


# 1. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung

ONLINE ONLY

- 1.1 Grundlagen der Fototechnik
- 1.2 Digitale Fotografie
- 1.3 Einführung in die fotografische Bildgestaltung
- 1.4 Speicherung digitaler Bilddaten 
- 1.5 Bearbeitung digitaler Bilder

Literatur:

C. Banek / G. Banek: Fotografieren lernen Band 1, dpunkt 2010

# Auflösung (Pixelzahl)

## Typische Zahlen im Jahr 2014:

Marktgängige Digitalkameras zwischen 10 Mio. und 24 Mio. Pixel

Professionelle Kameras (z.B. Nikon D800, Canon EOS 1Dx) ca. 18-36 Mio. Pixel

Digitale Mittelformatkameras (z.B. Pentax 645Z, Hasselblad H4D) mit 50-60 Mio. Pixel

## 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 $\text{cm}^2$ :

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



# 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

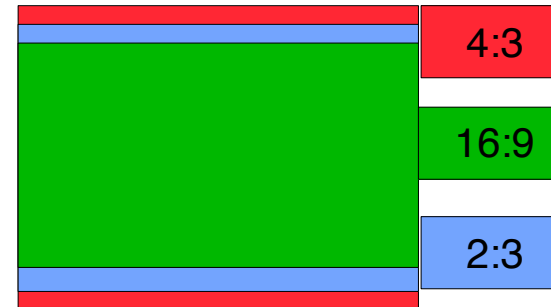
## Fotoformat: 2:3

- 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



# Klassifikation von Speichermedien

Speicherdauer:

permanent vs. temporär

Zugriffsart:

sequentiell vs. wahlfrei/adressierbar

Benutzungsmodus:

nur lesen vs. lesen und schreiben

Zuverlässigkeit:

Anzahl der zulässigen Schreib-/Lesezyklen

Generelle Ausfallwahrscheinlichkeit

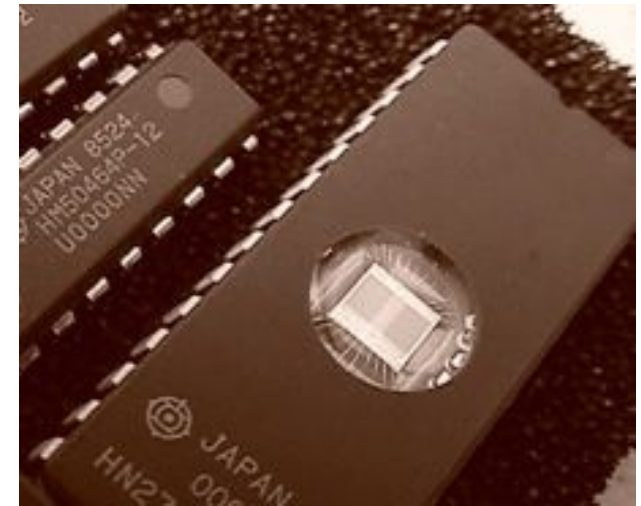
# Langzeit-Halbleiterspeicher

## EPROM: Erasable Programmable ROM

Prinzip: Laden eines "Floating Gate"  
in einem Feldeffekt-Transistor

Ladung erhält sich mindestens 10 Jahre

Löschen des Speichers durch UV-Licht möglich



EPROM

## EEPROM: Electrically Erasable PROM

Durch lange und starke Spannungsimpulse aufladbar und entladbar

Typischerweise geringe Kapazität (mehrere KByte) und lange Schreibzeiten

## Flash-Memory

Weiterentwicklung von EEPROM

Ca. 10.000 Programmierzyklen möglich

Sehr robuster und permanenter (ca. 10 Jahre) Wechselspeicher

Praktische Erscheinungsformen: Flash Memory Devices, Flash-Speicherkarten

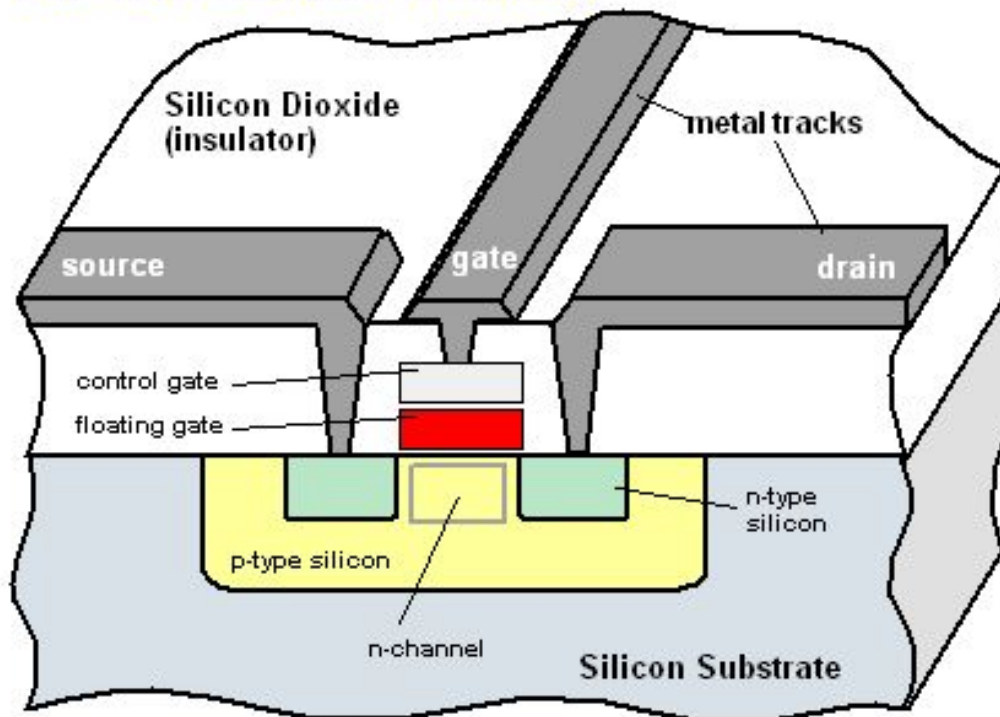
Früher langsam (400-800 KByte/s),

heute deutlich schneller: bis zu 100 MByte/s lesen + schreiben

# Floating Gate Transistor (in EEPROM/Flash)

From Computer Desktop Encyclopedia  
© 2005 The Computer Language Co. Inc.

EEPROM and Flash Transistor



# Typen von Flash-Speicherkarten

## Compact Flash (CF) - bis zu 128 GB

Typ I: dünner (43 x 36 x 3,3 mm)

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

CompactFlash 5.0/6.0 (2010): bis 144 PB

Controller in Karte integriert (Kompatibilität mit alten Kameras)



## SD Card (Secure Digital Card):

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

mini- und micro-Varianten (micro: 11 x 15 x 1 mm)

