


## 2. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung

- 2.1 Grundlagen der Fototechnik
- 2.2 Einführung in die fotografische Bildgestaltung
- 2.3 Digitale Fotografie 
- 2.4 Scanner
- 2.5 Bearbeitung digitaler Bilder
- 2.6 Programmierung: Bildbearbeitung

### Literatur:

J. Gulbins, Grundkurs Digital Fotografieren, dpunkt 2004

J.+R. Scheibel, Fotos digital – Basiswissen, vfv 2000

<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/digitalimaging/index.html> (CCD)

<http://www.photo.net>

# Digitale und analoge Sensoren in der Fotografie

## Analoge Sensoren: Filmmaterial

veränderbar in Lichtempfindlichkeit und Auflösung (Korn)

Bildeinheiten im KB-Dia: mehr als 20 Mio., bis zu ca. 40 Mio.

Exzellente Farbwiedergabe

wird laufend weiterentwickelt: alte Kameras profitieren von neuem Filmmaterial

Spezialfilme für verschiedene Zwecke verfügbar

Nachteil: Zeitverzögerung durch Entwicklungsprozess

Vorteil: Nach wie vor ungeschlagene Bildqualität

## Digitale Sensoren: Lichtempfindlicher Halbleiter

Auflösung und maximale Lichtempfindlichkeit fest in die Kamera eingebaut

Auflösung (bei nicht übertriebenen Kosten) derzeit bei ca. 12 Mio. Bildeinheiten; mässige Farbwiedergabe

Vorteile: Sofortbild, kein Materialverbrauch, verlustfreier Übergang in digitale Nachbearbeitung

Nachteil: Relativ hohe Investitionskosten

# Geschichte der Digitalfotografie

Vorläufer: Videotechnik

Magnetaufzeichnung von Fernsehclips (MAZ)

Videorekorder für Haushalte ab 1964

1969 George Smith, Willard Boyle (Bell Labs):

*Charged Coupled Device (CCD)*

Bildsensor

1974: CCD mit 10 000 Pixel in Astro-Teleskop

1981: Sony Mavica (Diskettenspeicherung)

1988: Digitalkamera-Prototypen

mit 400.000 Pixel und Kartenspeicherung

1990 Kodak: Photo CD-Format

1995: Beginn des Consumer-Marktes

erste digitale SLRs

Apple QuickTake (VGA, d.h. 300.000 Pixel)

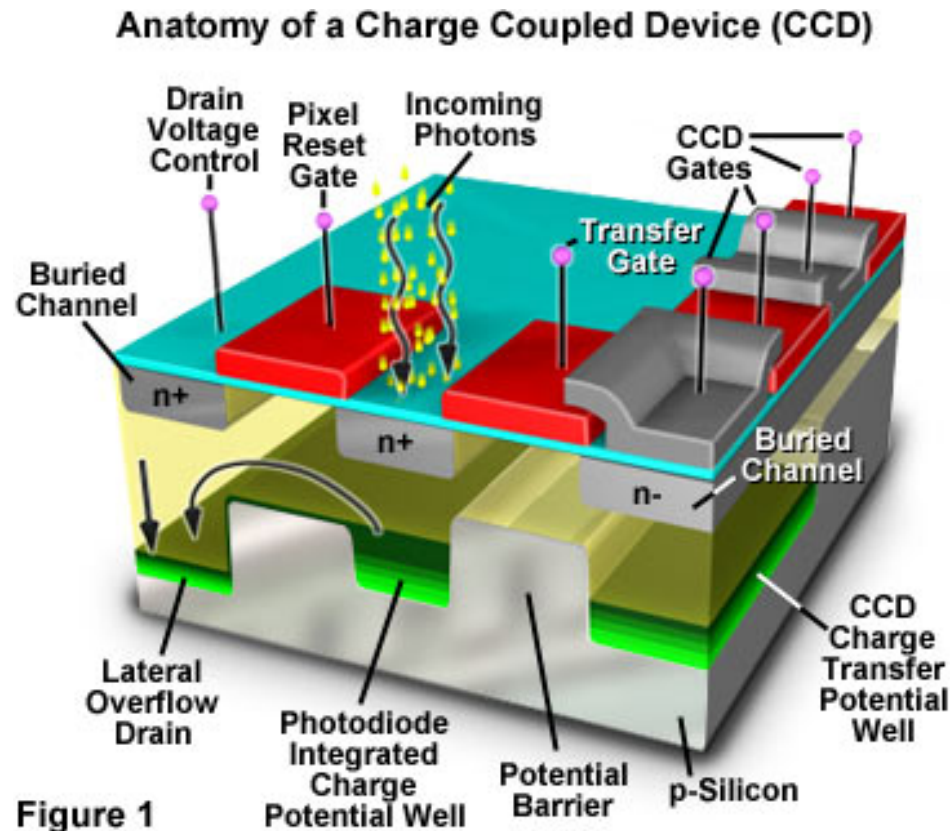
1998: Erste Kamera im Massenmarkt

mit mehr als 1 Mio. Pixel

<http://www.digicamhistory.com/>



# Charged Coupled Device (CCD)



Auftreffen von Licht (Photon) produziert freies Elektron und verbleibendes "Loch" (positive Ladung)

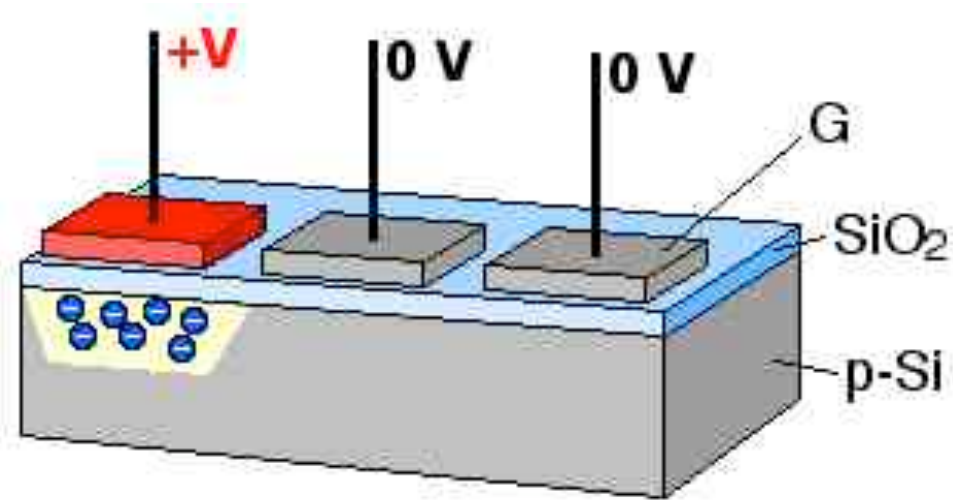
Elektronen werden gesammelt (*charge potential well*), Löcher im Substrat absorbiert

Potential-Barrieren verhindern das "Auslaufen" der Ladung in benachbarte Bereiche

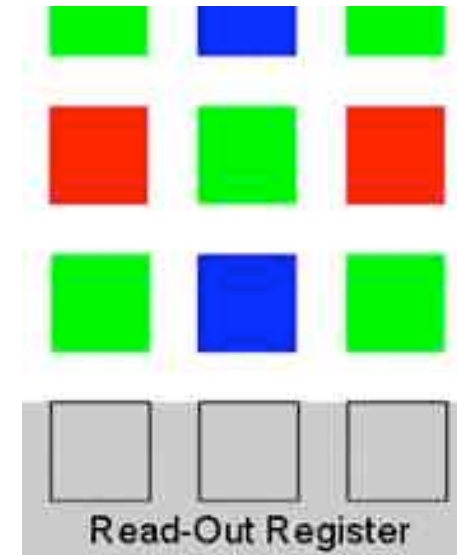
In einem komplexen Verschiebungsalgorithmus werden die Ladungen an Ausgabekontakte am Rande des Chips verschoben.

<http://micro.magnet.fsu.edu>

# Ladungs-Transfer



computerbase.de



imaging-resource.com

Analogie "Eimerkette" (bucket brigade)

# Binning

Hardware-Lösung zur Integration von je 4 Pixeln zu einem Wert: Basis z.B. für Verbesserung der Lichtempfindlichkeit (bei schlechterer Auflösung)

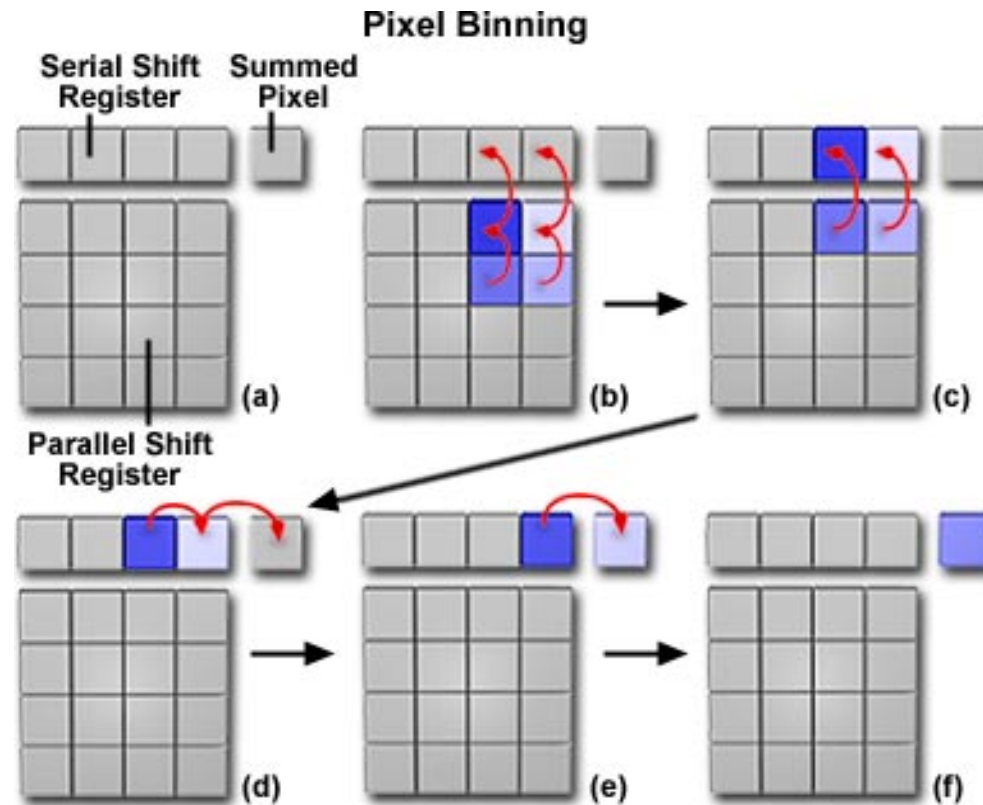


Figure 1

# Blooming

Bei zu großer zugeführter Lichtmenge kann die Ladung einer CCD-Zelle in benachbarte Zellen überfließen und zu "Ausblühungen" führen.

Abhilfe: Gezielte Abfuhr der Ladung (*overflow drain*)

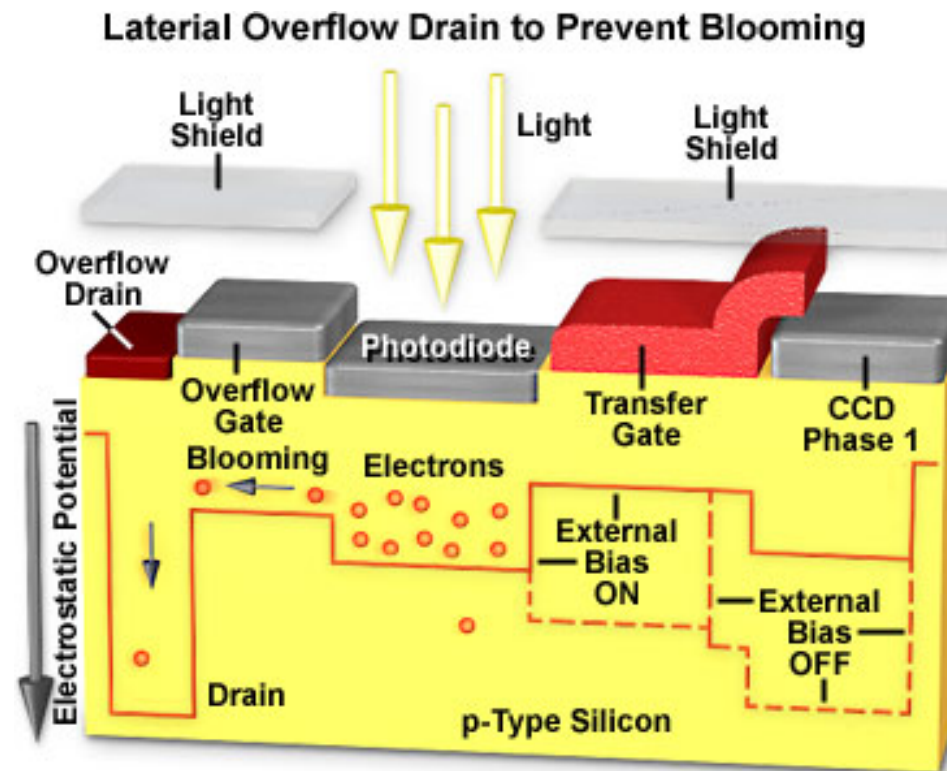


Figure 1

# Elektronischer Verschluss

Speziell konstruierte CCDs erlauben es, durch ein externes Signal alle Fotodioden gleichzeitig zu entladen und nach einer bestimmten Zeit den Ladungstransfer einzuleiten.

