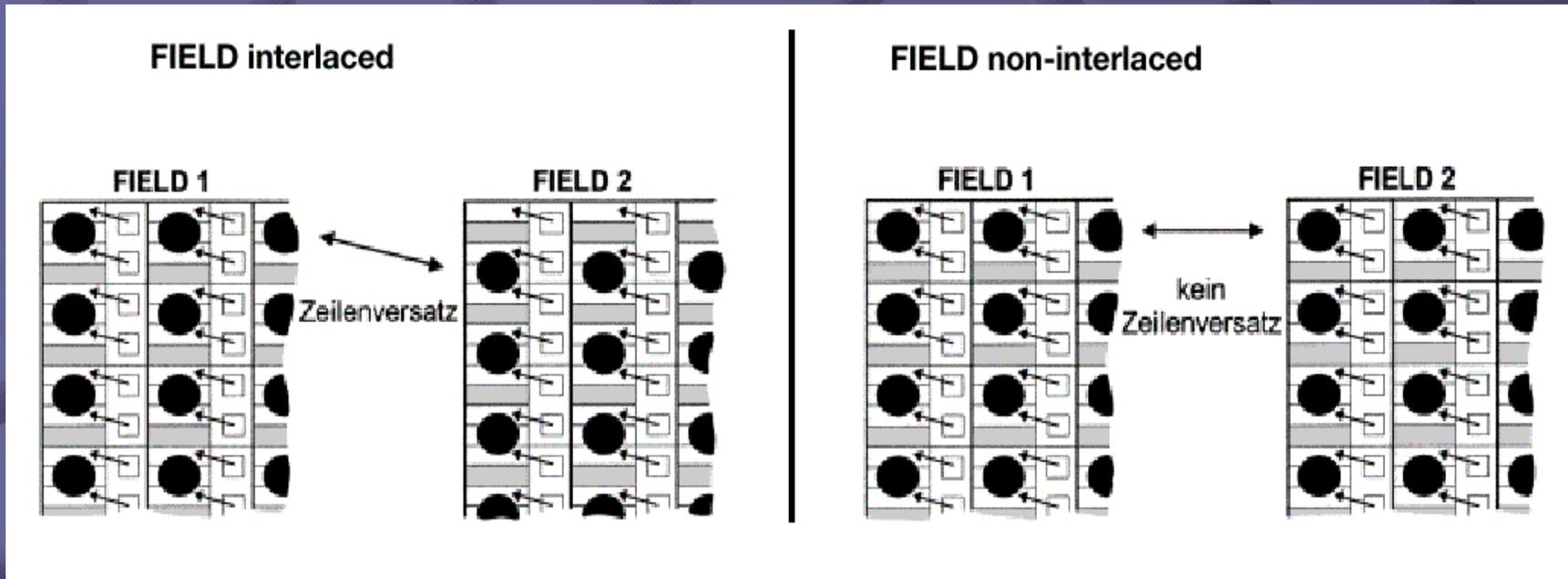
- Im obigen Beispiel wird das vierte Phasenelement gesperrt.
- Gesamtladung / Ladungspakete in den Ladungssenken.
 - Übernommen durch Impulse aus den lichtempfindlichen Sensorflächen.
- Wird über vertikale Schieberegister ausgelesen.
- Zwei Verbindungskanäle transportieren die Ladung:
 - Kanal A verbindet die ersten Phasenelemente.
 - Kanal B die dritten Phasenelemente jeder Grundeinheit.
 - Die Steuerung beider Kanäle ist unabhängig.

CCD

- Die Belichtung erfolgt gleichzeitig mit dem Auslesen aus den abgedunkelten Schieberegistern.
- In der CCIR-Norm ca. 290 Zeilen und wird kontinuierlich alle 20ms komplett ausgelesen.
- In der dunkel getasteten Phase wird das neu entstandene Bild von den Sensoren in die Schieberegister übernommen.
- Durch das Übernehmen werden die Sensoren gelöscht und eine neuer Belichtungszyklus beginnt.
- Je nach Ansteuerung der Übernahmekanäle ? Field-Integration (20ms B.z.) / Frame-Integration (40ms B.z.).