Controller in Karte integriert

SDHC = High Capacity Version, bis zu 32 GB

SDXC = Extended Capacity Version, bis zu 2 TB

Speed-Klassen (ab SDHC): Zahl ist Übertragungsrate in MB/s

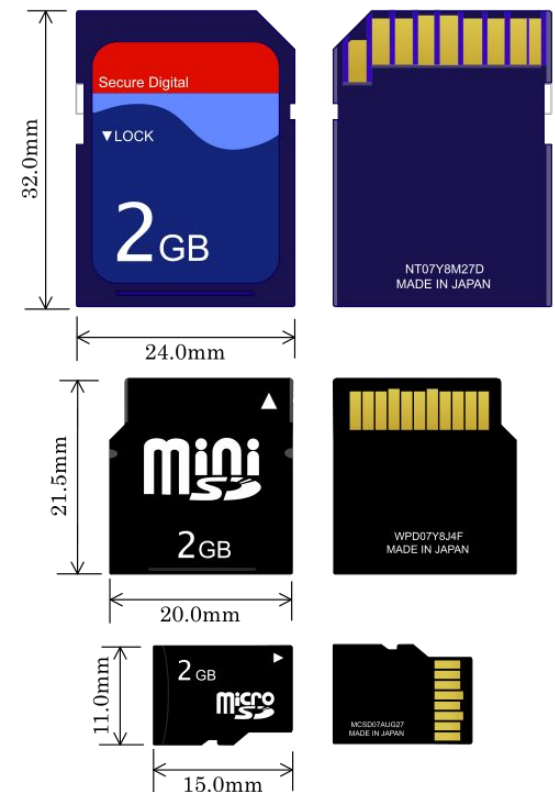
UHS (Ultra High Speed) Bussystem I und II - bis zu 312 MB/s

CLASS 2

CLASS 4

CLASS 6

CLASS 10



## Auslaufende proprietäre Standards:

MemoryStick/Memory Stick Pro (Sony)

xD Picture Card (Fuji Film/Olympus)



# DCF-Dateistruktur

DCF = Design Rule for Camera File System

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

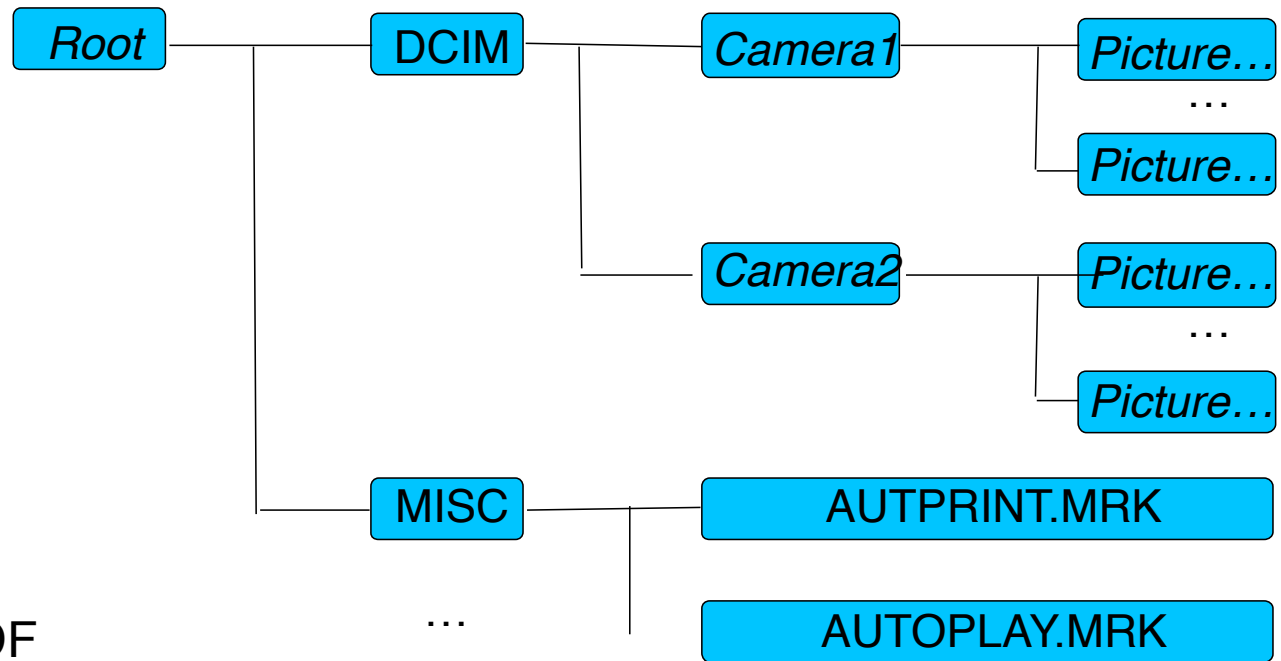
Kameraordner: NNNAAAAA

- NNN Ziffern (verschieden innerhalb DCIM), Rest frei

Bilddateien: AAAANNNN

- AAAA Großbuchstaben (frei), NNNN Laufende Nummer

Ordnerstruktur:



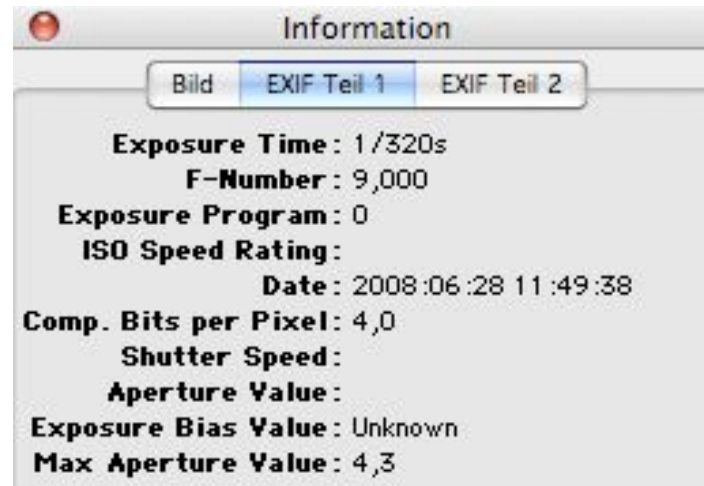
<http://www.exif.org/dcf.PDF>

# 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!



The screenshot shows a window titled 'Photo Info' with a tree view on the left containing 'Image', 'File', 'Camera', and 'Exposure'. The 'Exposure' section is expanded, showing the following data:

Width:	3.264 pixels
Height:	4.928 pixels
Original Date:	29.10.2011 22:42:21
Digitized Date:	29.10.2011 22:42:21
Name:	DSC_1720.JPG
Size:	5,1 MB
Modified:	30.10.2011 23:20:08
Imported:	30.10.2011 23:21:22
Maker:	NIKON CORPORATION
Model:	NIKON D7000
Software:	Ver.1.01
Shutter:	1/13
Aperture:	f/3,5
Max Aperture:	f/3,6
Exposure Bias:	0,00
Exposure:	Normal program
Exposure Index:	—
Focal Length:	22mm
Distance:	—
Sensing:	One-chip color area
Light Source:	Unknown
Flash:	Off
Metering:	Pattern
Brightness:	—
ISO Speed:	6400
GPS Latitude:	—
GPS Longitude:	—
GPS Altitude:	—

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, ...