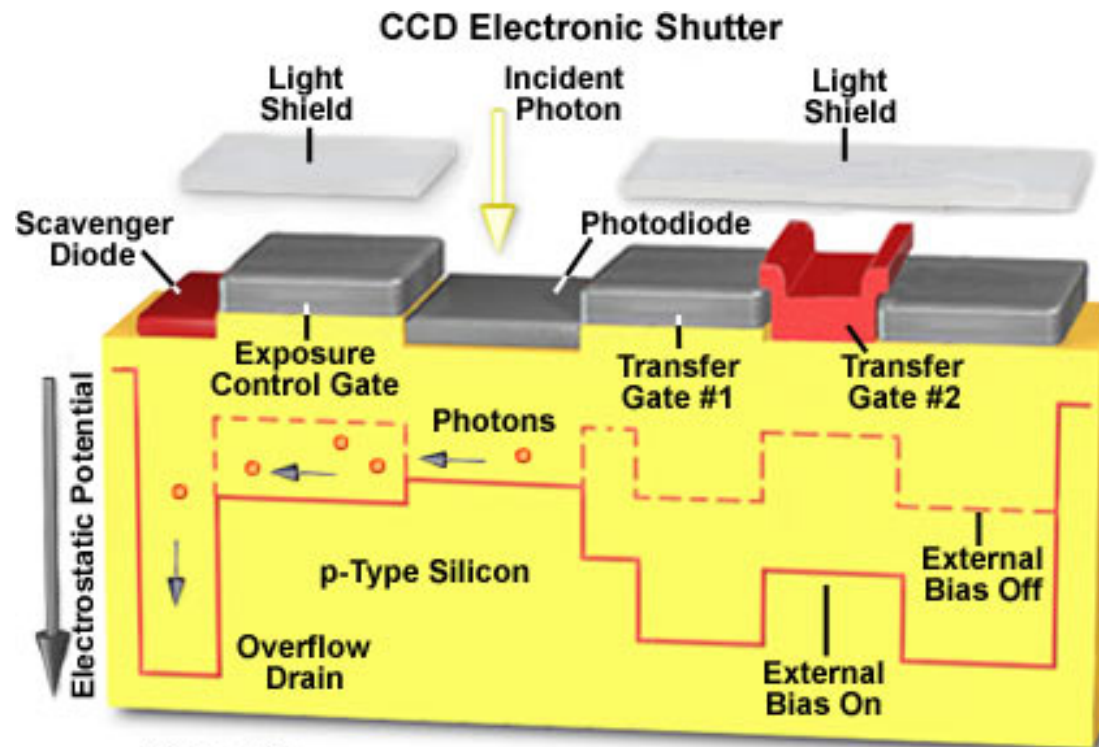


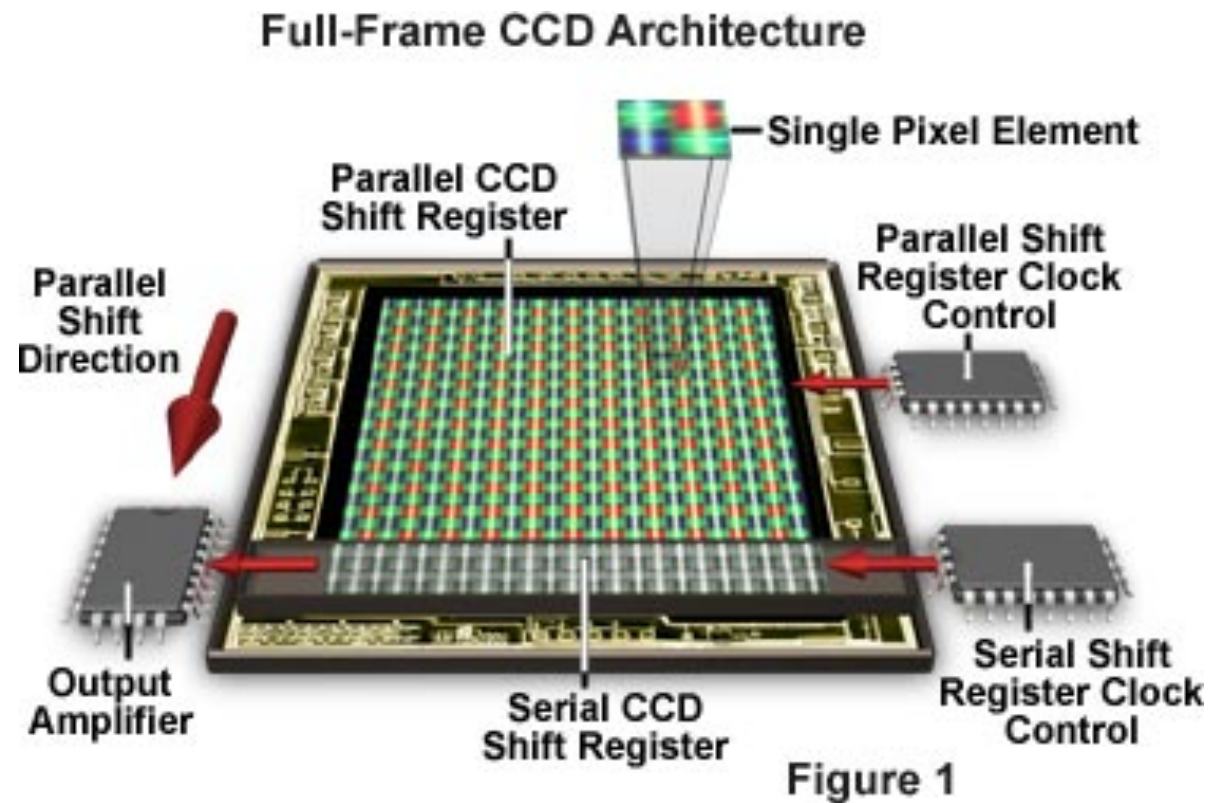
Figure 1



# Full-Frame CCD-Architektur

Einsatz in Kombination mit mechanischem Verschluss

Volle Sensorfläche wird für lichtempfindliche Zellen genutzt

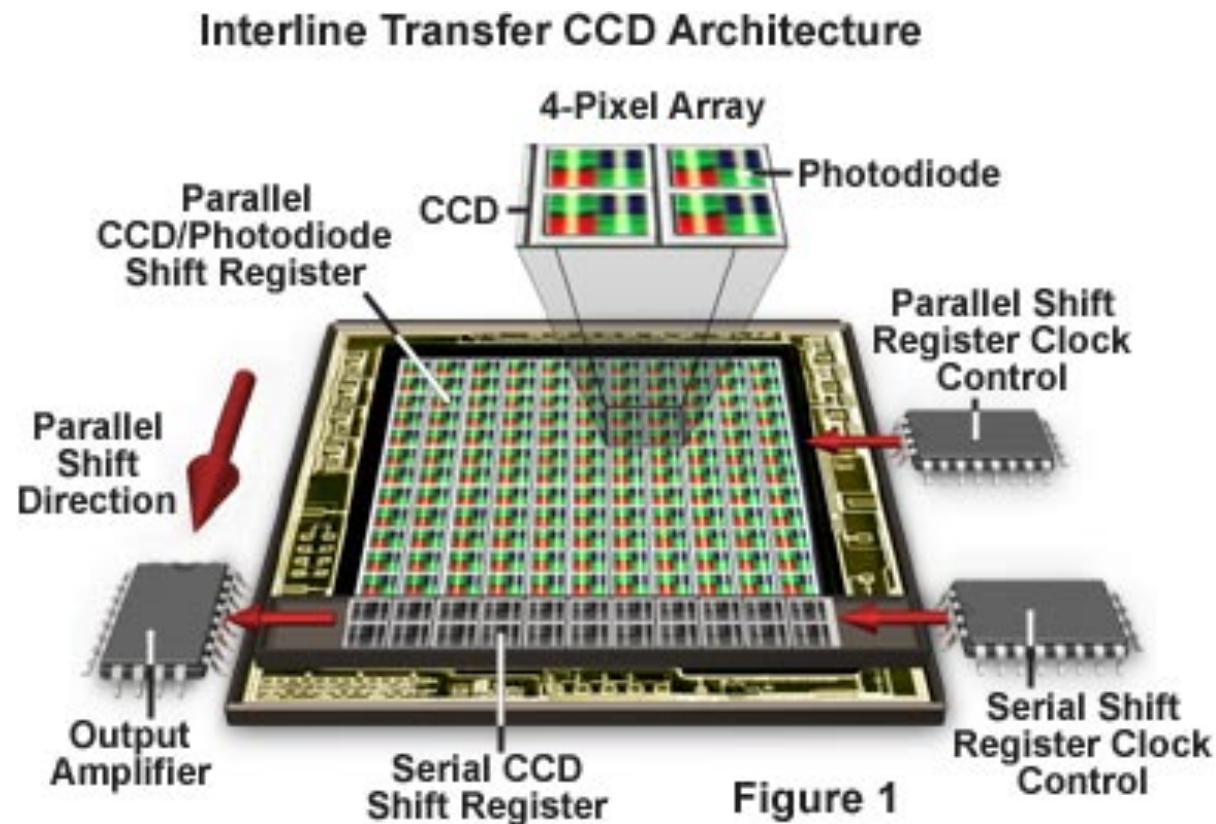


# Interline Transfer CCD-Architektur

Jede Zelle: lichtempfindlicher Anteil und speichernder Anteil

Nur Teil der Sensorfläche für Lichtaufnahme genutzt

Elektronische "Verschluss"-Steuerung



# Praktische Konsequenzen der CCD-Architektur

## Interline-Transfer-Architektur

erlaubt schnelle Bildfolgen

Kamera relativ einfach mit weiteren Funktionen auszustatten

z.B. Webcam-Funktion

z.B. Aufnahme kurzer Videoclips

## Full-Frame-Architektur

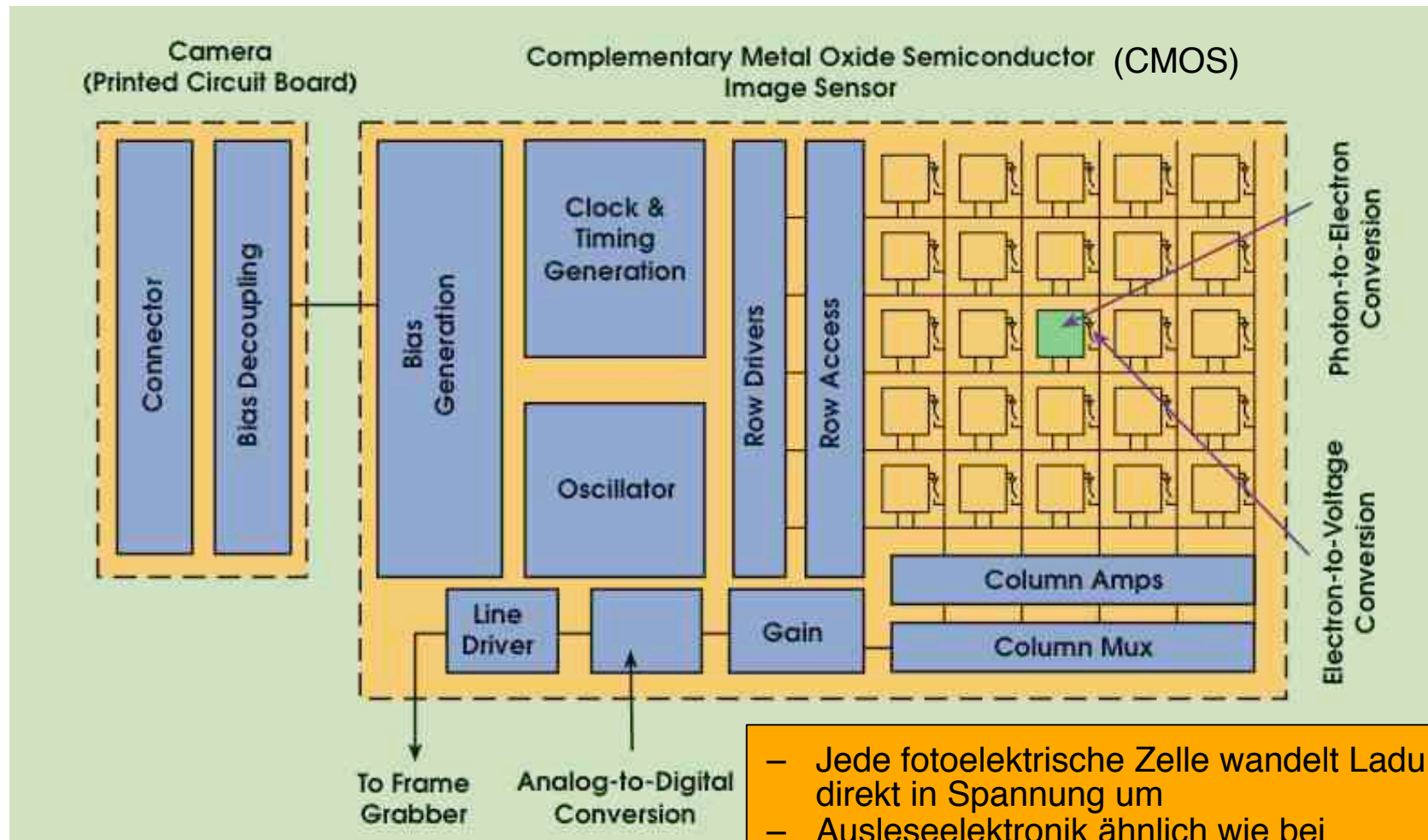
meist in hochwertigen Kameras

benötigt zusätzliche teure Mechanik

ermöglicht optimale Lichtstärke

verhindert Zusatzfunktionen wie z.B. Webcam-Einsatz

# CMOS-Bildsensoren



- Jede fotoelektrische Zelle wandelt Ladung direkt in Spannung um
- Ausleseelektronik ähnlich wie bei Speicherfeldern

www.dalsa.com  
Dave Litwiller

# CCD vs. CMOS

## CMOS:

Modernere Technologie für Bildsensoren

Fertigung prinzipiell günstiger, da Anschluss an Speicher-/Prozessor-Fertigungstechnologie

Vorteile: Schnell, praktisch kein "Blooming", Auslesen von Teilbildern möglich

Nachteile: Teil der Bildfläche für Elektronik belegt, Uneinheitlichkeit der ausgelesenen Information (Ladungsumwandlung in unabhängigen Schaltungen), elektronischer Verschluss benötigt zusätzliche Transistoren in der Bildfläche

Bisher vorwiegend in Billiggeräten und teuren Geräten (nicht in Mittelklasse)

## CCD:

Bewährt und ausgereift

Fertigung tendenziell teurer als bei CMOS

Vorteile: Einheitliche Signalqualität, präziser elektronischer Verschluss

Nachteile: Etwas langsamer, spezielle Massnahmen gegen Blooming nötig

Trend: Verwendung in Hochleistungssensoren (z.B. Medizin, Mikroskopie)

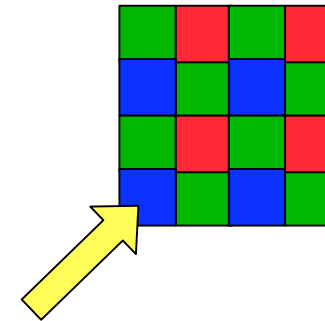
Aktuell im Markt für hochwertige Digital-SLRs: Trend zu CMOS

(z.B. Nikon D200: CCD, Nikon D300: CMOS)

# Wie kommt die Farbe ins Bild? (1)

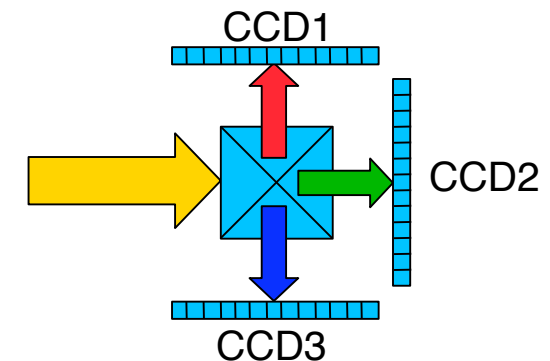
## Sensor-Mosaik:

- Mehrere Fotodioden je Pixel auf dem selben Chip
- Farbfilter für RGB
- Verschiedene Anordnungen (siehe folgende Folien!)



## Drei-Sensor-Technik:

- Drei Chips je für RGB
- Farbtrennung über Prismensystem
- Volle Auflösung für jedes Pixel



## Mehr-Aufnahmen-Technik:

- z.B. drei Aufnahmen nacheinander mit verschiedenen Farbfiltern
- Volle Auflösung für jedes Pixel
- Nur bei Standbildern möglich

# Anordnung der Farbfilter

6 x 6 = 36 Graupixel

→ wie viele Farbpixel?

Naiver Ansatz („Mosaik-Filter“):

Je 4 Pixel bilden eine Gruppe

→ 9 x 3 = 27 Farbpixel

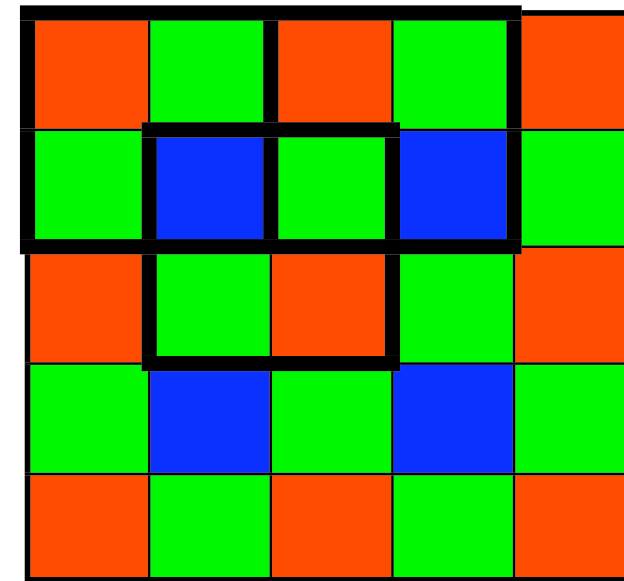
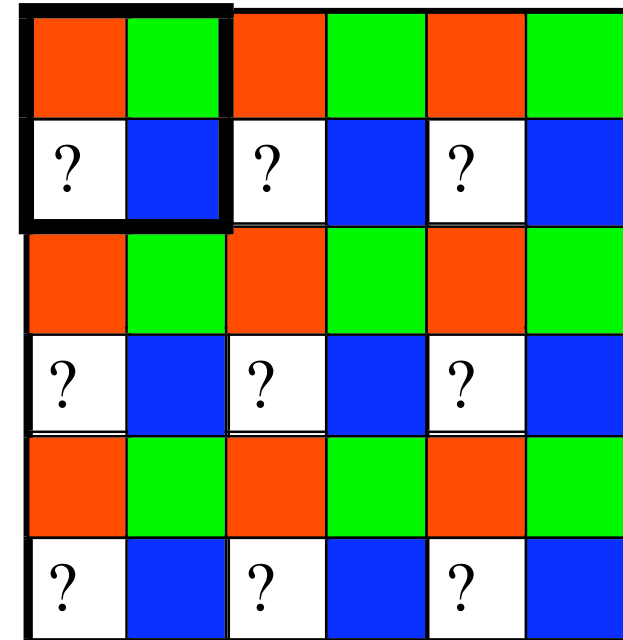
9 ungenutzte Pixel?