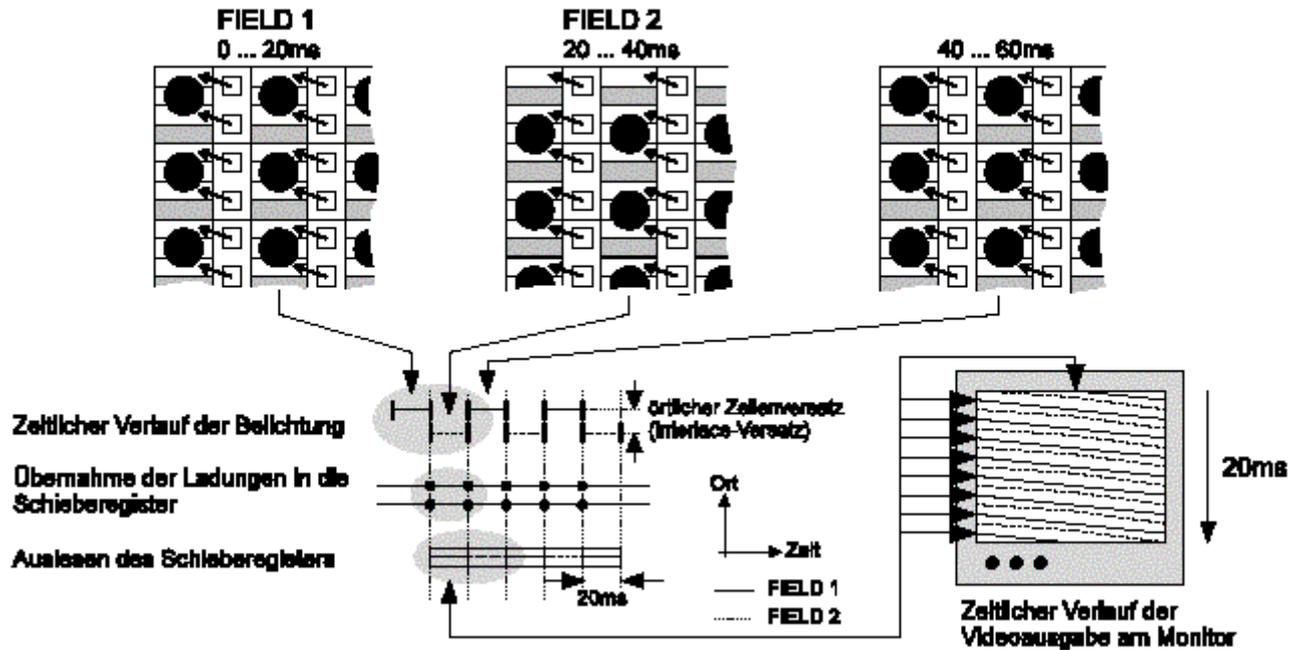
CCD

- Zusätzlich zur Steuerung über die Kanäle lassen sich auch die Ladungsbarrieren beim Übernehmen unterschiedlich vorbesetzen.