# 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)

# 1. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung

ONLINE ONLY

- 1.1 Grundlagen der Fototechnik
- 1.2 Digitale Fotografie
- 1.3 Einführung in die fotografische Bildgestaltung
- 1.4 Speicherung digitaler Bilddaten
- 1.5 Bearbeitung digitaler Bilder 

## Literatur:

C. Banek / G. Banek: Fotografieren lernen Band 3 - Bildbearbeitung und Präsentation, dpunkt 2012

J. Gulbins / U. Steinmüller: Handbuch Digitale Dunkelkammer, dpunkt, 2. Auflage 2011

<http://photography.tutsplus.com/series/comprehensive-guide-to-adobe-camera-raw--photo-17655>

# 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

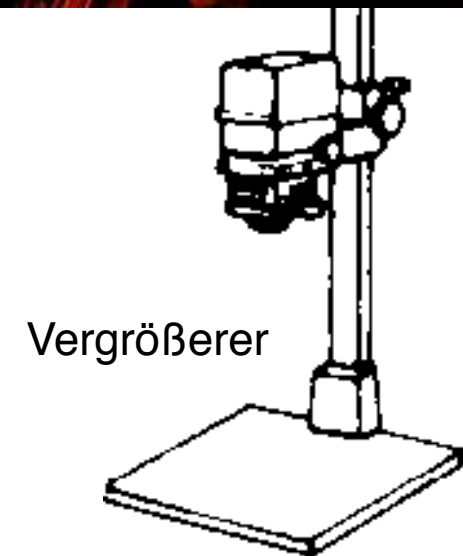
Vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten:

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 Aufnahmegeräte 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

# 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

# Software-Werkzeuge

## Bildbearbeitungs-Software

Adobe Photoshop (hier verwendete Version: 13 bzw. CS6)

The Gimp (Open Source)

## Raw-Konverter (für professionelles Arbeiten)

Adobe Camera Raw (Photoshop Plugin, hier verwendete Version: 8.4)

Bemühung um standardisiertes Raw-Format (DNG Digital Negative)

Proprietäre Software von Kamera-Herstellern

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

Open source: DCraw

## 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

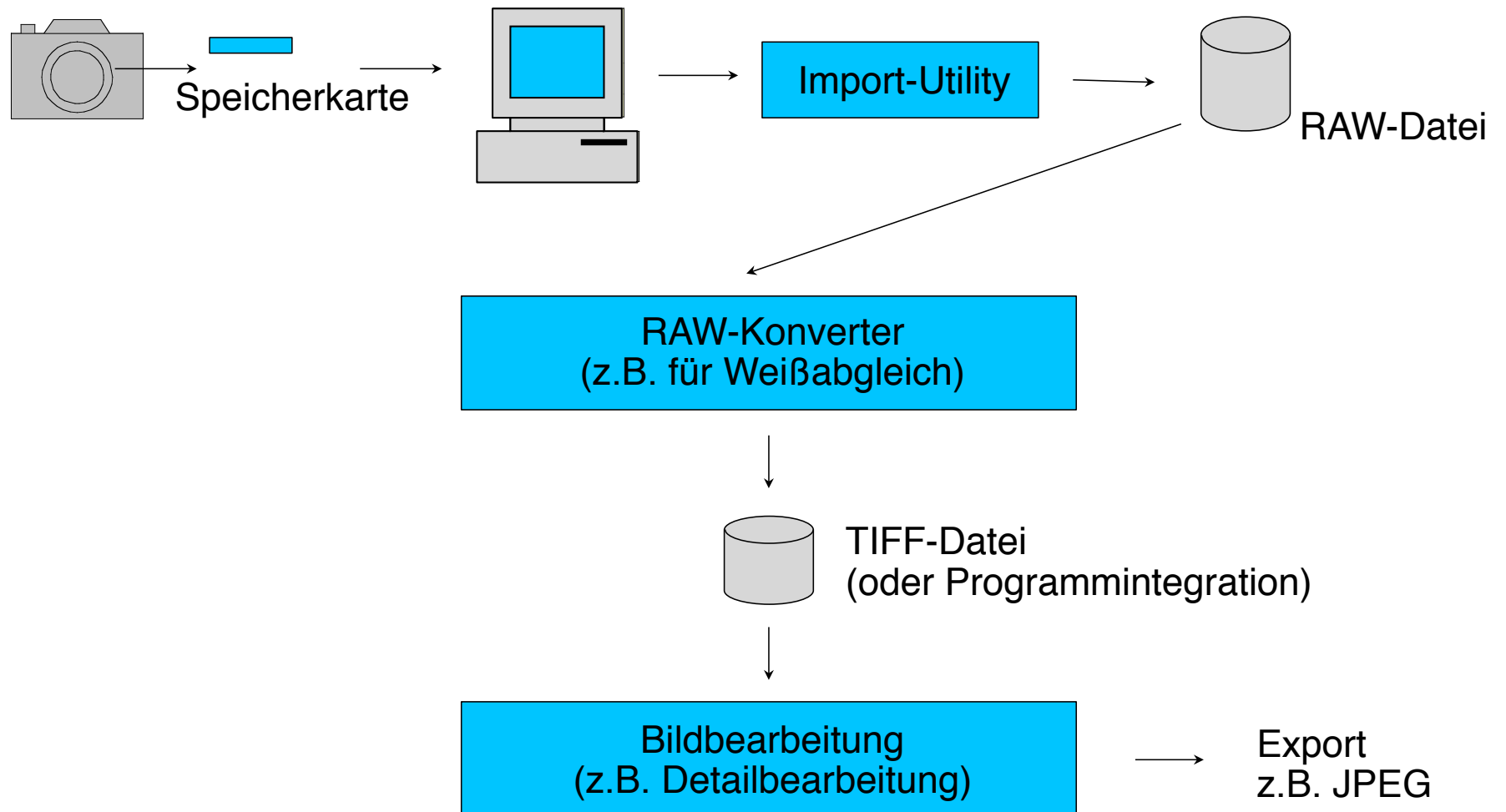
z.B. Apple iPhoto, Apple Aperture, Adobe Photoshop Lightroom



# Grundlegender Arbeitsablauf der Bildbearbeitung



# Konkretes Beispiel: Ablauf in der Praxis



# Alternativer Einsatz von Werkzeugen



# 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

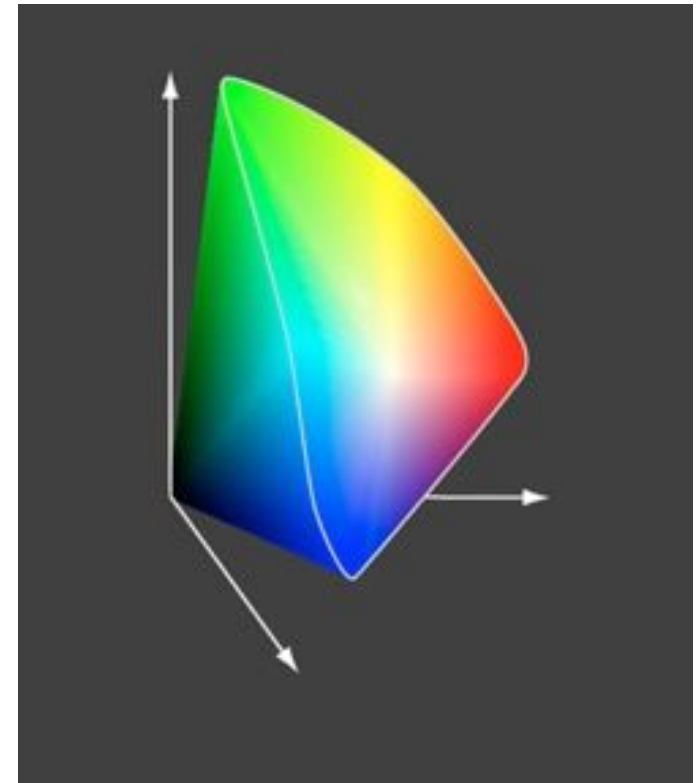
Liefert individuelle Geräteprofile

Austauschbarkeit von Farbdateien über Standard-Profile

Definiert von ICC

Farbwerte immer relativ zum verwendeten Farbraum

Farbraum + Farbprofil liefert absoluten Farbwert  
(z.B. 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