„Bayer-Pattern“

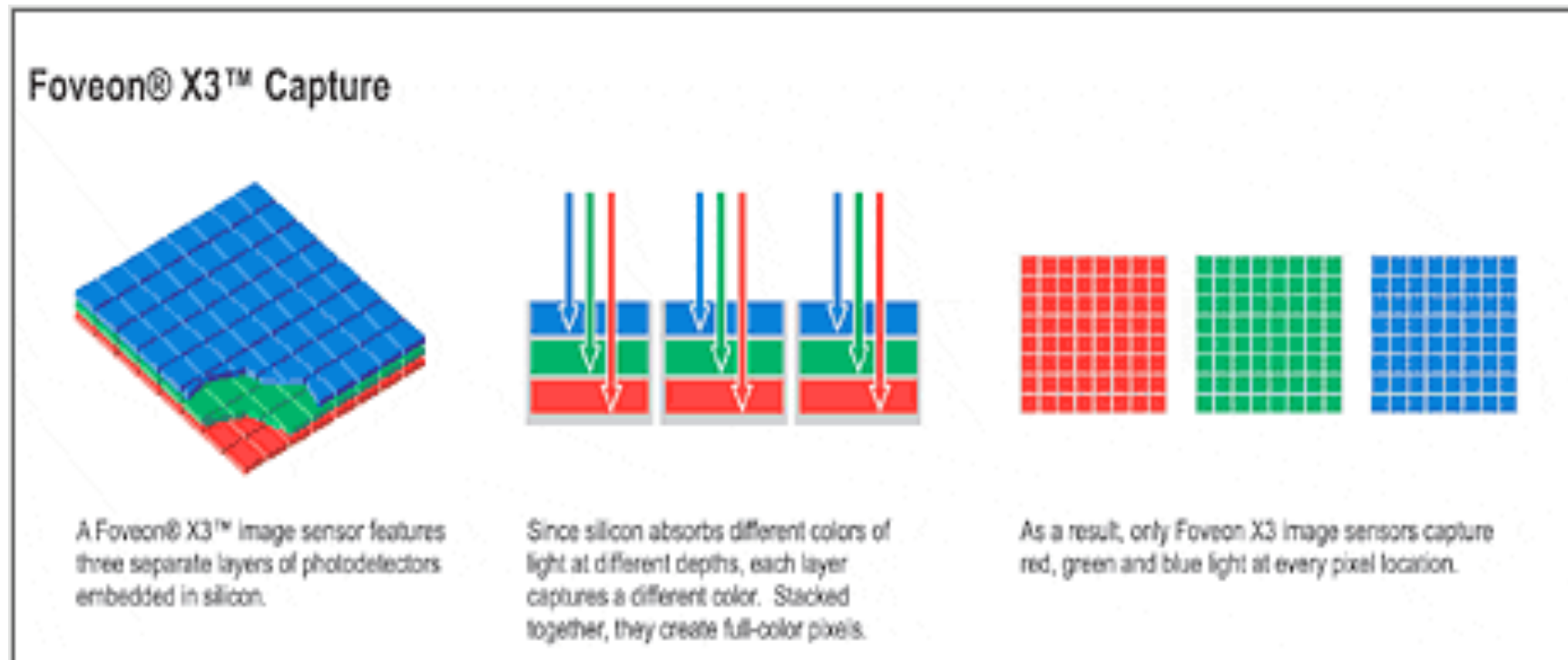
Jede quadratische 4er-Gruppe enthält alle Grundfarben

→ 5 x 5 = 25 Farbpixel

Allgemein:  $n-1 * n-1$



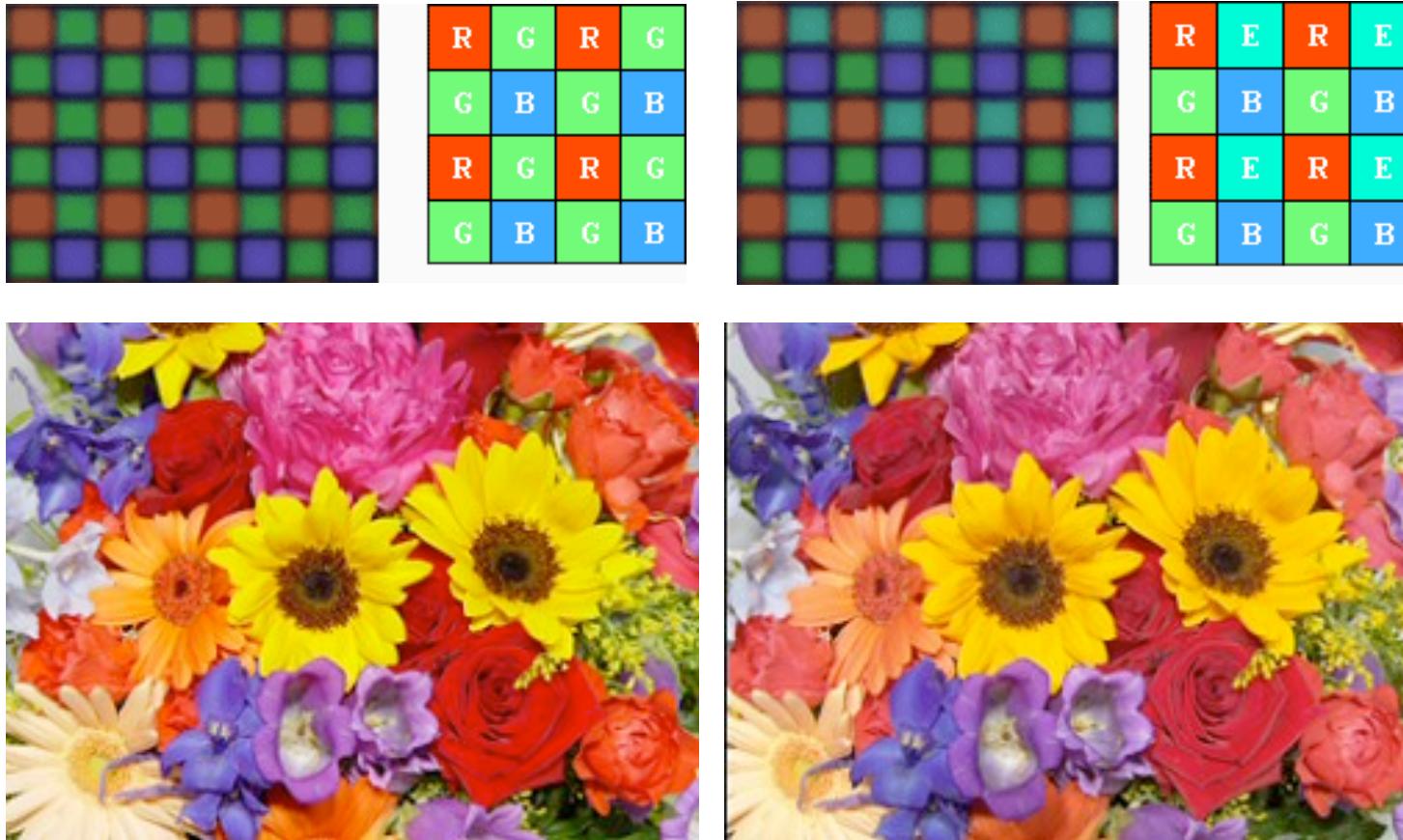
# Bildsensor: Foveon (Sigma)



Bildquelle: <http://www.dpreview.com/>

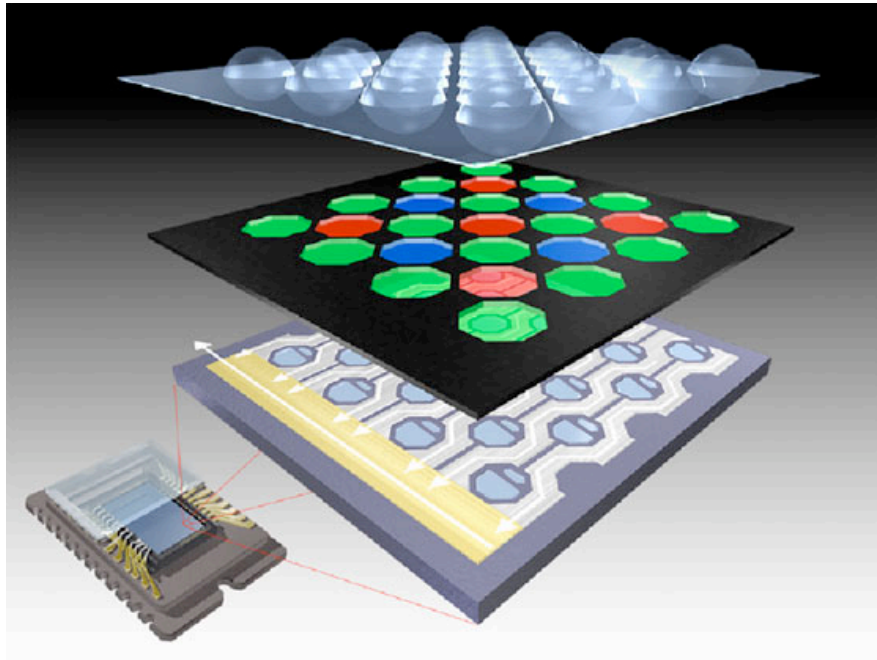


# Bildsensor: RGB+E (Sony)



E = „Emerald“, ähnlich Cyan

# Bildsensor: Super CCD (Fuji)



Wabenförmige Anordnung  
Höhere Dichte der Subpixel  
2 Sensoren je Subpixel mit  
unterschiedlicher  
Empfindlichkeit  
→ höherer Dynamikumfang

# Sensormgröße

Kleinbildaufnahmeformat: 24 x 36 mm

Sensormgrößen in Digitalkameras:

„Vollformat“: 24 x 36 mm („Full Frame“, „FX“)

Nur in wenigen sehr teuren Kameras (Nikon D3, D700, Canon 1Ds, 5D)

„1,6-Format“: 15 x 23 mm („APS-C“, „DX“)

Faktor 1,6 zum Kleinbildformat

Gängig für digitale SLR (z.B. Nikon D90, D300, Canon 50D)

Weitere Sensormgrößen in Kompaktkameras (Zollangaben: nicht echte Bilddiagonale!)

Beispiele:

Canon Powershot G10: 1:1,7“ = 9,5 x 7,6 mm

Panasonic DMC-FX550: 1:2,33“ = 6,13 x 4,6 mm

Die gleiche Pixelanzahl kann in verschiedenen Sensormgrößen realisiert werden.

Größerer Sensor ist lichtstärker und "rauschärmer"

Kleinere Sensoren:

Kurzbrennweitige Objektive (leichter, kleiner, preisgünstiger)

Geringere Schärfentieffen-Effekte (weniger Gestaltungsmöglichkeiten)

# Sensormößen Übersicht



Medium format (Kodak KAF 3900 sensor)  
50.7 × 39 mm  
1977 mm<sup>2</sup>



35 mm "full frame"  
36 × 24 mm  
864 mm<sup>2</sup>



APS-H (Canon)  
28.7 × 19 mm  
548 mm<sup>2</sup>



APS-C (Nikon)  
~23.6 × 15.7 mm  
~370 mm<sup>2</sup>



APS-C (Canon)  
22.2 × 14.8 mm  
329 mm<sup>2</sup>



Foveon (Sigma)  
20.7 × 13.8 mm  
286 mm<sup>2</sup>



Four Thirds System  
17.3 × 13 mm  
225 mm<sup>2</sup>



1/1.7"  
7.6 × 5.7 mm  
43 mm<sup>2</sup>



1/1.8"  
7.18 × 5.32 mm  
38 mm<sup>2</sup>



1/2.5"  
5.76 × 4.29 mm  
25 mm<sup>2</sup>

Quelle: Wikipedia

# Höhen-/Seitenverhältnis

## Traditionelles Fernsehformat: 4:3

- Verwendet bei Computermonitoren, Videokameras
- (Achtung: Hier zuerst Breite, dann Höhe)
- Beispielauflösung:  
2048 x 1536 Pixel (3.145.728 Pixel)
- Weit verbreitet bei Digitalkameras

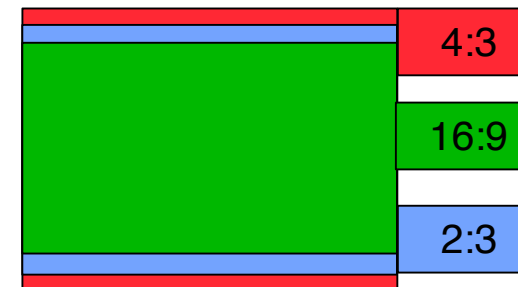
## Fotoformat: 2:3

- Klassisches Kleinbildformat (24 x 36)
- (Achtung: Hier zuerst Höhe, dann Breite)
- Papierformate sind auf 2:3 abgestimmt  
(10 x 15, 9 x 13 etc.)
- Digitale SLRs unterstützen das 2:3-Format

## Breitbildformat: 16:9

- Im analogen APS-Format unterstützt
- Im Digitalkamerabereich zunehmend

Viele Kameras ermöglichen Wahl des Bildverhältnisses



# Format-Anpassungen

Digitalfotos können beliebige Höhen-Seiten-Verhältnisse haben

Manuelle  
Ausschnittbestimmung

Großlabore bieten meist Optionen:

Abweichung vom  
Standardformat (andere  
Breite)

Beschneiden

Ränder

Kodakgallery.de:



## Ihr Originalbild

Wenn die Größe Ihres Originalbilds von der rechteckigen Größe des Fotoabzugs abweicht, erhalten Sie möglicherweise nicht immer das gewünschte Ergebnis.



## Automatisch Zuschneiden - EIN

Die Standardoption "Automatisch Zuschneiden" passt automatisch Ihr Bild so an, dass der gesamte Abzug ausgefüllt ist. Diese Option führt zur stärksten Vergrößerung der Fotomitte; es werden jedoch möglicherweise die äußeren Kanten abgeschnitten.



## Automatisch Zuschneiden - AUS

Wenn Sie das automatische Zuschneiden deaktivieren, wird Ihr gesamtes digitales Bild gedruckt. Der zusätzliche Platz auf dem Abzug wird durch einen weißen Rahmen gefüllt.

Fotopoint.de:

\*) Wenn Ihre Bilder nicht im Verhältnis 2:3 vorliegen, kann es vorkommen, dass die Bilder nicht die volle Länge erreichen.