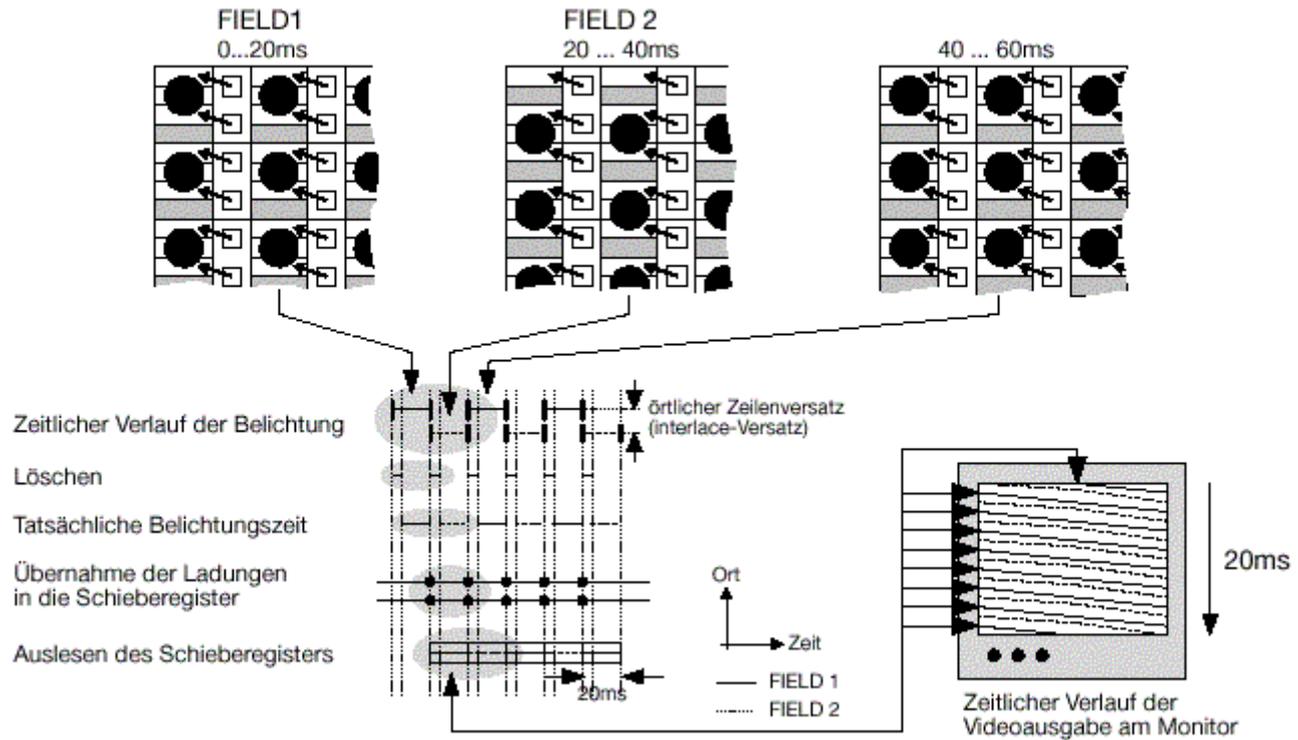
CCD

FIELD Integration INTERLACED



CCD

FIELD Integration INTERLACED mit elektronischem Shutter

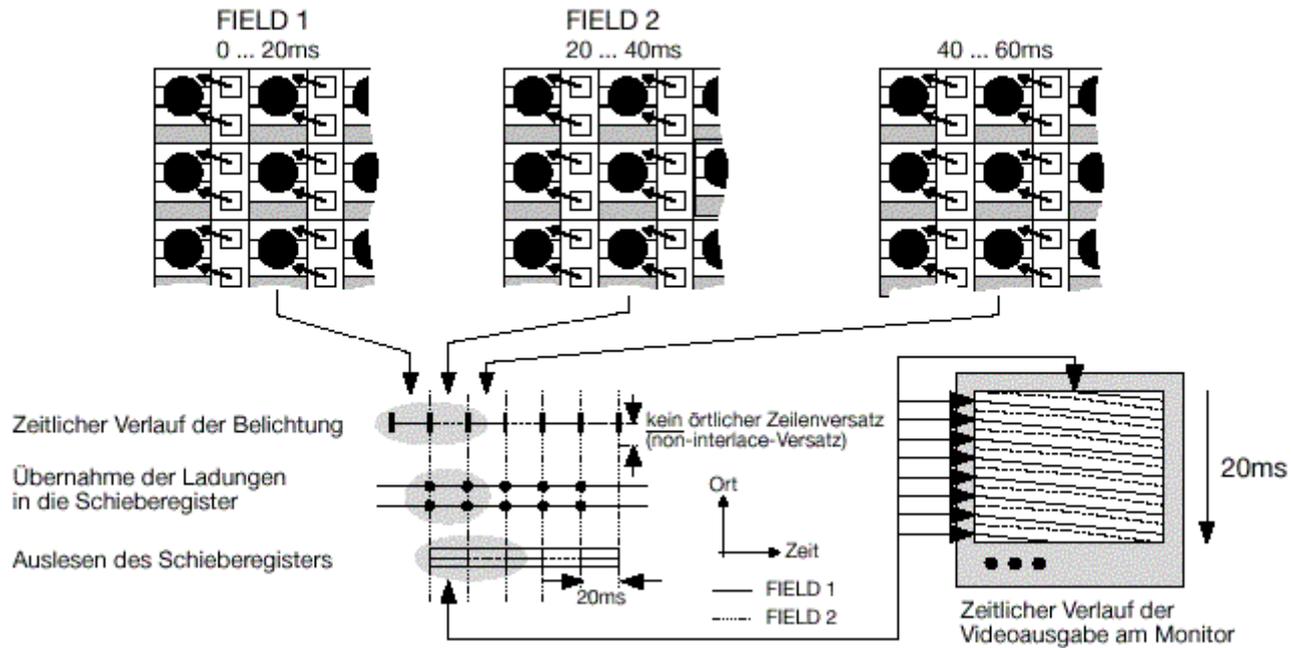


CCD

- Beim Interline-Transfer-Sensor gibt es die Möglichkeit alle lichtempfindlichen Sensoren auf einmal zu löschen.
- Dabei werden sämtliche Dioden in Flussrichtung geschaltet.
- Über ein Substrat können die entstandenen Ladungen als Strom abfließen.
- Durch das Löschen werden die Ladungen in den abgedunkelten Schieberegistern nicht beeinflusst.