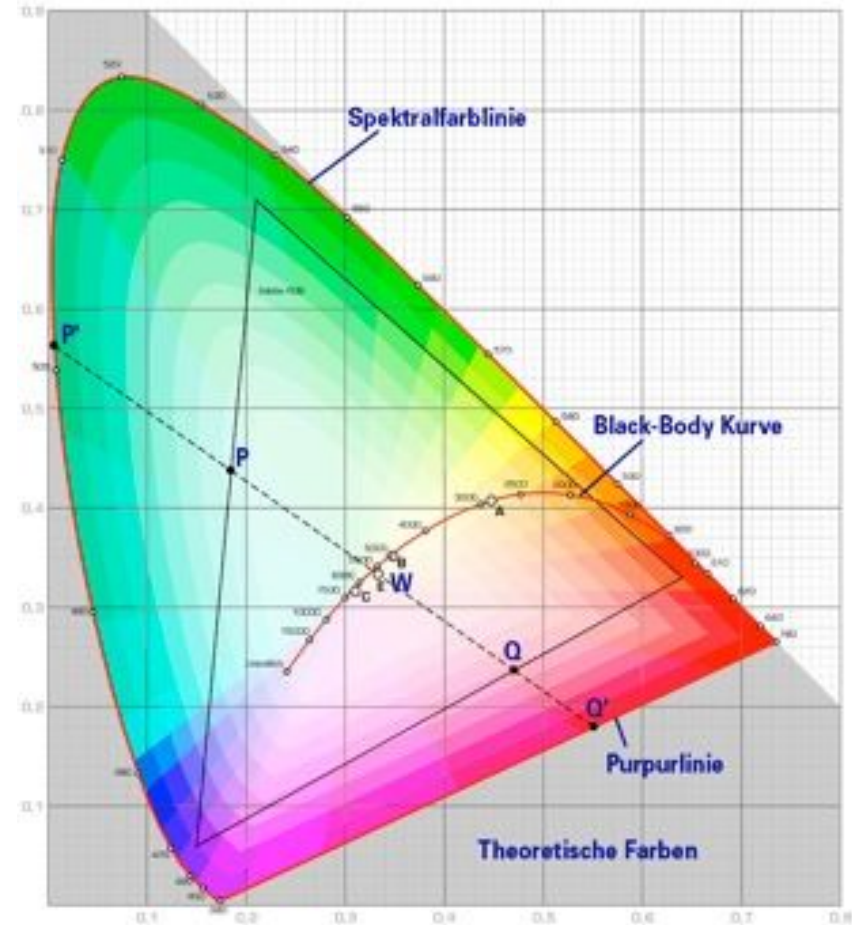
Kodak-spezifischer Standard mit großem  
Farbumfang

## Apple RGB

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

## ECI-RGB

Speziell für Buch- und Zeitschriftendruck  
(Druckvorstufe)



# Globale Farbkorrekturen: Weißabgleich

## Weißabgleich

Verschiedene Spektralszusammensetzungen werden subjektiv als „weiß“ empfunden

Ziel: 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

## Im Raw-Konverter:

Staubentfernung mit Referenzbild (z.B. Nikon Capture)

Optimal aber aufwändig

Spezielle Retusche-Techniken

z.B. Camera Raw: "Spot Removal"

## In der Nachbearbeitung:

Manuell durch Retusche-Techniken entfernen

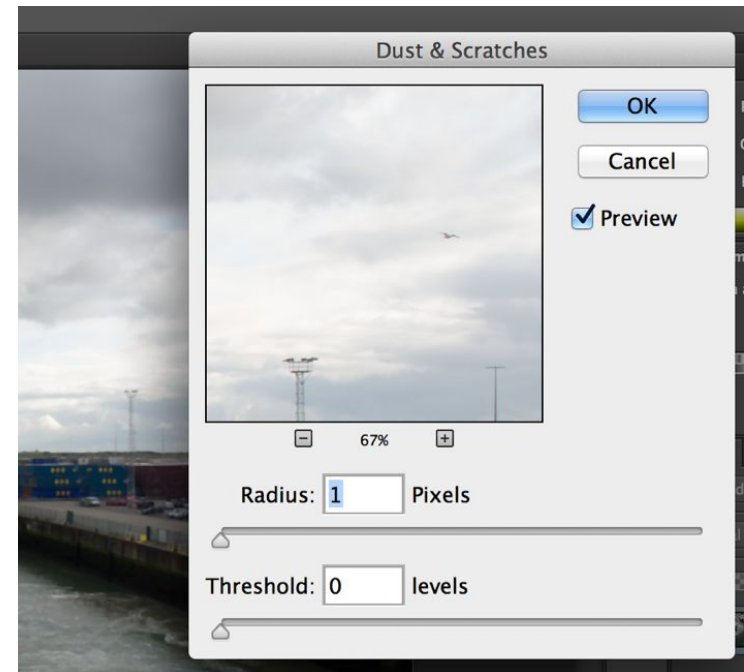
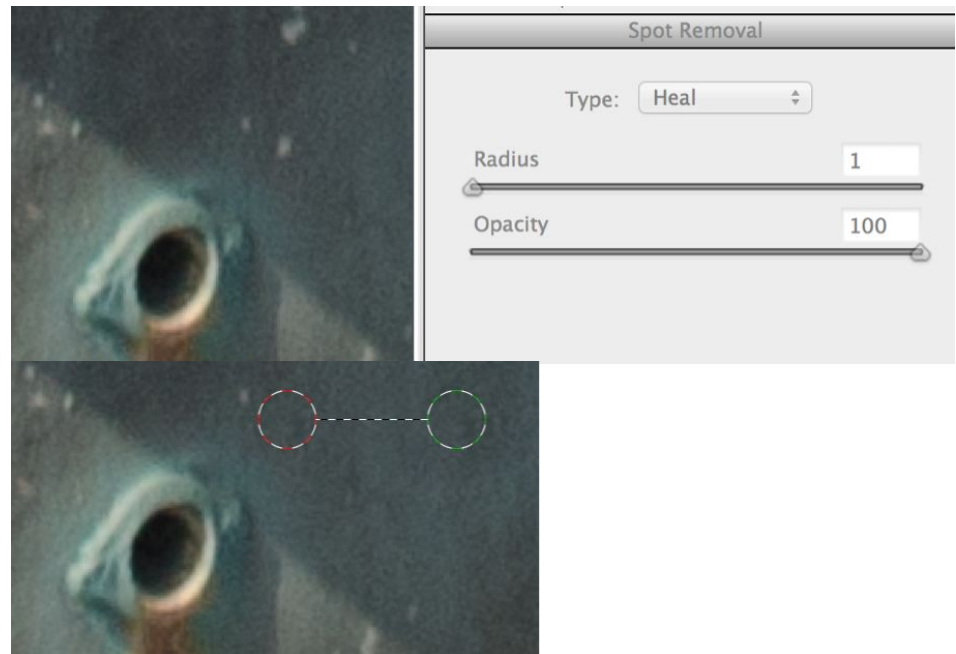
Automatische Filter

z.B. Photoshop-Filter

„Staub und Kratzer entfernen“

Nebenwirkungen

(Weichzeichnung, Detailverlust)





# Grundlegender Arbeitsablauf der Bildbearbeitung

Aufnehmen, scannen

Bild in Browser auswählen

Sicherheitskopie des Originals erzeugen

Raw-Konvertierung

Staub und Rauschen entfernen

Rotieren, Ausschnitt, Perspektive, Korrektur optischer Fehler

Farbe des Gesamtbildes

Kontrast, Helligkeit, Sättigung

Selektive Korrektur von Farbe und Kontrast

Schärfen

Bearbeitetes Bild sichern

Drucken / belichten

# Geometrische Korrekturen

## Kamera schief gehalten?

Horizont gerade (horizontal ;- ) machen  
Spezielle Messwerkzeuge nutzen

## Perspektivenkorrektur

Korrektur von „stürzenden Linien“  
(bei Weitwinkel-Objektiven)

Bsp. Photoshop:

Transformieren->Perspektivisch verzerren

## Korrektur von bekannten Objektivfehlern

Konstruktionsbedingte Verzeichnungsfehler

Belichtungsfehler (Z.B. „Vignettierung“)

Produktspezifischer Raw-Konverter oder  
Spezialsoftware

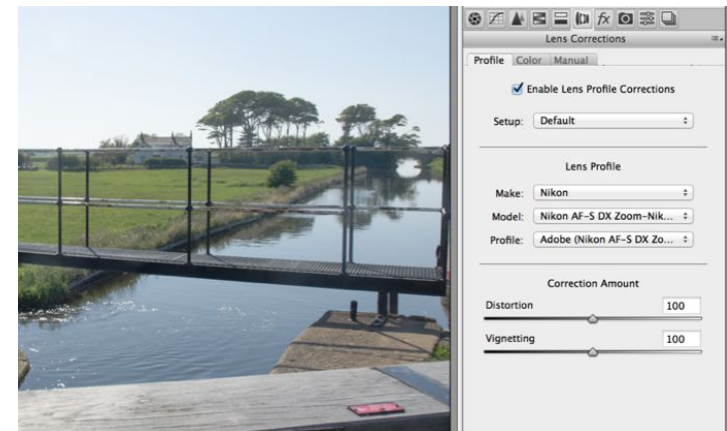
z.B. Lens Corrector Plugin für Photoshop

Nutzt Metadaten zur Aufnahme

(Objektiv, Brennweite,  
evtl. auch Belichtungsdaten)



“Straighten”-Tool (Camera Raw)



“Lens Correction” (Camera Raw)

# Ausschnitt wählen

Bildaufbau kann hier noch grundlegend verändert werden!

Bildaufteilung

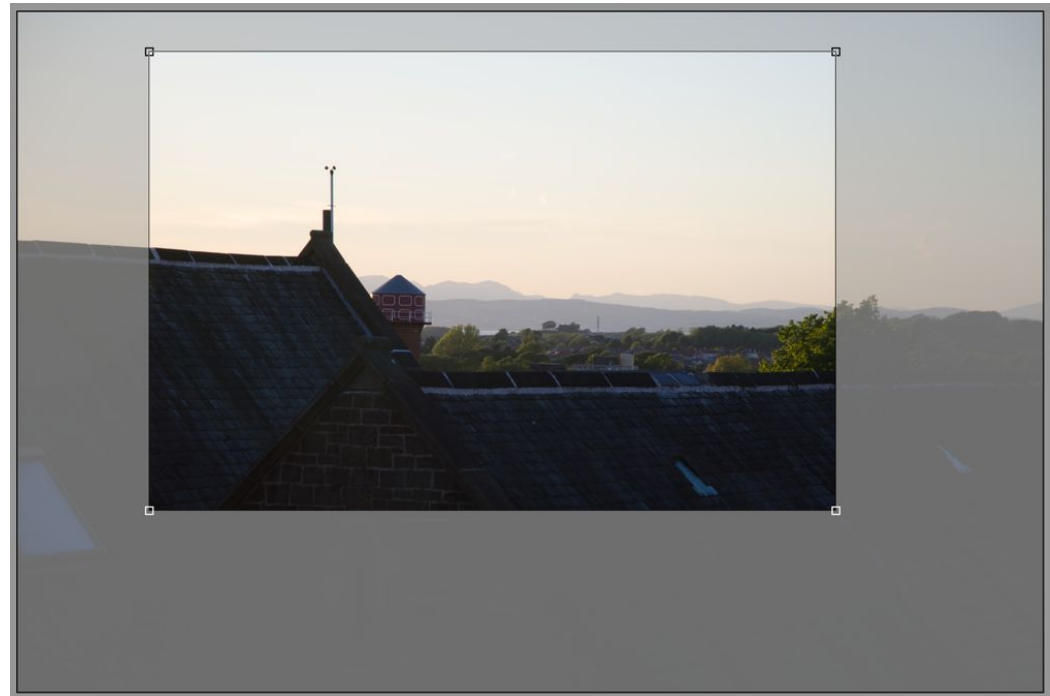
Störende Objekte

Was weggeschnitten wird, geht später bei Helligkeit, Kontrast etc. nicht mehr ein!

Sinnvoll: Seitenverhältnis einstellen



“Crop”-Tool (Camera Raw)



# Grundlegender Arbeitsablauf der Bildbearbeitung



# Histogramm der Helligkeitsverteilung

## Histogramm:

Allgemeines Konzept in der Statistik  
Visualisierung der Häufigkeitsverteilung  
eines Merkmalwertes

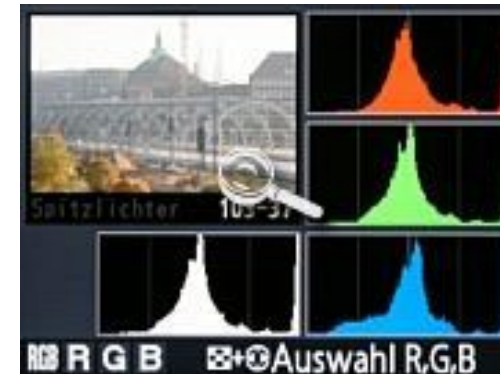
## Histogramme von Bildern:

x-Achse: Helligkeit oder Tonwert  
z.B. links dunkel, rechts hell  
y-Achse: Anzahl der Pixel  
mit betreffendem Wert

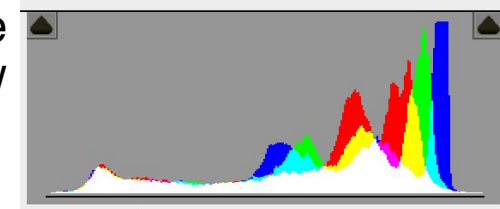
## Anzeige:

Kamera  
RAW-Konverter  
Bildbearbeitungs-  
Programm

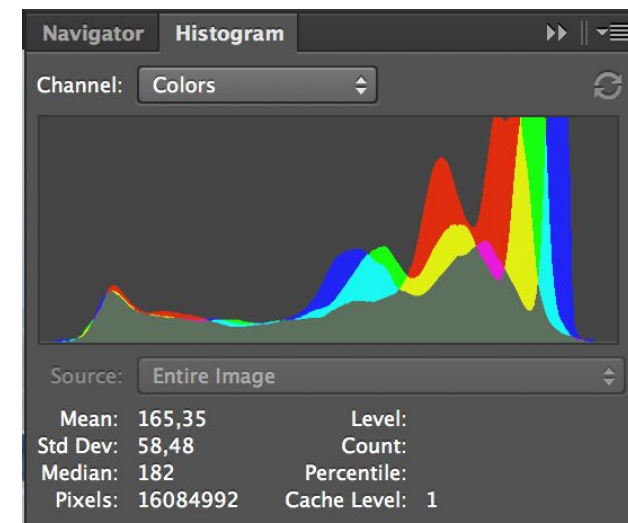
Nikon  
D200



Adobe  
Camera Raw



Adobe  
Photoshop



# Bildbeurteilung mit Histogrammen

## Begriffe:

Tiefen (= niedrige, dunkle Werte), *shadows*

Lichter (= hohe, helle Werte), *highlights*

Mitteltöne, *midtone*s

Low-Key, High-Key, Average-Key: Schwerpunkt der Werte

## Ideale Verteilung:

Kompletter Wertebereich besetzt, klarer Anstieg/Abstieg zu den Rändern

## Luma-Kanal:

Unterbelichtung (zu geringe Zeichnung in Tiefen): „Gebirge“ rechts abgeschnitten

Überbelichtung (zu geringe Zeichnung in Höhen): „Gebirge“ links abgeschnitten

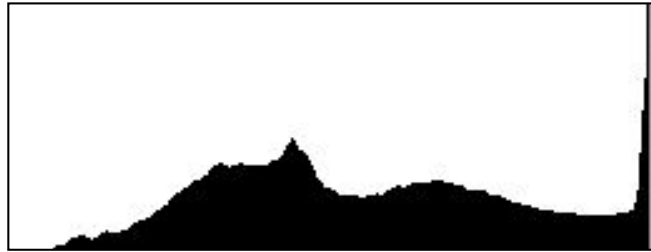
Geringer Kontrast: Schmalere Bereich der Werteskala ausgenutzt