# Auflösung (Pixelzahl)

Typische Zahlen im Jahr 2009:

Marktgängige Digitalkameras zwischen 10 Mio. und 24 Mio. Pixel

Preisgünstige "Consumer"-Kameras bei 12 Mio. Pixel

Semiprofessionelle Kameras (z.B. Canon EOS 50D) ca. 15 Mio. Pixel

Oktober 2005: Kodak-Sensor mit fast 40 Mio. Pixel verfügbar

Benötigte Auflösung (Pixelzahl) abhängig von geplanter Verwendung:

Richtwerte für Auflösung  $r$  in points per inch (ppi):

Monitor 72 ppi, Tintenstrahldrucker 200 dpi, Offsetdruck 225 dpi, Belichtung auf Fotopapier 300 dpi

Berechnung der benötigten Auflösung pro  $\text{cm}^2$ :

$$\text{Pixelzahl} = (r / 2,54)^2$$

Beispiel: Fotopapier (300 dpi) benötigt ca. 14.000 Pixel/ $\text{cm}^2$

Beispiele:

9 x 13 cm Papierbild benötigt ca. 1,6 Mio. Pixel

18 x 24 cm Papierbild benötigt ca. 6 Mio. Pixel

30 x 40 cm Papierbild benötigt ca. 16 Mio. Pixel

30 x 40 cm Monitorausgabe benötigt ca. 1 Mio. Pixel

# Speicherbedarf für Bilder

Typische Bildtiefe: 1 Byte pro Farbe, d.h. 24 Bit/Pixel

6 Mio. Pixel Bildgrösse: 18 MByte Rohdaten pro Bild

Bildformate:

TIFF: verlustfrei, portabel, gross

Proprietäres Format der Kamera ("RAW" bei Canon, "NEF" bei Nikon)  
mit verlustfreier (schwacher) Kompression (ca. 6:1)

Besonders geeignet für Nachbearbeitung (z.B. bezüglich Weißabgleich)

JPEG: verlustbehaftet, portabel, klein

Digitalkameras bieten meist  
Wahlmöglichkeiten an:

Bildgröße

Auflösung

Wahl je nach Verwendungszweck

Beispiel:  
Original 2,1 Mio. Pixel  
Dateigrösse JPEG 640 kB





# Speichermedien für digitale Bilder

## Speichermedien für Digitalkameras:

- Eingebauter (Flash-)Speicher

  - Übertragung zu Computer/ ext. Speicher

  - USB- oder FireWire-Schnittstellen

- Wechselmedien auf Flashspeicher-Basis

  - Siehe nächste Folie

- Magnetische Disketten (veraltet)

- CD-R und CD-RW (Sony)

  - DVD-R, z.B. im kleinen 8cm-Format

## Picture Tanks:

- Externe Geräte bestehend aus Festplatte, Speicherkarten-Leser und Schnittstellen

  - Gelegentlich mit kleinem Display

## Card Reader/Writer

- Preiswerte Peripheriegeräte für Computersysteme (z.B. via USB)

  - Erlauben Auslesen/Beschreiben von Flash-Speicherkarten

# Typen von Flash-Speicherkarten

Compact Flash (CF) - derzeit bis zu 32 GB

Typ I: dünner (43 x 36 x 3,3 mm)

Typ II: dicker (5 mm), auch Mikro-Festplatte ("MicroDrive")

Controller in Karte integriert (Kompatibilität mit alten Kameras)



SmartMedia (SSFDC):

superdünn (0,8 mm), bis 128 MB

Frühes, jetzt aber auslaufendes Format

xD Picture Card (Olympus, Fuji)

Möglicher Nachfolger von SmartMedia für Consumer-Geräte, bis 8 GB

SD Card/ MM Card:

klein (32 x 24 x 2,1 mm), derzeit bis zu 32 GB

Controller in Karte integriert

SDHC = High Capacity Version

Versionen mit Rechtemanagement (meist unwichtig für Fotografie)



MemoryStick/Memory Stick Pro (Sony):

klein (50 x 21,5 x 2,8 mm), proprietär

Halbformat: "MemoryStick Duo"



# EXIF

EXIF = Exchangeable Image File Format

Ablage der meisten zum Aufnahmezeitpunkt vorliegenden Daten in der Bilddatei

Achtung: Daten verschwinden meist bei weiterer Konversion/Bearbeitung des Bilds!



Manchmal APEX-Werte (additiv):

Blendenwerte: APEX 0 = f, APEX 1 = f/1,4, APEX 4 = f/4, ...

Zeitwerte: APEX 0 = 1s, APEX 1 = 1/2s, APEX 9 = 1/500s, ...

<b>Aufgenommen:</b>	28.06.2008 11:49:38
<b>Digitalisiert:</b>	28.06.2008 11:49:38
<b>↓ Datei</b>	
<b>Name:</b>	DSC_0075.JPG
<b>Größe:</b>	2,5 MB
<b>Geändert:</b>	28.06.2008 12:49:38
<b>Importiert:</b>	28.06.2008 22:55:05
<b>↓ Kamera</b>	
<b>Hersteller:</b>	NIKON CORPORATION
<b>Modell:</b>	NIKON D70
<b>Software:</b>	Ver.1.03
<b>↓ Belichtung</b>	
<b>Verschlusszeit:</b>	1/320
<b>Blende:</b>	f/9,0
<b>Max. Blende:</b>	f/4,4
<b>Belichtungskorrektur:</b>	0,00
<b>Belichtung:</b>	Nicht definiert
<b>Belichtungsindex:</b>	—
<b>Brennweite:</b>	46 mm
<b>Entfernung:</b>	—
<b>Abtastung:</b>	Ein Farb-CCD
<b>Lichtquelle:</b>	Unbekannt
<b>Blitz:</b>	Aus
<b>Messung:</b>	Mehrfeld
<b>Helligkeit:</b>	—
<b>ISO-Einstellung:</b>	800
<b>GPS-Breitengrad:</b>	—
<b>GPS-Längengrad:</b>	—
<b>GPS-Höhe:</b>	—

# DCF-Dateistruktur

DCF = Design Rule for Camera File System

- JEITA Standard
- Dateinamen und Ordernamen auf den Speichermedien für Kameras

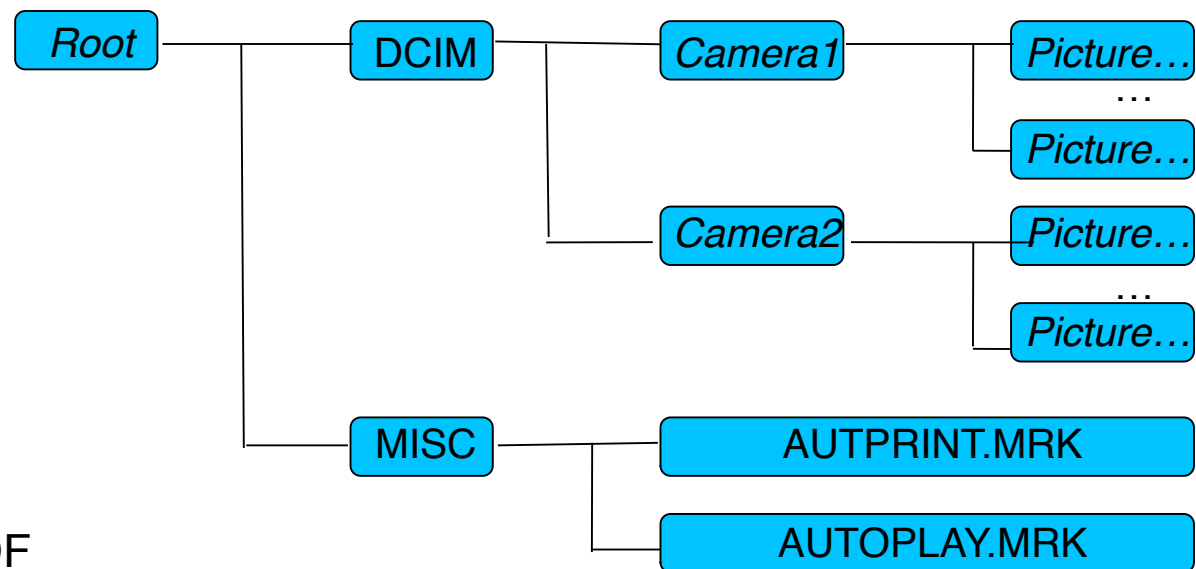
Kameraordner: NNNAAAAA

- *NNN* Ziffern (verschieden innerhalb DCIM), Rest frei

Bilddateien: AAAANNNN

- *AAAA* Großbuchstaben (frei), *NNNN* Laufende Nummer

Ordnerstruktur:



<http://www.exif.org/dcf.PDF>

# DPOF

Datenformat zur Ergänzung der Bilddaten um Auftragsdaten für Bearbeitungsaufträge


DPOF = Digital Print Order Format

Vorwiegend für den Endverbraucher-Markt

Ermöglicht es, an der Kamera bzw. in einem Bildbearbeitungsprogramm festzulegen:

- Bildnummer, Option für Index-Print ("Kontaktabzug"), Anzahl der gewünschten Abzüge/Prints, Formate der Abzüge, Adressdaten
- Integriert mit DCF-Dateistruktur (MISC-Ordner)

## 2. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung

- 2.1 Grundlagen der Fototechnik
- 2.2 Einführung in die fotografische Bildgestaltung
- 2.3 Digitale Fotografie
- 2.4 Scanner 
- 2.5 Bearbeitung digitaler Bilder
- 2.6 Programmierung: Bildbearbeitung

# Zeilen- und Flächensensoren

## Scannerkamera:

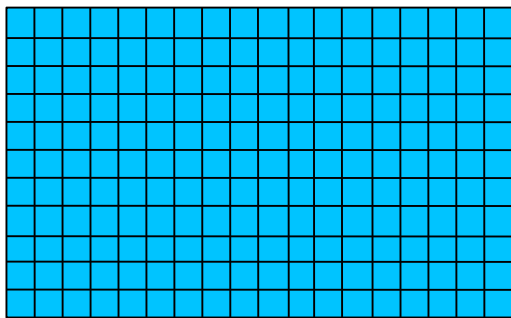
Enthält nur eine Zeile von Bildsensoren

Fährt Bild sequentiell ab

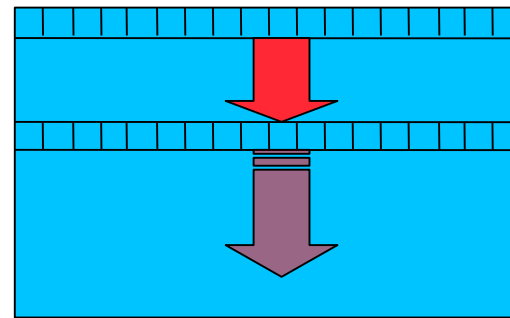
Nur für Spezialzwecke (unbewegliche Motive)

Kostensparnis bzw. Möglichkeit für Höchstleistungssensoren

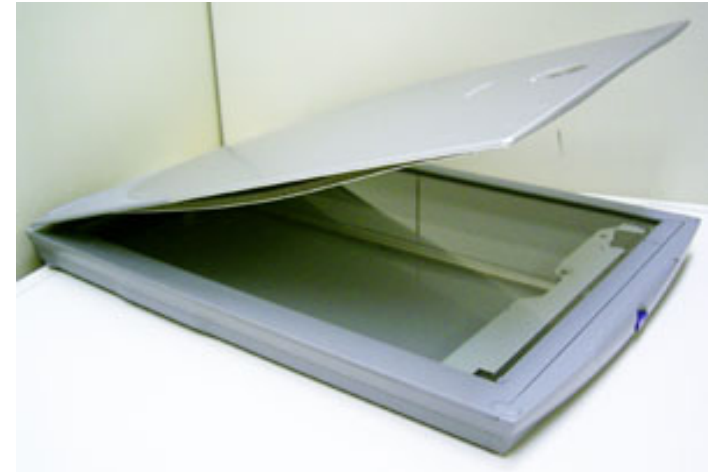
Flächensensor



Zeilensensor



# (2D-)Scanner



## Bautypen:

Flachbettscanner

Filmscanner

Trommelscanner

(unüblich geworden): Handscanner

## Prinzip:

Vorlage wird durch Schlitten abgefahren, stark beleuchtet und (reflektiertes oder transparentes) Bild mit CCD erfasst

Physikalische Auflösung: derzeit bei 2400 x 1200 dpi

Höhere (vorgetäuschte) Auflösungen durch Interpolation

Farbtiefe typischerweise 24 – 42 Bit


Techniken zur Verbesserung der Auflösung:

z.B. um 1/2 Pixel versetzte CCD-Zeilen (Epson)

z.B. zwei Scanvorgänge, zweiter mit leicht gedrehter Glasplatte (Canon "Varos"-System)



## 2. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung

- 2.1 Grundlagen der Fototechnik
- 2.2 Einführung in die fotografische Bildgestaltung
- 2.3 Digitale Fotografie
- 2.4 Scanner
- 2.5 Bearbeitung digitaler Bilder 
- 2.6 Programmierung: Bildbearbeitung

Literatur:

B. + U. Steinmüller, Die digitale Dunkelkammer, dpunkt 2004  
<http://www.outbackphoto.com>

# Die klassische Dunkelkammer

“Dunkelkammer” (*darkroom*):

Dunkel bis auf Speziallicht (meist rot)

Vom belichteten Film zum Papierabzug:

Entwickeln des Films: liefert Negativ (Original)

“Vergrößern”:

Projizieren auf lichtempfindliches Papier

Belichten mit genau definierter Belichtungszeit

Entwickeln, fixieren, trocknen des Papierabzugs

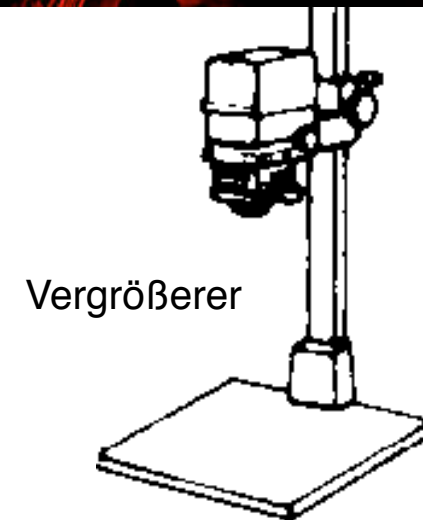
Vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten:

Ausschnittwahl

Filter (Farbkorrekturen, Effekte)

Belichtung

Selektive Belichtung durch Abdecken von Partien (z.B. Aufhellen)



# Die digitale Dunkelkammer

“Negativ” = Abtastergebnis des Kamerasensors

Bei (semi-)professioneller Arbeit meist im Rohformat (“RAW”)

Weiterbearbeitung mit Software

Ausschnittwahl

Filter (Farbkorrekturen, Effekte)

Aufhellen, abdunkeln

Schärfe verbessern, weichzeichnen

Fehler der Aufnahmegерäte korrigieren

Weißabgleich

...

Erstellen des Papierbilds

Ausdruck bzw. Belichten auf Spezialpapier

Zweck der digitalen Bildbearbeitung:

Optimierung des Bilds für subjektive Wirkung

Als Spezialfall: Schaffung neuer Bilder

# Software-Werkzeuge

## Bildbearbeitungs-Software

Adobe Photoshop (hier verwendete Version: 7.0)

The Gimp (Open Source)

## Raw-Konverter (für professionelles Arbeiten)

Adobe Camera Raw (Photoshop Plugin)

Bemühung um standardisiertes Raw-Format (DNG Digital Negative)

Proprietäre Software von Kamera-Herstellern

Z.B. Nikon Capture, Canon Digital Photo Professional, ...

open source: dcrw

## Integrierte Nachbearbeitungs-Arbeitsplätze (digitale Dunkelkammer)

Apple Aperture, Adobe Photoshop Lightroom, Capture One, Bibble, ...?