- Ein Shutter-Betrieb in der Betriebsart Frame-Integration ist nicht möglich.

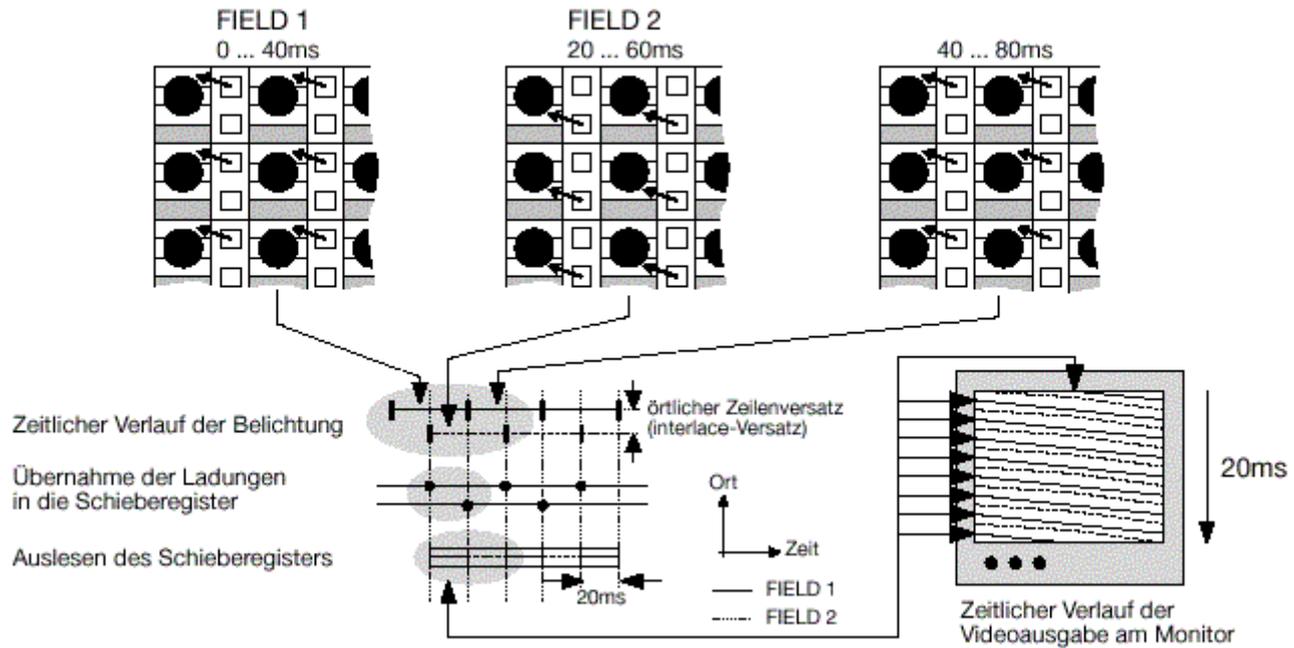
CCD

FIELD Integration NON-INTERLACED



CCD

FRAME Integration INTERLACED



CCD

● Zusammenfassung der Betriebsarten.

Betriebsart	Belichtungszeit pro Halbbilder	Zeitliche Folge der Belichtungen	Örtliche Position der Halbbilder
FIELD-Integration interlaced	20ms	nacheinander	versetzt
FIELD-Integration non-interlaced	20ms	nacheinander	gleich
FRAME-Integration interlaced	40ms	überlappend	versetzt