## Farbkanäle:

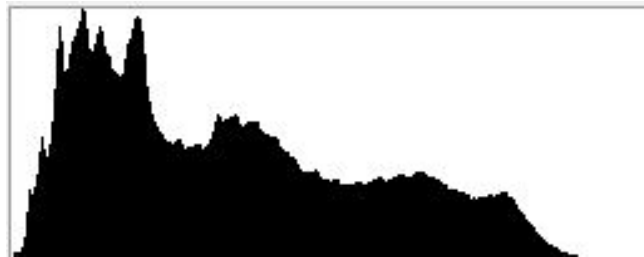
Gelegentlich Beschneidung nur eines Farbkanals  
(bei besonders „einfarbigen“ Motiven)

Im Luma-Histogramm nicht zu erkennen

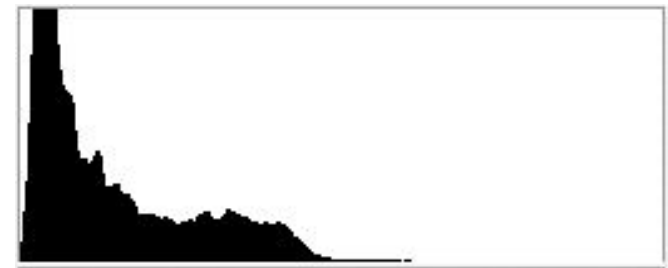
# Beispiele zu Histogrammen



Überbelichtung



Normale Belichtung



Unterbelichtung



Tonwertumfang nicht ausgenutzt  
(geringer Kontrast)

# Helligkeitskorrektur: Global und selektiv

## Globale Helligkeitskorrektur:

Regler für Belichtung (*Exposure*)

## Einzelne Bildpartien zu hell oder zu dunkel: Selektiv anpassen

Achtung: Starker Eingriff in Natürlichkeit der Darstellung

## Korrektur durch Regler:

Einzelregler für Tiefen, Lichten,

## Korrektur mit interaktiven Werkzeugen:

Nachbelichten (*burn*) und Abwedeln (*dodge*)

Namen von klassischer Labortechnik entlehnt

Runde Masken (oder Hände), müssen in Bewegung sein

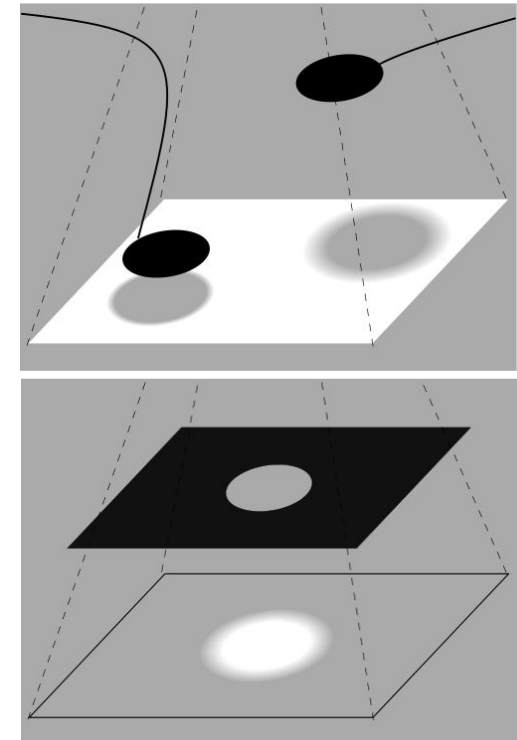
Wirkungsvoll bei hoher Pixeltiefe des Originals

## Destruktive Korrekturen immer über eigene Ebene

Zuerst Ebene duplizieren (ganzes Bild)

## Ähnliches Werkzeug: Schwamm (*sponge*)

Selektive Sättigungsänderung



Bilder: Wikipedia



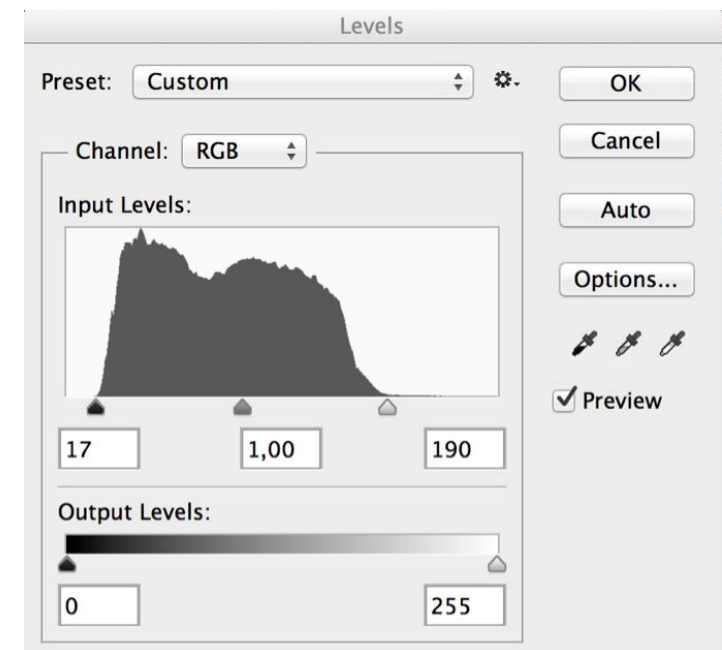
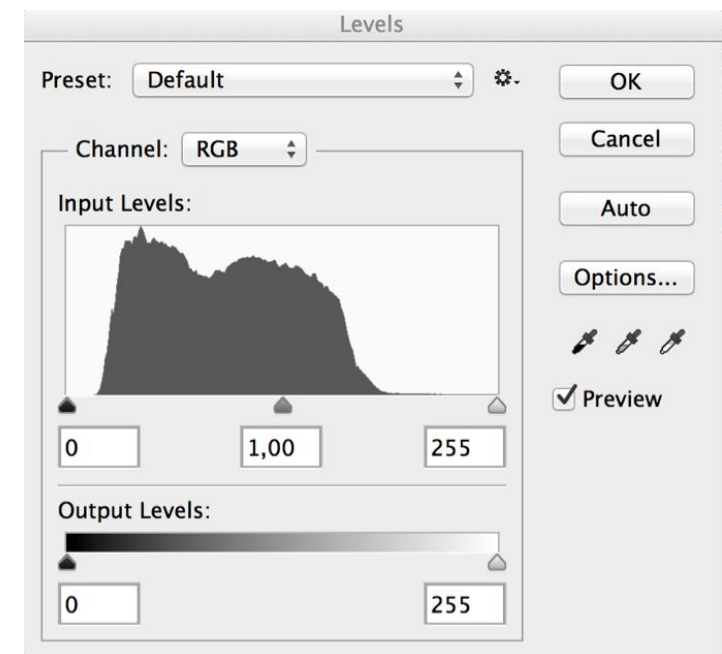
# Tonwertumfang/Kontrast