## Bild-Browser, Bild-Datenbanken

## Utilities

Z.B. zum systematischen Benennen von Bilddateien

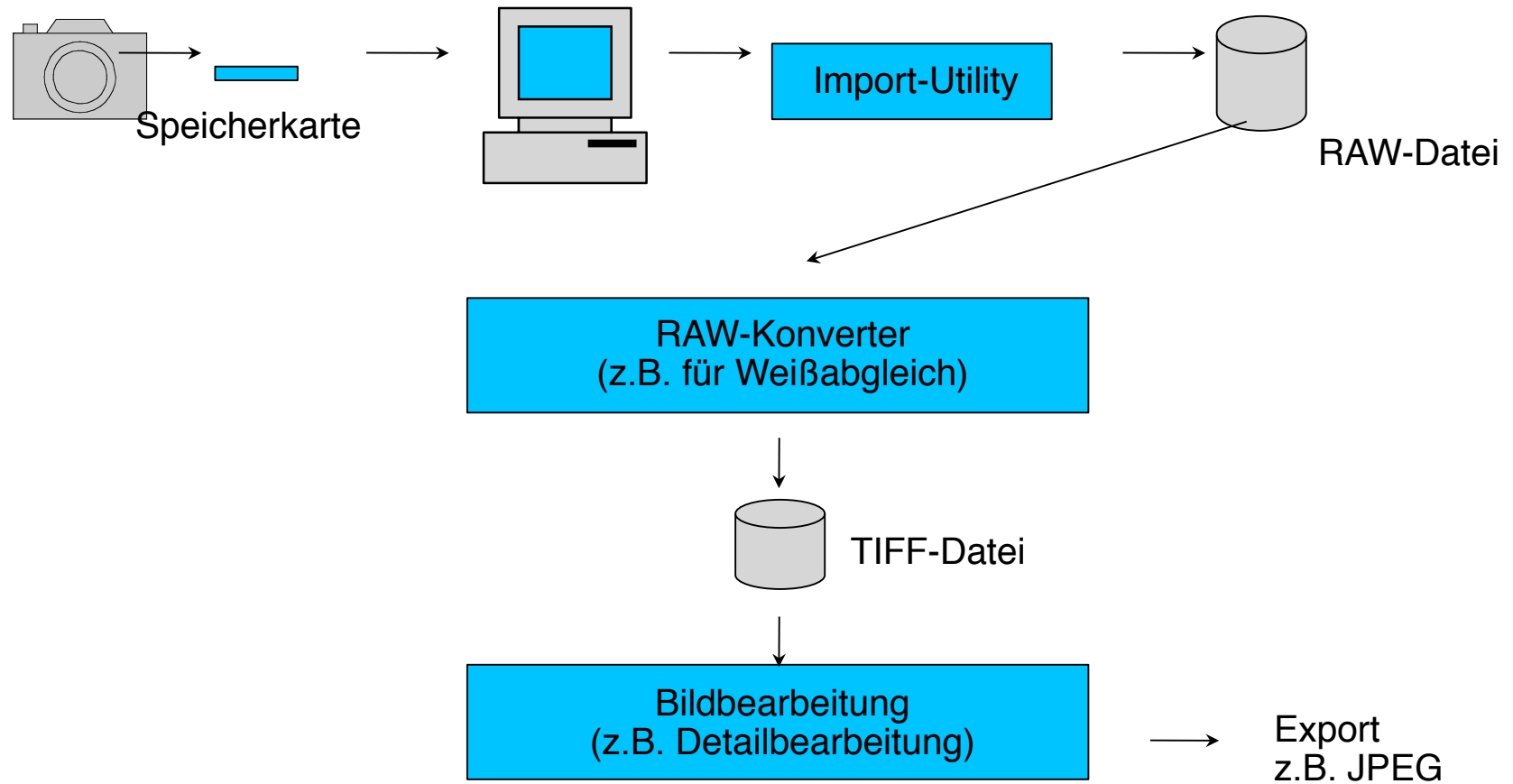
## Integrierte Anwendungen

Z.B. Apple iPhoto

# Grundlegender Arbeitsablauf der Bildbearbeitung



# Konkretes Beispiel: Ablauf in der Praxis



# JPEG oder RAW als Aufnahmeformat?

## Vorteile von RAW:

- Kein Informationsverlust gegenüber der Aufnahmesituation
- Optimale Basis für Nachbearbeitung
- 16 Bit Farbtiefe unterstützt

## Nachteile von RAW:

- Sehr groß
- Nur in teuren Kameras unterstützt
- Nachbearbeitung ist zeitaufwändig

## Vorteile von JPEG:

- Kompakte Dateien
- Direkt für Papierbilder, Präsentation nutzbar
- Automatische Tonwertkorrektur, Weißabgleich etc.

## Nachteile von JPEG:

- Verluste, Artefakte
- Meist nur 8 Bit Farbtiefe

# Color-Management (CM)

Problem: Jedes Gerät hat unterschiedliche Randbedingungen der Farbdarstellung

Gerätespezifisches Farbspektrum: Farbraum oder Farb-*Gamut*

ICC (International Color Consortium): *Profil*-Beschreibungssprache

ICC-Profile für Geräte vom Hersteller verfügbar

Farbkalibrierung von Monitoren:

Einfache Softwarekalibrierung (Benutzerdialog)

Hardwarekalibrierung mit Messgerät

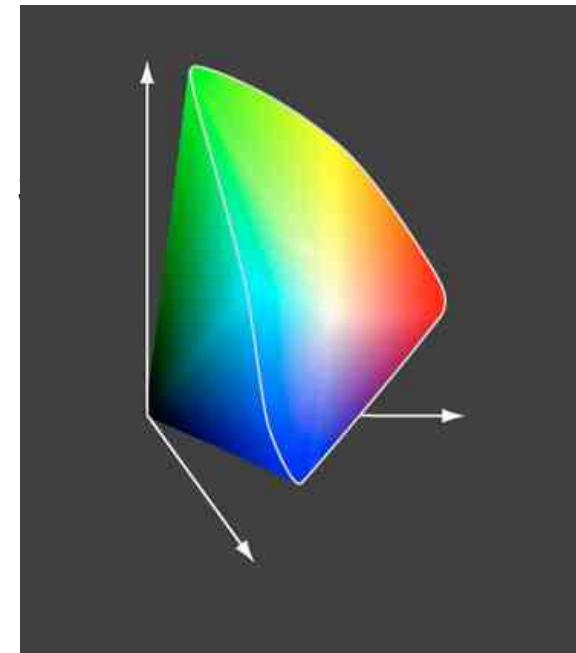
Liefert individuelle Geräteprofile

Austauschbarkeit von Farbdateien über

Definiert von ICC

Farbwerte immer relativ zum

Farbraum + Farbprofil liefert  
für Monitor)





# Verbreitete Standard-Farbräume

## sRGB

Für die Bildschirmdarstellung ausgelegt  
Kleiner als typischer Farbraum von  
Digitalkameras

## Adobe RGB (1998):

Verbreiteter Standard für Fotobearbeitung  
Größer als sRGB, fast alle druckbaren  
Farben

## ProPhoto RGB

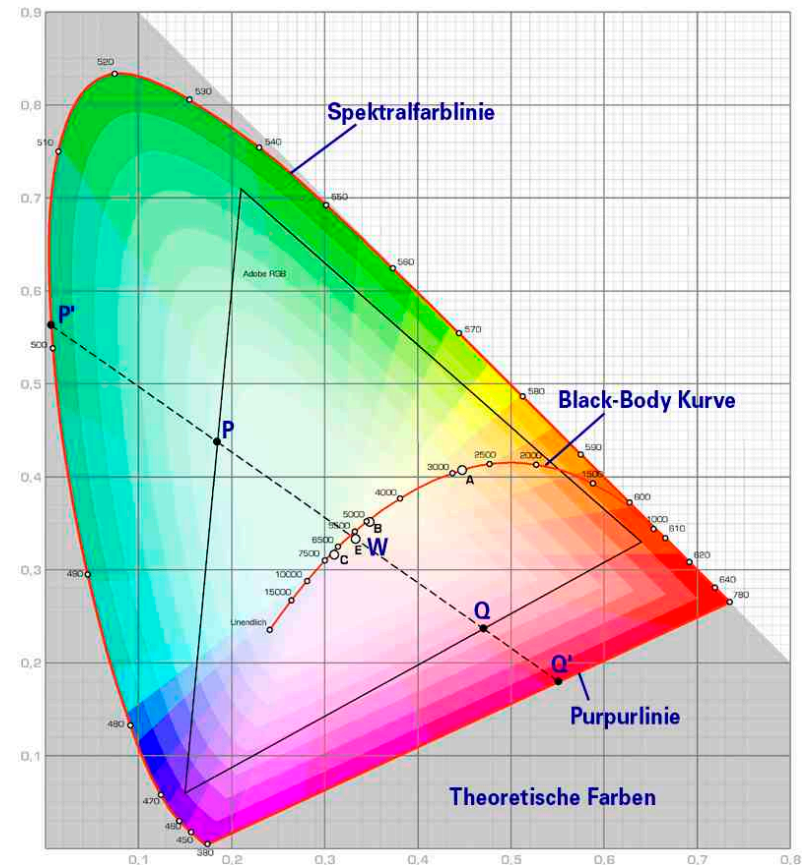
Kodak-spezifischer Standard mit großem  
Farbumfang

## Apple RGB

Apple-spezifisch, kleiner als Adobe RGB,  
größer als sRGB

## ECI-RGB

Speziell für Buch- und Zeitschriftendruck  
(Druckvorstufe)



# Globale Farbkorrekturen: Weißabgleich

Weißabgleich wird nötig durch verschiedene Spektral-zusammensetzungen, die subjektiv als „weiß“ empfunden werden

Ziel beim Weißabgleich ist die subjektive Wahrnehmung unter Berücksichtigung von Stimmungen

Weißabgleich ist möglich

In der Kamera

Im Raw-Konverter

In der Nachbearbeitung (nur eingeschränkt)

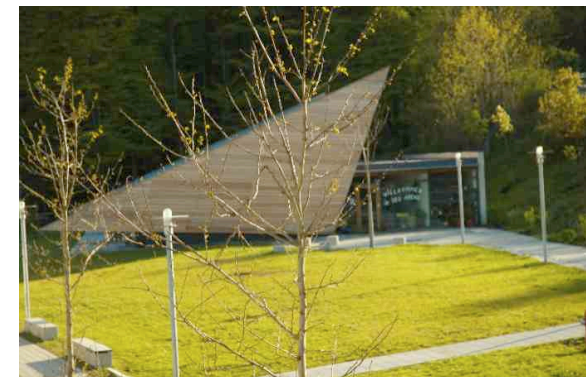
Methoden bei der Aufnahme:

Automatischer Abgleich

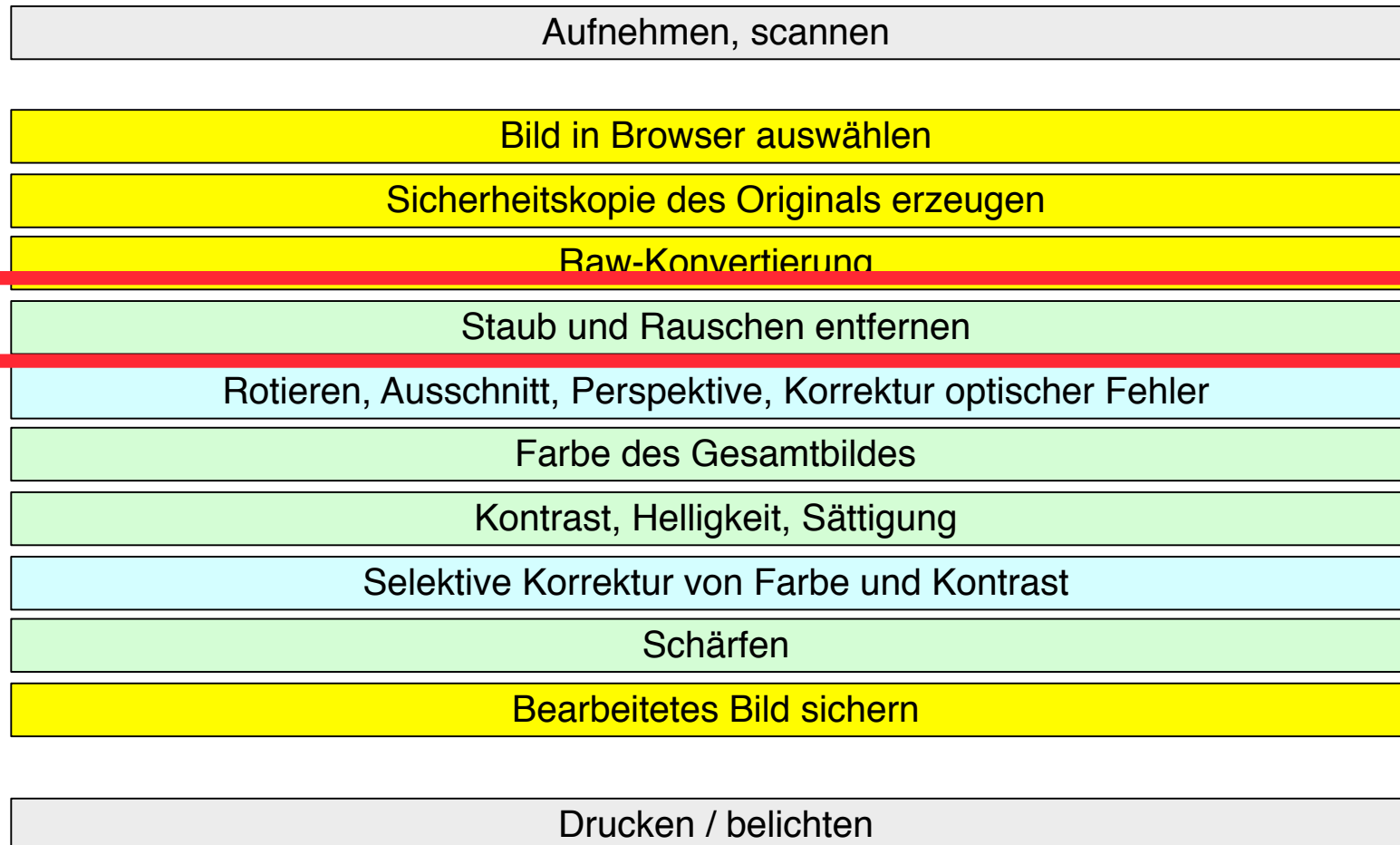
Verwendung eines grauen Bildelements als Referenz  
(bei Aufnahme: Graue Standard-Farbkartons)

Methoden bei der Raw-Konversion:

Manuelle Einstellung



# Grundlegender Arbeitsablauf der Bildbearbeitung



# Störungsfilter



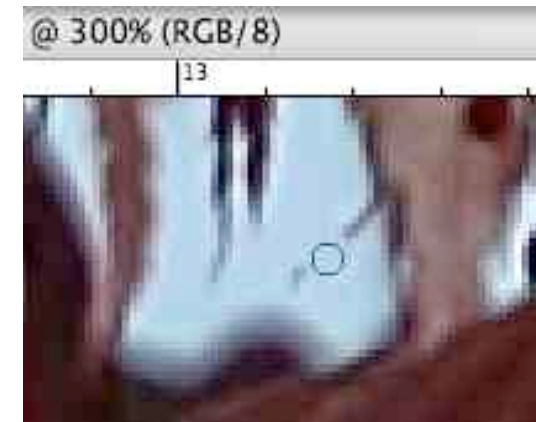
## Rauschen oder Störungen

Staub, Kratzer, Digitalisierungsartefakte

### In der Nachbearbeitung:

Manuell durch Retusche-Techniken entfernen  
(z.B. Pinsel, Stempel)

Automatische Filter mit erheblichen Nebenwirkungen  
(Weichzeichnung, Detailverlust):  
z.B. Photoshop-Filter „Staub und Kratzer entfernen“



### Im Raw-Konverter:

Raw-Konverter: Staubentfernung mit Referenzbild (z.B. Nikon Capture)

Optimal aber aufwändig

# Grundlegender Arbeitsablauf der Bildbearbeitung



# Geometrische Korrekturen

Kamera schief gehalten?

Horizont gerade (horizontal ;- ) machen mit dem Messwerkzeug

Perspektivenkorrektur

Korrektur von „stürzenden Linien“

Wichtig in Kombination mit Weitwinkel-Objektiven

Bsp. Photoshop: (Auswahl), Bearbeiten->Transformieren->Perspektivisch verzerren

Korrektur von Linsenverzerrungen

Objektive haben konstruktionsbedingte und bekannte Verzeichnungsfehler

Spezialsoftware z.B. *PowerRetouche Lens Corrector*

Korrektur von Belichtungsfehlern durch Objektive

Z.B. „Vignettierung“

Oft bei herstellerspezifischen Raw-Konvertern möglich

Berücksichtigt Brennweite, Blenden- und Entfernungseinstellung zum Aufnahmezeitpunkt sowie Objektivtyp



# Ausschnitt wählen



Bildaufbau kann hier nochmal grundlegend verändert werden!

Bildaufteilung

Störende Objekte

Was hier weggeschnitten wird, geht später auch bei Helligkeit+Kontrast nicht mehr ein!