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

Zu starken Kontrast vermeiden!  
Gesamthelligkeit nachjustieren



# Gradationskurven

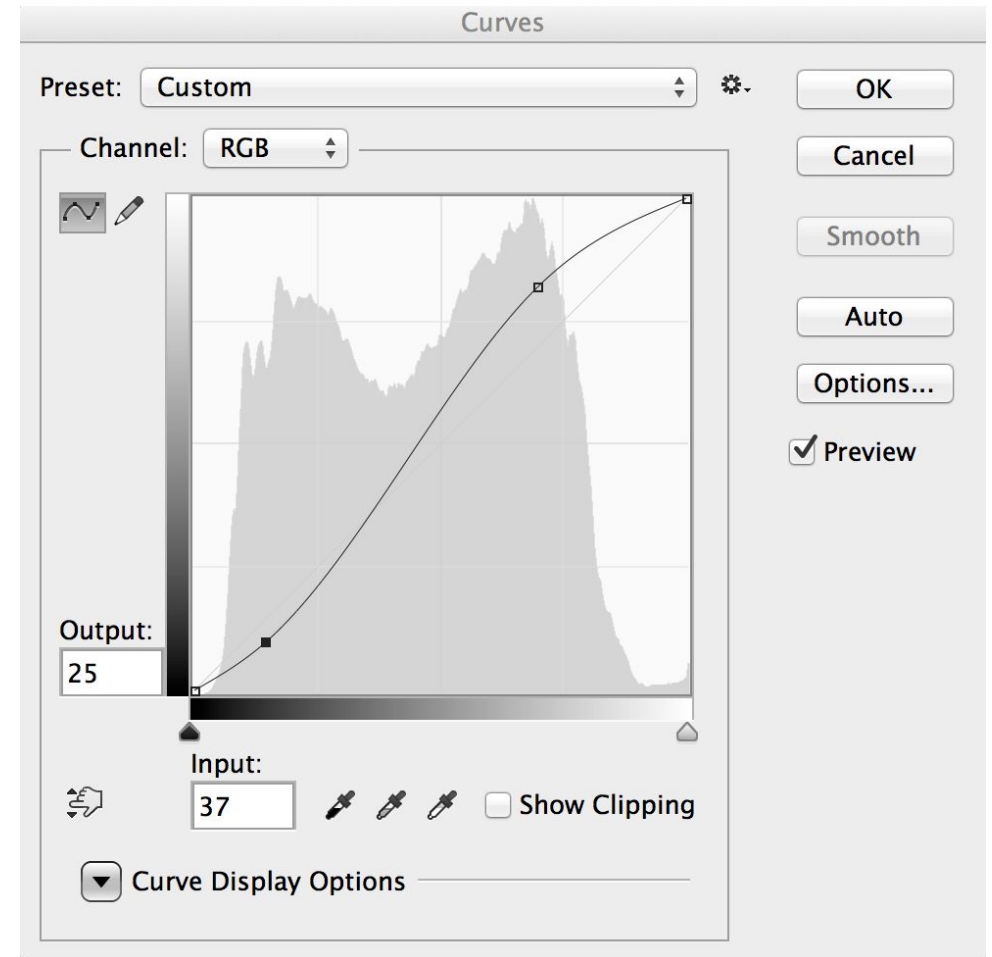
## Nicht-lineare Modifikation der Tonwerte

Gradationskurven:  
interaktive Modifikation mit direkter Vorschau

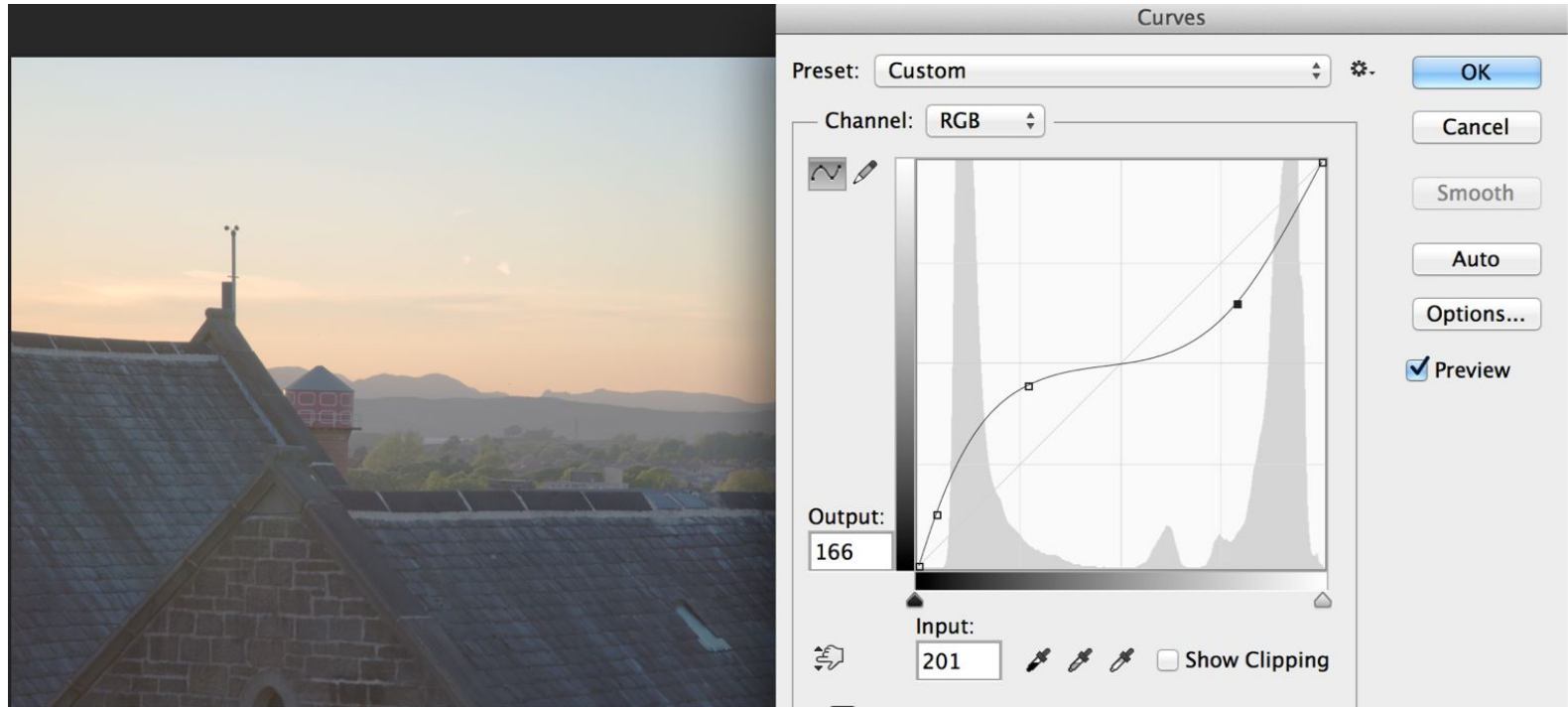
Oft sinnvoll: Leichte S-Kurve  
(entspricht dem Verhalten von fotografischem Film)