# Grundlegender Arbeitsablauf der Bildbearbeitung





# Histogramm der Helligkeitsverteilung

Histogramm:

Allgemeines Konzept der mathematischen Statistik

Visualisierung der Häufigkeitsverteilung eines Merkmalwertes

Histogramme von Bildern:

x-Achse: Helligkeit oder Tonwert

Z.B. links dunkel, rechts hell

y-Achse: Anzahl der Pixel mit betreffendem Wert

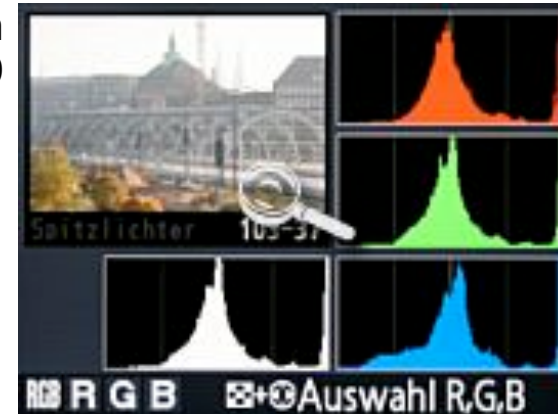
Anzeige:

Kamera

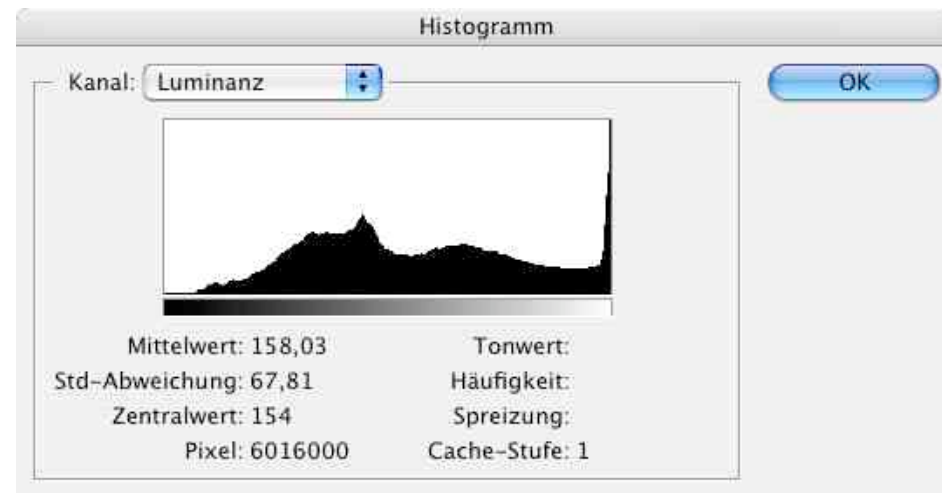
RAW-Konverter

Bildbearbeitungs-  
Programm

Nikon  
D200



Adobe Photoshop 7



# Bildbeurteilung mit Histogrammen

Begriffe:

- *Tiefen* (= niedrige, dunkle Werte), *Lichter* (= hohe, helle Werte), *Mitteltöne*
- *Low-Key*, *High-Key*, *Average-Key*: Schwerpunkt der Werte

Ideale Verteilung:

Kompletter Wertebereich besetzt, klarer Anstieg/Abstieg zu den Rändern

Luminanz-Kanal:

Unterbelichtung (zu geringe Zeichnung in Tiefen) bzw. Überbelichtung (zu geringe Zeichnung in Höhen): „Gebirge“ am Rand abgeschnitten

Geringer Kontrast: Schmalere Bereich der Werteskala ausgenutzt

Farbkanäle:

Gelegentlich Beschneidung nur eines Farbkanals (bei besonders „einfarbigem“ Motiven)

Im Luminanz-Histogramm nicht zu erkennen

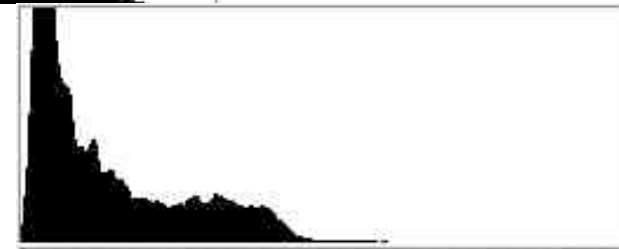
# Beispiele zu Histogrammen



Überbelichtung



Normale Belichtung



Unterbelichtung



Tonwertumfang nicht ausgenutzt  
(geringer Kontrast)

# Abwedeln, Nachbelichten etc.

Selektive Helligkeitskorrektur:

Bildpartien zu hell: Nachbelichten

Bildpartien zu dunkel: „Abwedeln“

Namen von klassischer Labortechnik entlehnt

Pappmasken wie hier skizziert, müssen immer in Bewegung sein

Wirkungsvoll bei hoher Pixeltiefe des Originals

Abwedeln idealerweise bei Photoshop über eigene Ebene

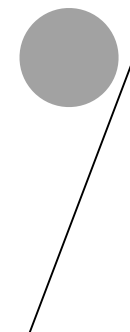
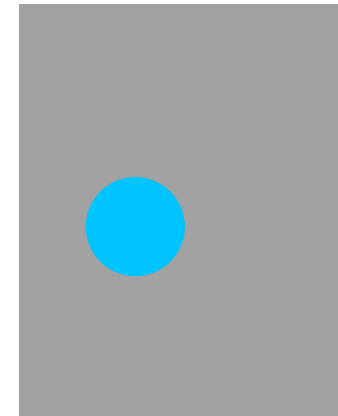
(sh. Steinmüller S. 135)

Weitere ähnliche Hilfsmittel:

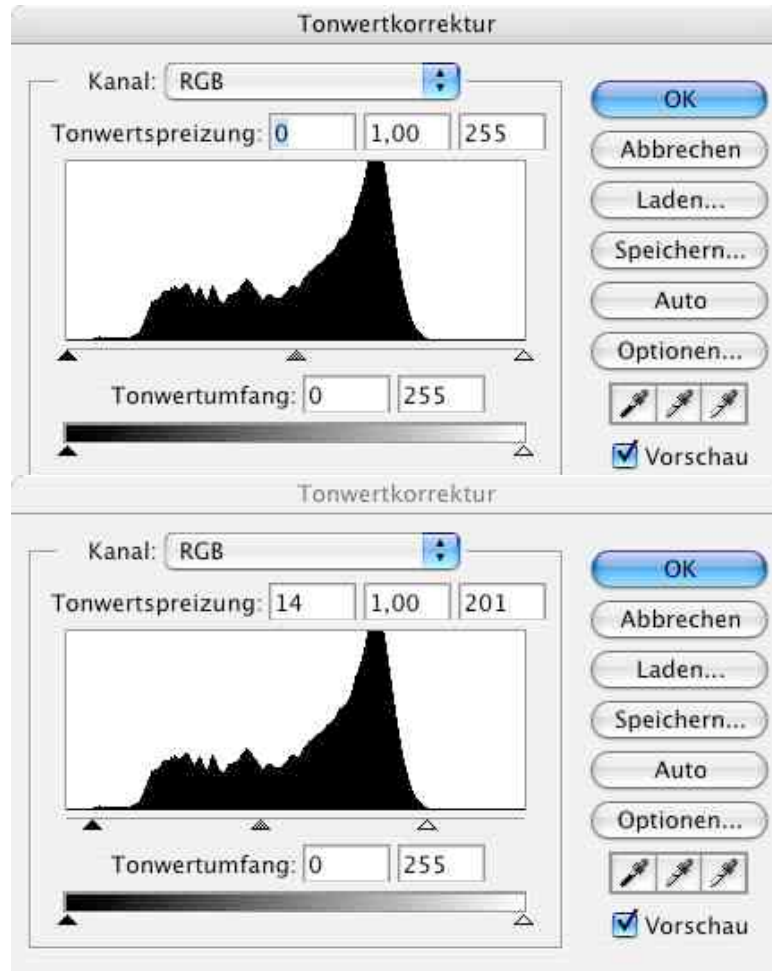
Selektive Weichzeichnung und Scharfzeichnung

Schwamm

Wischfinger



# Tonwertumfang/Kontrast



Wertebereiche, die im Bild nicht vorkommen, können (oft) weggelassen werden

Spreizung des Intervalls vorhandener Werte auf Darstellungstiefe

- *Weißpunkt*: Grenze zu hellen Werten
- *Schwarzpunkt*: Grenze zu dunklen Werten

Tipp zu Photoshop: Drücken der „Alt“-Taste macht die weggeschnittenen Bildteile optisch sichtbar

Zu starken Kontrast vermeiden!  
Gesamthelligkeit nachjustieren

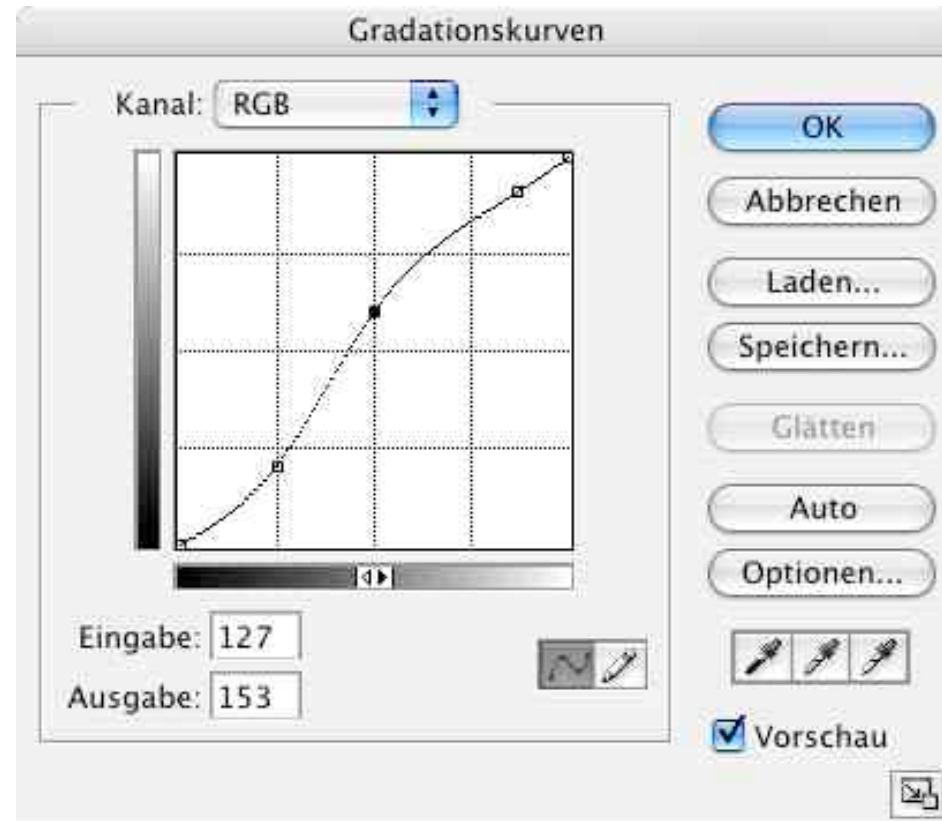
# Gradationskurven

Statt einer linearen Spreizung ist oft eine nicht-lineare Modifikation der Tonwerte sinnvoll

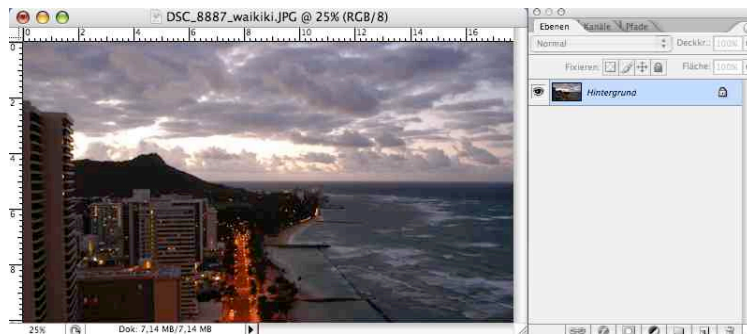
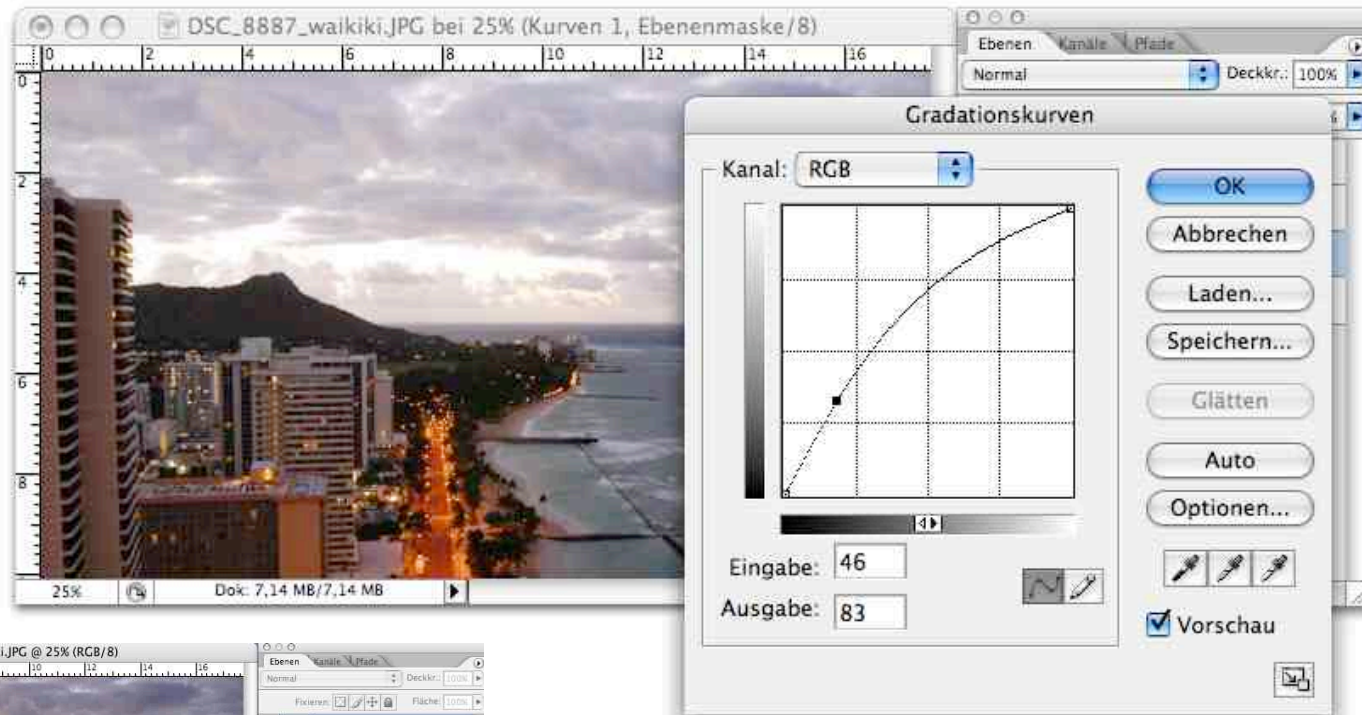
Gradationskurven erlauben die interaktive Modifikation mit direkter Vorschau

Oft sinnvoll: Leichte S-Kurve (entspricht dem Verhalten von fotografischem Film)

Photoshop: Auswahl von Hilfspunkten über Bilddarstellung (via Pipetten-Werkzeug) möglich

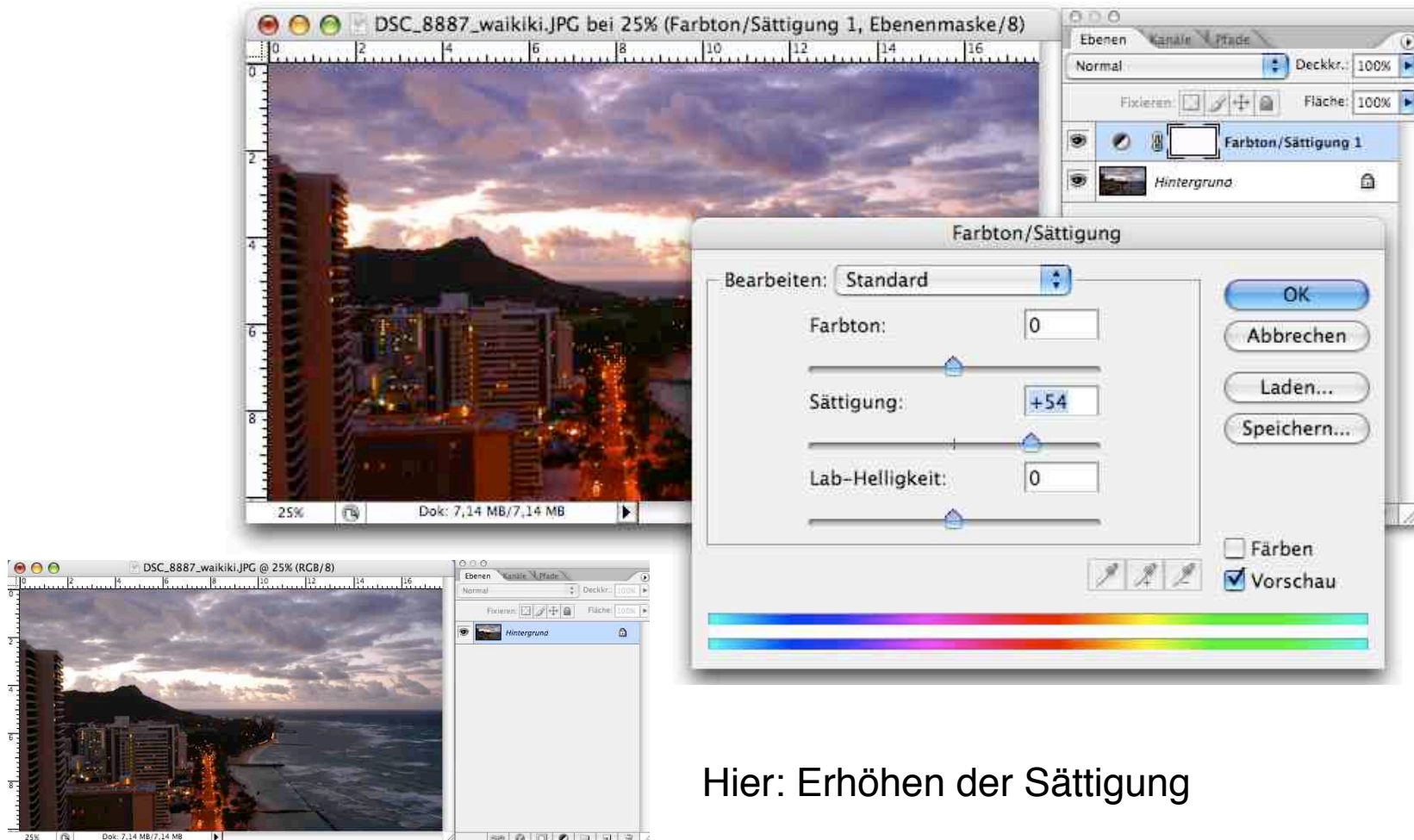


# Gradationskurven



Hier: Aufhellen der dunklen Bildbereiche

# Farbton + Sättigung



Hier: Erhöhen der Sättigung



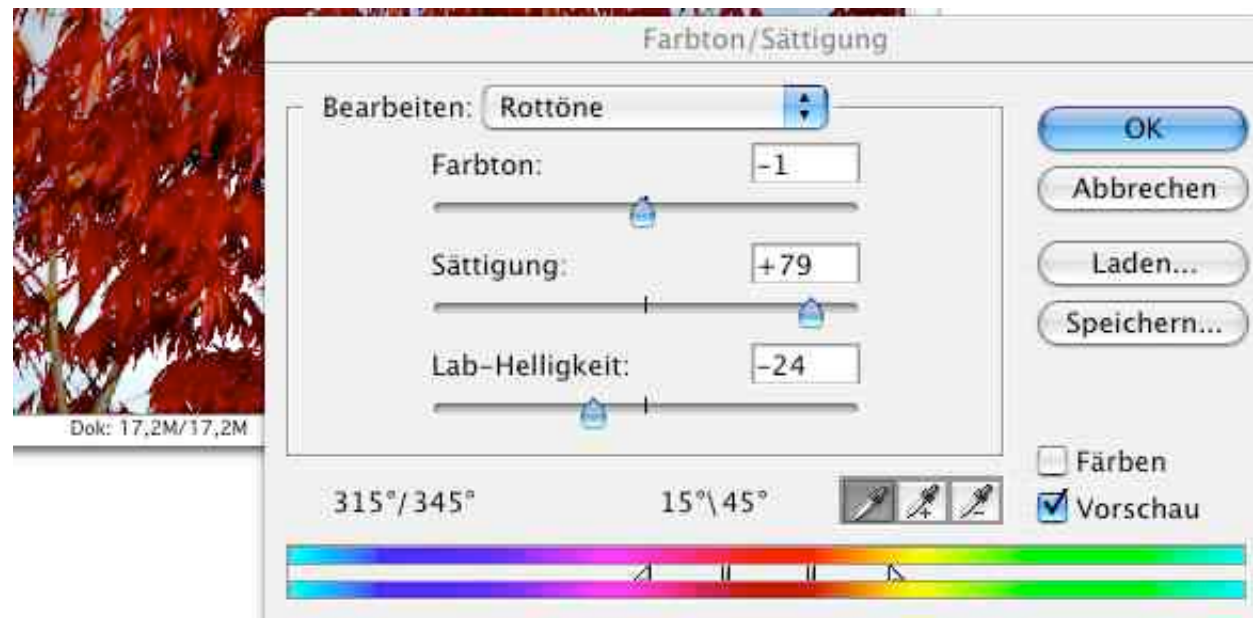
# Selektive Farbkorrekturen

Z.B. mit „Farbton/Sättigung“ in Photoshop selektive Änderung einzelner Farbtöne möglich:

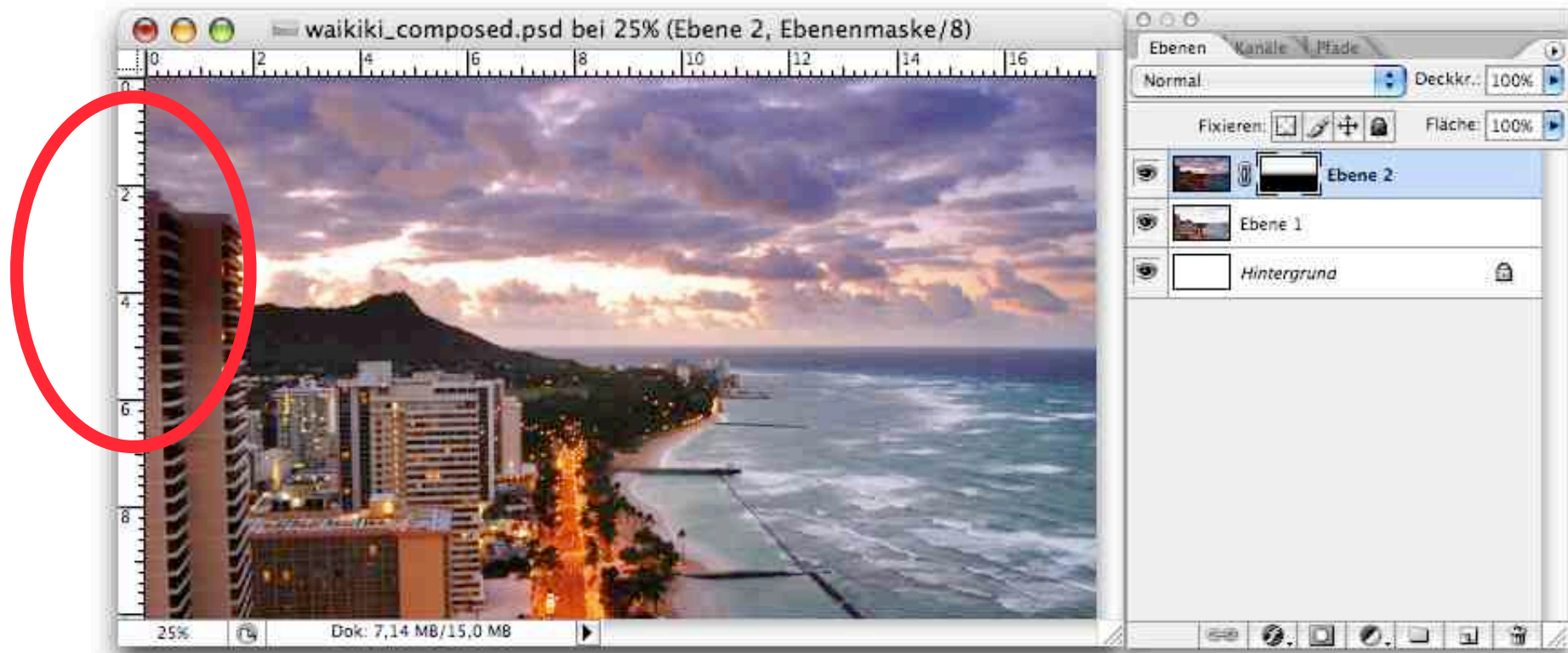
Himmel, Hauttöne, Grüntöne

Meist Erhöhung der Sättigung

Sollte unbedingt erst **nach** der korrekten Kontrasteinstellung erfolgen!

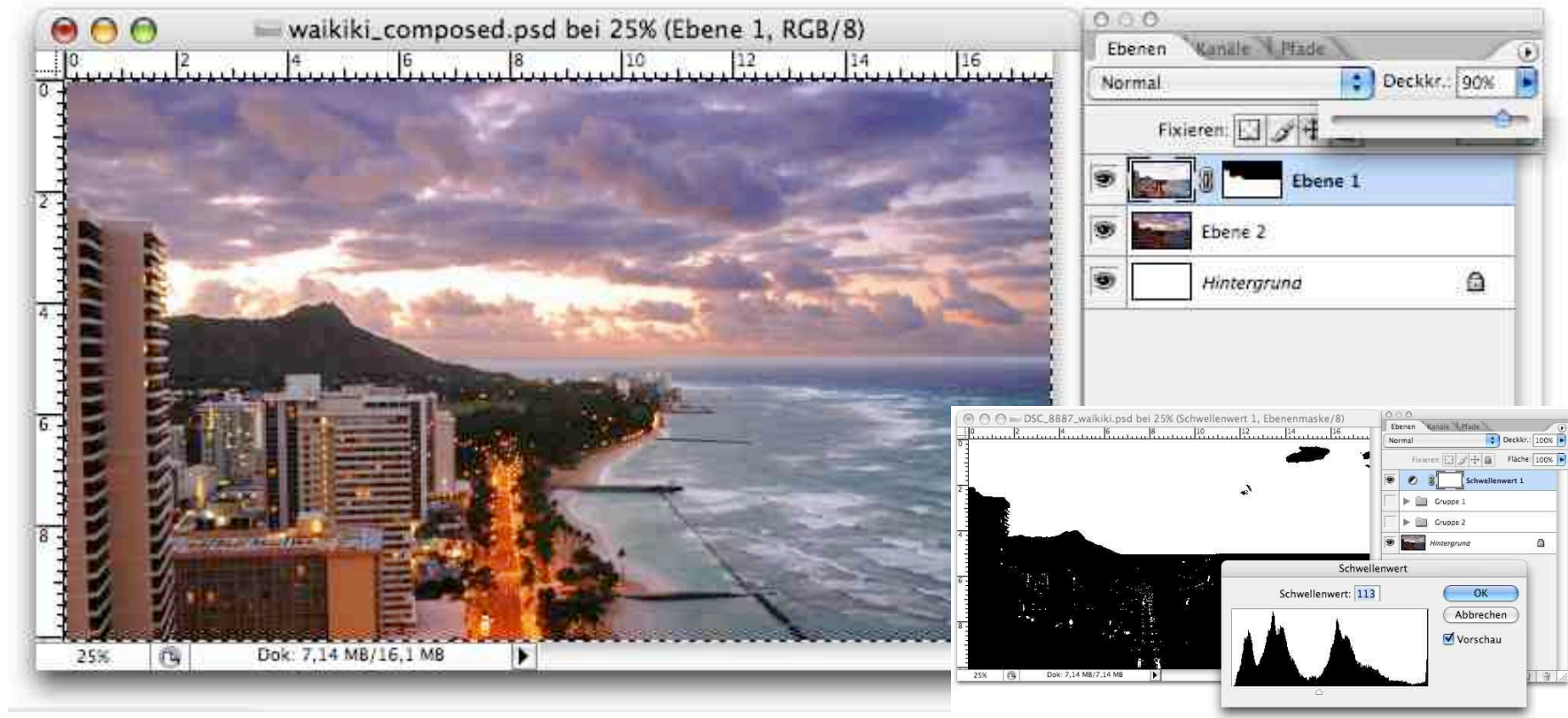


# Mischen verschiedener Korrekturen



Problem hier: Trennlinie ist nicht gerade!

# Ebenenmasken

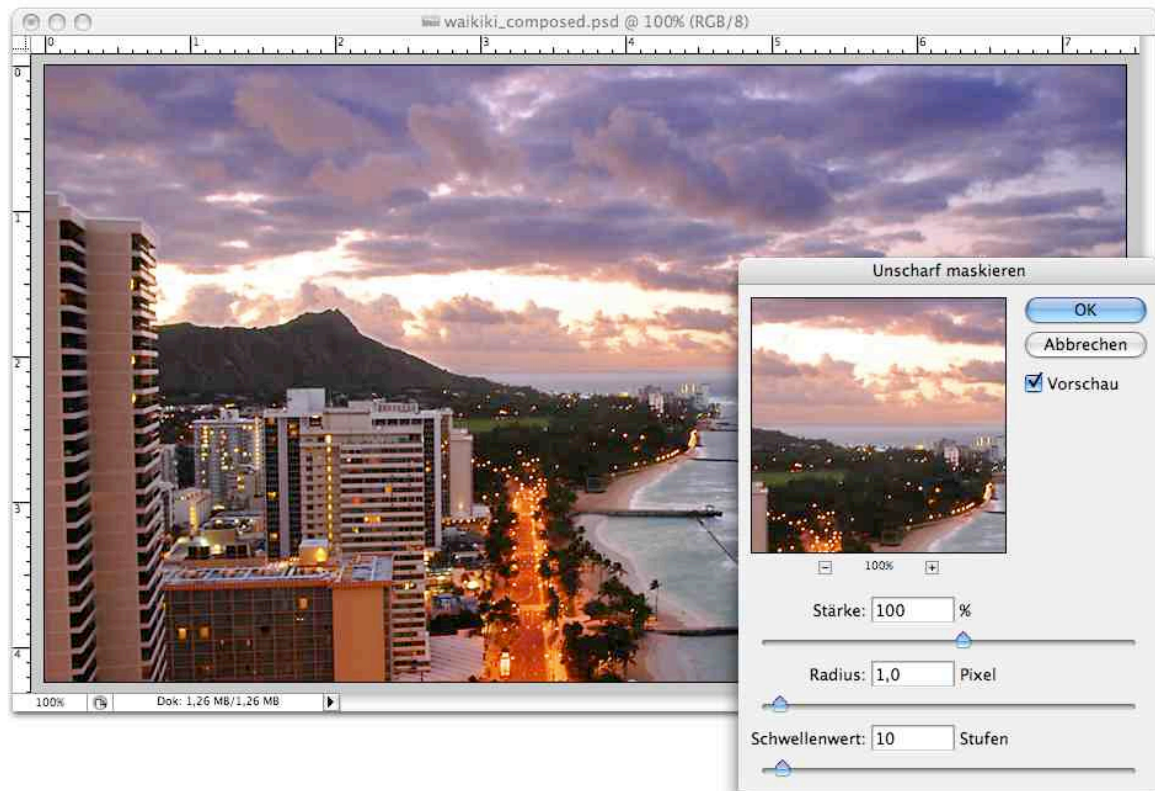


Z.B. durch Schwellwertbildung aus dem Bild selbst ableiten und dann unscharf machen

# Grundlegender Arbeitsablauf der Bildbearbeitung



# Schärfen



Frühere Technik mit Film hieß „Unschärf Maskieren“

Mathematische Nachbildung davon liefert immer noch sehr gute Schärfung

Ansonsten prinzipiell Hochpassfilterung!

Letzter Schritt in der Kette, Nach der Skalierung auf die Zielgröße!

Für Bildschirm eher stärker

Für Print eher schwächer

# Ergebnis



Horizont gerade, Ausschnitt wählen  
Himmel kräftiger, Häuser heller  
Beide Korrekturen kombiniert  
Größe für Bildschirmdarstellung  
Schärfen  
Negativrand

# Schwarz-Weiß-Konversion

Die Konversion eines Farbbildes in ein ansprechendes Graustufenbild ist nicht trivial

Modusumstellung des Bildbearbeitungsprogramms genügt nicht

Einfaches Hilfsmittel bei Photoshop: Kanalmixer

Ermöglicht Bestimmung, zu welchem Anteil welcher Farbkanal einfließt

Z.B. Verstärkung des Rotkanals

Verfeinerte Hilfsmittel:

Abstimmung der Tonwertkorrektur

Spezialsoftware

Z.B. *PowerRetouche B&W Studio*

Ermöglicht u.a. Simulation des Verhaltens realer S/W-Filmtypen

# Schwarzweiss im Kanalmixer



Idee: Bilde die Wirkung von Farbfiltern in der SW-Fotografie nach  
Rot verstärkt Wolken  
Grün mach unreine Haut glatt



# Weitere Filter

Große Palette an Filtern in Photoshop, Gimp etc.


Stilisierungsfiler, Kunstfilter, Malfilter, Zeichenfilter

Nur in Ausnahmefällen zur Fotonachbearbeitung verwendet!

Verfremdung, Abstraktion z.B. für Hintergrundbilder



## 2. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung

- 2.1 Grundlagen der Fototechnik
- 2.2 Einführung in die fotografische Bildgestaltung
- 2.3 Digitale Fotografie
- 2.4 Scanner
- 2.5 Bearbeitung digitaler Bilder
- 2.6 Programmierung: Bildbearbeitung 

Literatur:

J. Knudsen: Java 2D Graphics, O'Reilly 1999, Kap. 10

# Digitale Bildbearbeitung

Bilder aus der Sicht der Informatik:

spezielle Datenstruktur (insbesondere: 2-dimensionales Array)  
Bearbeitung mit verschiedenen Algorithmen möglich

- *Filter.*

Ursprünglich Begriff aus der klassischen (analogen) Fotografie

Generell: Operation, die Bild in Bild transformiert

Klassische (physikalische) Filter:

Polarisationsfilter, UV-Filter

Weich-/Scharfzeichnung

Helligkeits-, Farbfilter

Effektfilter (z.B. Sterneffekt, Kachelung)

Bildbearbeitungsprogramme bieten Vielzahl von (Software-) "Filtern"

Bsp. Adobe Photoshop, Gimp

# Bildbearbeitung in Java

## Frühe Java-Versionen:

- In AWT Einlesung und Anzeigen von Bildern unterstützt
- Noch keine Funktionen zur Modifikation von Bildern

## Java 2D (inzwischen Bestandteil jeder Java-Standardinstallation):

- Unterstützung von 2D-Grafik, komplette Rendering-Kette
- Begrenzter Satz von Bildbearbeitungsfunktionen

## Java Advanced Imaging (JAI):

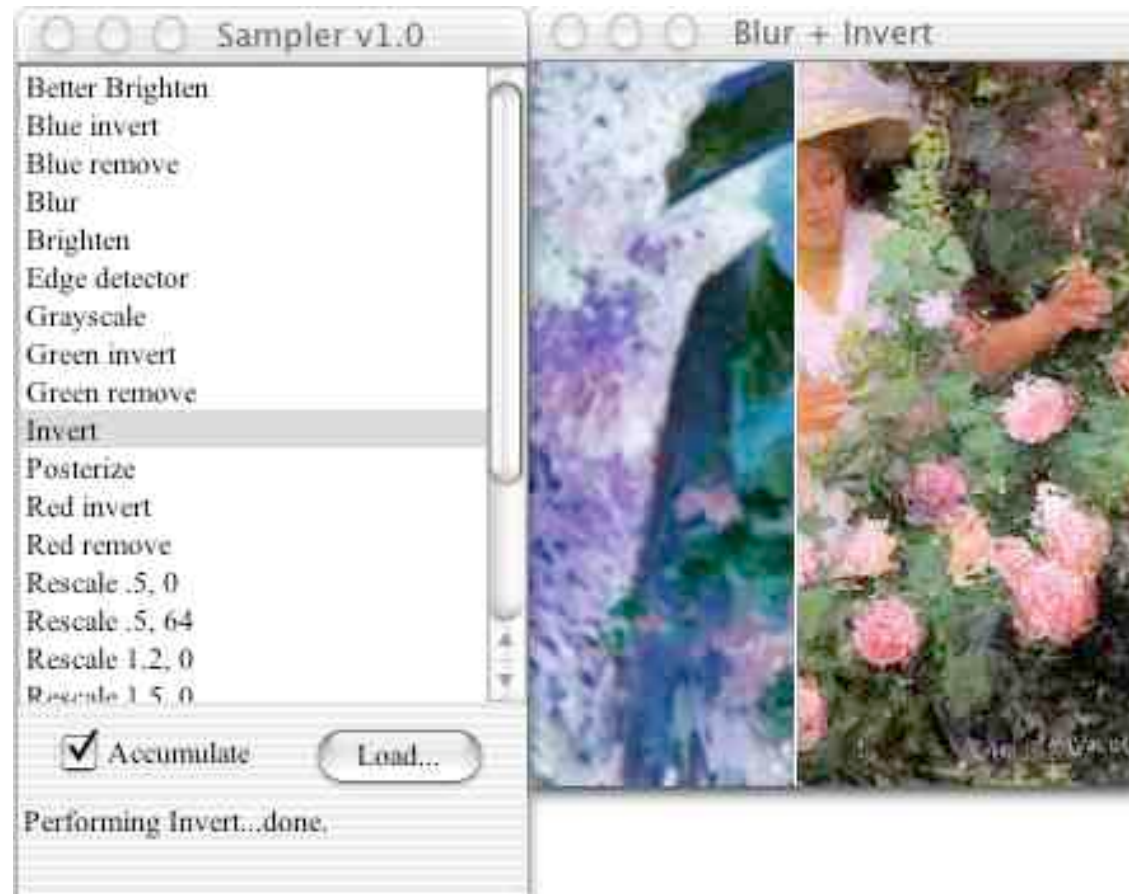
- Erste Version November 1999, aktuell: 1.1.3 (Sept. 2006)
- Ausgefeilte, hochleistungsfähige Bildbearbeitungsfunktionen
- Folgt konsequent dem Java-Prinzip "Write once, run everywhere"

## Performance:

- In diesem Bereich nach wie vor das Hauptproblem der Java-Plattform
- C- und C++-Programme deutlich überlegen

# Beispiel: Bildbearbeitung mit Java 2D

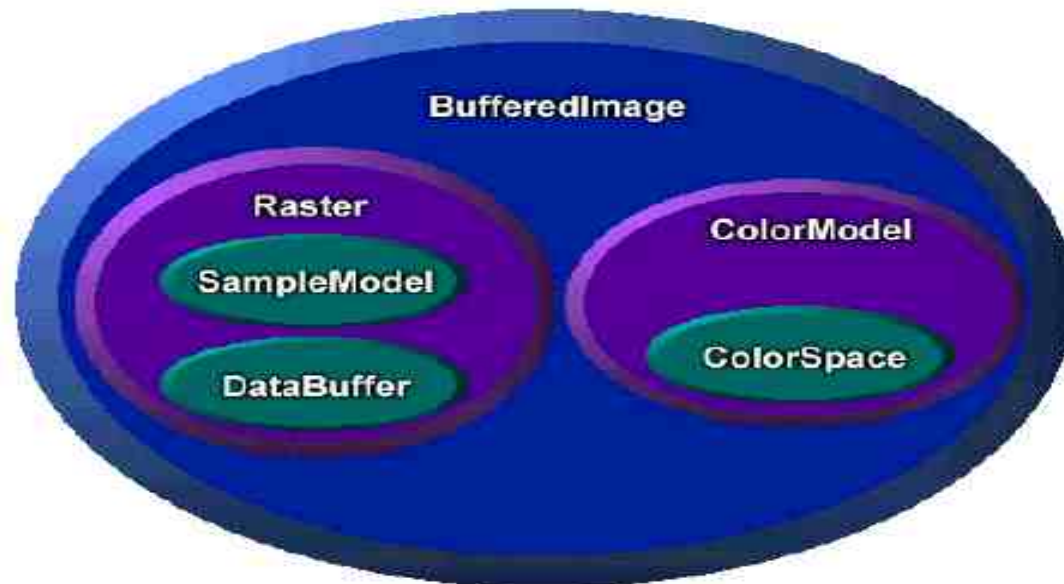
aus: Knudsen, Kapitel 10



Ethol with Roses, Edmund Greacen, 1907

# Java 2D: BufferedImage

- `java.awt.image.BufferedImage`:  
Repräsentation eines Bildes  
Verkapselt (d.h. versteckt Details von):
  - Farbmodell
  - Abtastung
  - Datenpuffer



# Einlesen von Bilddateien in Java

Einlesen von Bilddateien umfasst komplexe Algorithmen

- Decodieren des Bildformats

- Einlesen lokal aus Datei oder über eine URL

- Berücksichtigung von langsamen Festplatten- und Netzzugriffen

  - Observer-Modell: Anzeigefunktion wird wieder aufgerufen, wenn Daten nachgeladen sind

Java: Diverse Möglichkeiten zum Laden eines Bilds

- Standard-AWT-Methode (MediaTracker)

- Swing-Methode (ImageIcon)

- Spezielle Codecs (Sun-JPEG-Codec meist in Standardinstallation enthalten)

- Java Advanced Imaging

# Java 2D: Bildbearbeitungsfunktionen

Bildbearbeitungsfunktionen (in Java 2D):

Schnittstelle `java.awt.image.BufferedImageOp`

```
public BufferedImage filter  
    (BufferedImage src, BufferedImage dst)
```

Bearbeitet `src`, mit genauer zu definierendem Algorithmus

Liefert bearbeitetes Bild als Resultat

`dst` ermöglicht Angabe eines Speicherbereichs für das Ergebnis

- Falls `dst = null`: neues Bild erzeugt
- `dst = src`: Operation "auf der Stelle" ausgeführt (*in place*)

Operationen werden als Objekte erzeugt

Entwurfsmuster "*Strategy*" (Gamma et al.)

Ausführung:

Entweder bei Übergabe an `drawImage()`

oder durch Aufruf der Methode `filter()` des Operations-Objekts



# Java 2D: Verwendung vordefinierter Operationen

Beispiel: Konversion in Graustufen

```
public static BufferedImage convertToGrayscale
    (BufferedImage source) {
    BufferedImageOp op =
        new ColorConvertOp(
            ColorSpace.getInstance(ColorSpace.CS_GRAY), null);
    return op.filter(source, null);
}
```



# Java 2D: Einfaches Rahmenprogramm für Operationen

```
import java.awt.*;
import java.awt.geom.*;
import java.awt.color.*;
import java.awt.image.*;
import java.io.*;
import com.sun.image.codec.jpeg.*;

public class GrayJpeg extends Frame {

    private static BufferedImage mImage;

    ... Einlesen des Bildes nach mImage ...

    public void paint(Graphics g) {
        Graphics2D g2 = (Graphics2D)g;
        BufferedImageOp op =
            new ColorConvertOp(ColorSpace.getInstance
                (ColorSpace.CS_GRAY), null);
        g2.drawImage(mImage, op, 0, 0);
    }
}
```

# Vordefinierte Operationen in Java 2D

Klasse	Hilfsklassen	Effekte	"in place"? (src = dst)
<code>ConvolveOp</code>	<code>Kernel</code>	Weich- und Scharfzeichnen,	nein
<code>Affine TransformOp</code>	<code>java.awt.geom.AffineTransform</code>	Geometrische Transformationen	nein
<code>LookupOp</code>	<code>LookupTable</code> , <code>ByteLookupTable</code> , <code>ShortLookupTable</code>	Inversion, Farbtrennung, Aufhellung, Thresholding	ja
<code>RescaleOp</code>		Aufhellen, Abdunkeln	ja
<code>Color ConvertOp</code>	<code>java.awt.Color.ColorSpace</code>	Farbraum- konversion	ja

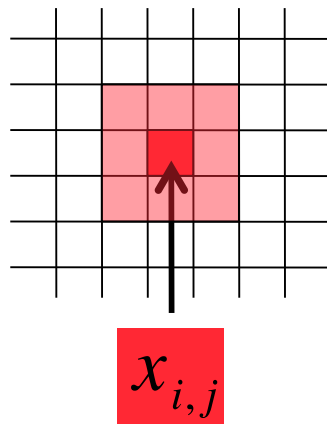
# Faltung

Mathematisches Prinzip: Faltung (*spatial convolution*)

Berechnung der Farbe eines Zielpixels aus der Farbe des entsprechenden Quellpixels *und seiner Nachbarn*

Gewichtsfaktoren gegeben durch Matrix: Faltungskern (*kernel*)

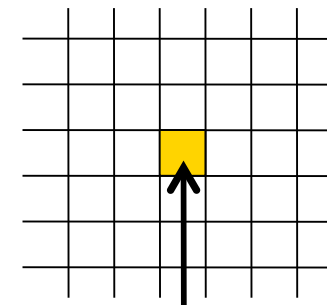
Summe der Matrixeinträge 1: Gesamthelligkeit unverändert



Quellbild

$k_{-1,-1}$	$k_{0,-1}$	$k_{+1,-1}$
$k_{-1,0}$	$k_{0,0}$	$k_{+1,0}$
$k_{-1,+1}$	$k_{0,+1}$	$k_{+1,+1}$

Matrix (*kernel*)



$$x'_{i,j} = \sum_{\substack{-1 \leq r \leq +1 \\ -1 \leq s \leq +1}} k_{r,s} \times x_{i+r,j+s}$$

Zielbild

Zusätzlich müssen die Zielwerte auf den zulässigen Wertebereich beschränkt (abgeschnitten) werden.

# Mittelwertoperator: Weichzeichnen

Faltungsfiler, das Übergänge glättet ("verschmiert", *blur filter*)

- Wertverteilung im Zielbild gleichmäßiger als im Quellbild
- Gleichverteilung der Gewichte in der Matrix: bei 3x3-Matrix alle Einträge 1/9

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

Java-Quellcode dazu:

```
float ninth = 1.0f/9.0f;
float[] blurKernel = {
    ninth, ninth, ninth,
    ninth, ninth, ninth,
    ninth, ninth, ninth
};
ConvolveOp blurOp = new ConvolveOp
    (new Kernel(3, 3, blurKernel),
    ConvolveOp.EDGE_NO_OP, null);
```



# Java 2D: ConvolveOp

Klasse `Kernel` :

```
public Kernel (int width, int height, float[] data)
```

- Konstruiert eine neue *kernel*-Matrix mit gegebenen Dimensionen
- Das angegebene Array muss `width` x `height` viele Werte enthalten

Erzeugung des Operators

`ConvolveOp` implementiert das Interface `BufferedImageOp`

```
public ConvolveOp(Kernel kernel, int edgeHint)
```

- erzeugt einen Faltungsoperator mit gegebenem *kernel*
- Zusatzangabe zur Behandlung der Pixel an Aussenkanten
  - » `EDGE_ZERO_FILL`: Randpixel des Zielbildes werden schwarz
  - » `EDGE_NO_OP`: Randpixel des Zielbildes bleiben unverändert

# Schärfen

Schärfung:

- Filter, das jedes Pixel unverändert lässt, wenn seine Umgebung den gleichen Wert wie das Pixel selbst hat
- Bei Änderungen in der Umgebung wird der Kontrast der Änderung verstärkt

Idee:

- Umgebungsgewichte negativ
- kompensiert durch Gewicht des zentralen Pixels

Beispiele:

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

# Lookup-Tabellen

Lookup-Tabellen erlauben eine direkte Umrechnung der Werte des Quellbildes in Werte des Zielbildes

Tabellierte Funktion:

Quellwerte als Index für Tabelle benutzt, Zielwerte sind Einträge

Meist Werte zwischen 0 und 255, also 255 Tabelleneinträge

Verschiedene Varianten für Datentyp der Einträge (Byte, Short)

Beispiel: Inversion

Ähnlich zum fotografischen Negativbild

```
short[] invert = new short[256];  
for (int i = 0; i < 256; i++)  
    invert[i] = (short)(255 - i);  
LookupTable table =  
    new ShortLookupTable(0, invert);  
LookupOp invertOp =  
    new LookupOp(table, null);
```





# Helligkeits-Skalierung

Globale lineare Veränderung der Helligkeitswerte

Zwei Einflussmöglichkeiten

Skalierungsfaktor (*scale factor*)

Verschiebung (*offset*)

Beispiele:

Helligkeit um 50% erhöhen

```
RescaleOp brighterOp =  
    new RescaleOp(1.5f, 0, null);
```

Helligkeit um 50% reduzieren und absolute Korrektur um 64 Schritte

```
RescaleOp dimOffsetOp =  
    new RescaleOp(0.5f, 64f, null);
```