## Hilfspunkte:

Photoshop: Auswahl von Hilfspunkten via Pipetten-Werkzeug im Bild möglich

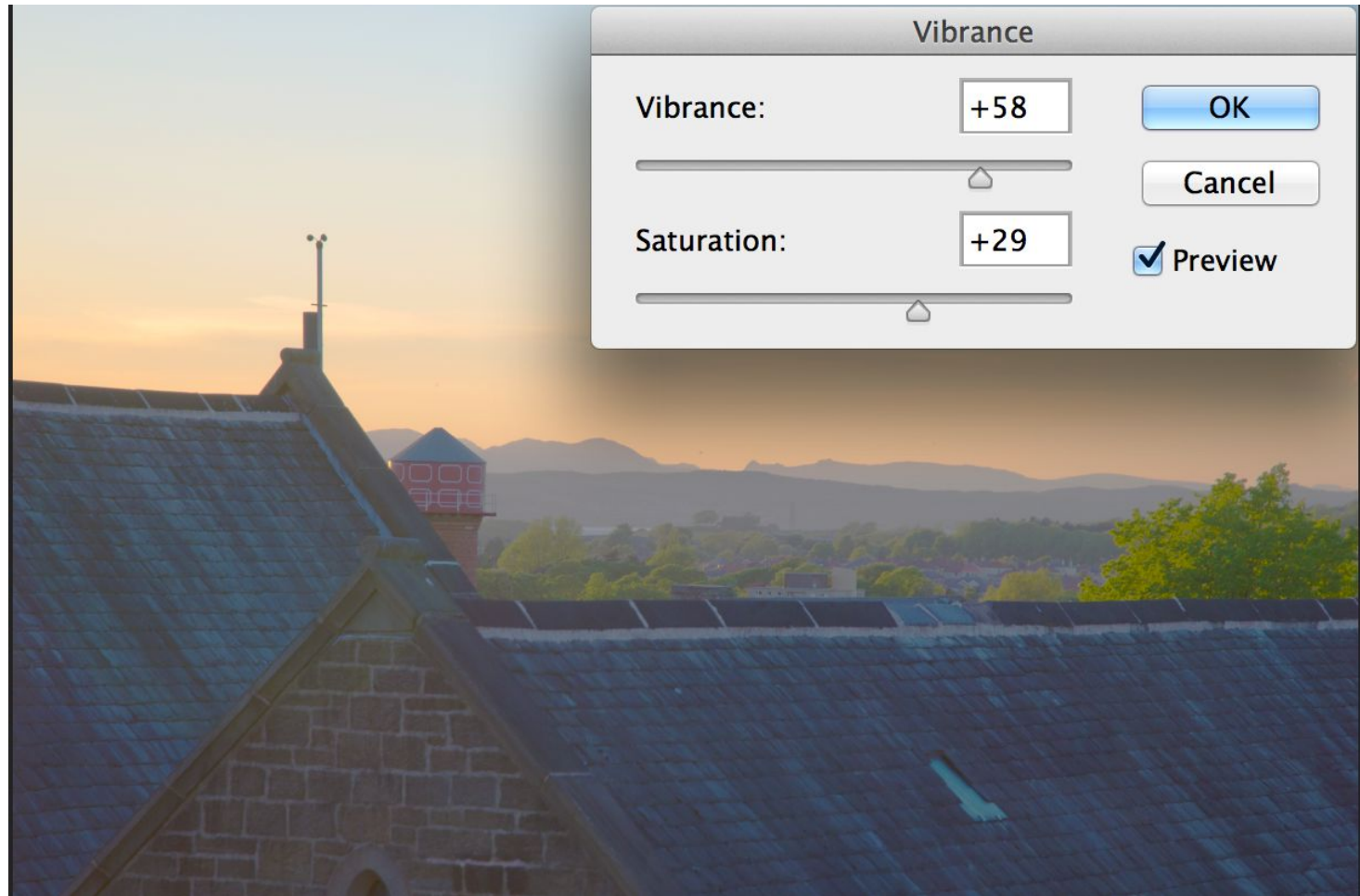


# Gradationskurven



Hier: Aufhellen der dunklen Bildbereiche

# Sättigung + Dynamik



Hier: Erhöhen der Farbsättigung  
„Dynamik“ (*vibrance*): Modifizierte Sättigung nur für wenig gesättigte Farben

# Lokale Modifikationen für Bildbereiche

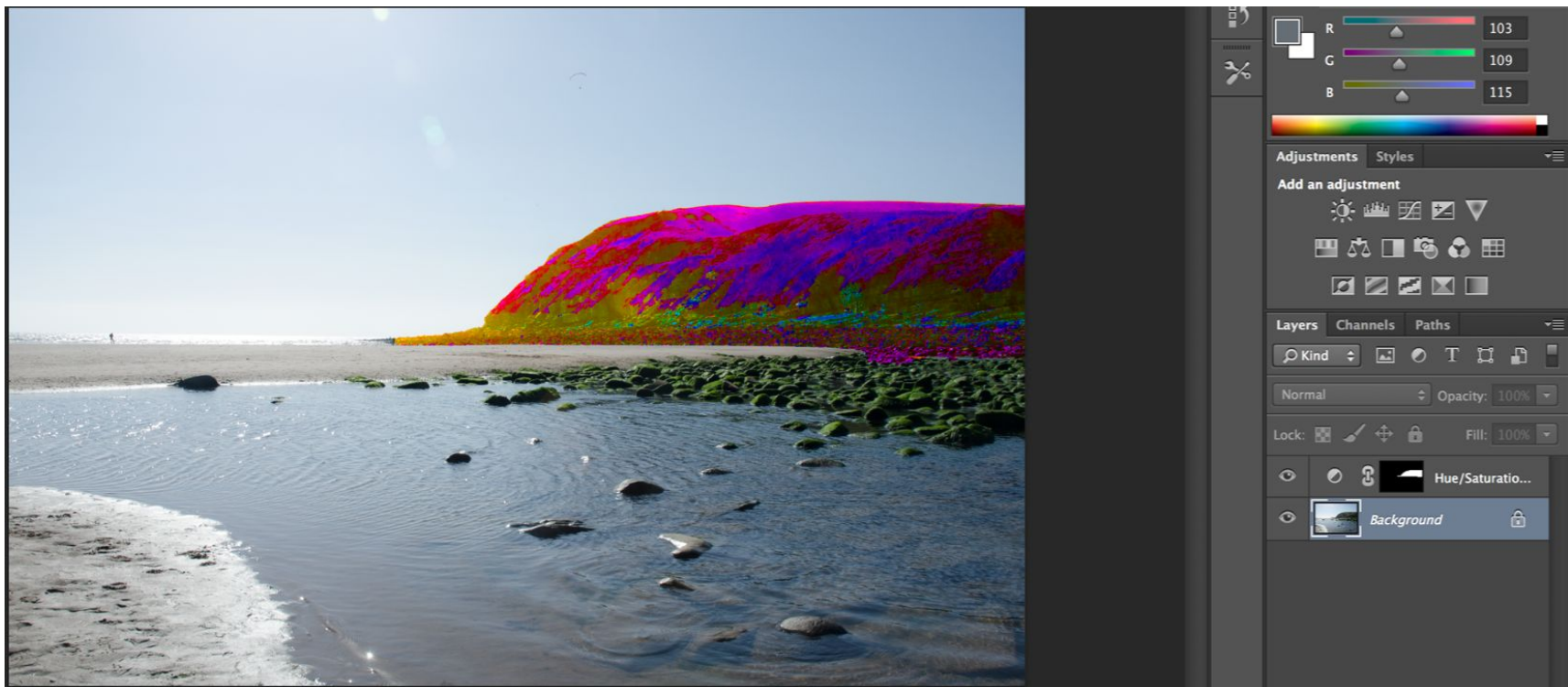
Beispiel: Ein spezielles Objekt im Bild in der Farbe verfremden

Lösung: Verwendung von bildverändernden Techniken:

Ebenen, Freistellen mit Masken!

Anwendbar z.B. für objektlokale Änderung von Kontrast, Helligkeit usw.

Aber auch zur Ableitung völlig neuer Bilder



# Grundlegender Arbeitsablauf der Bildbearbeitung



# Schärfen

Frühere Technik mit Film hieß „Unscharf Maskieren“

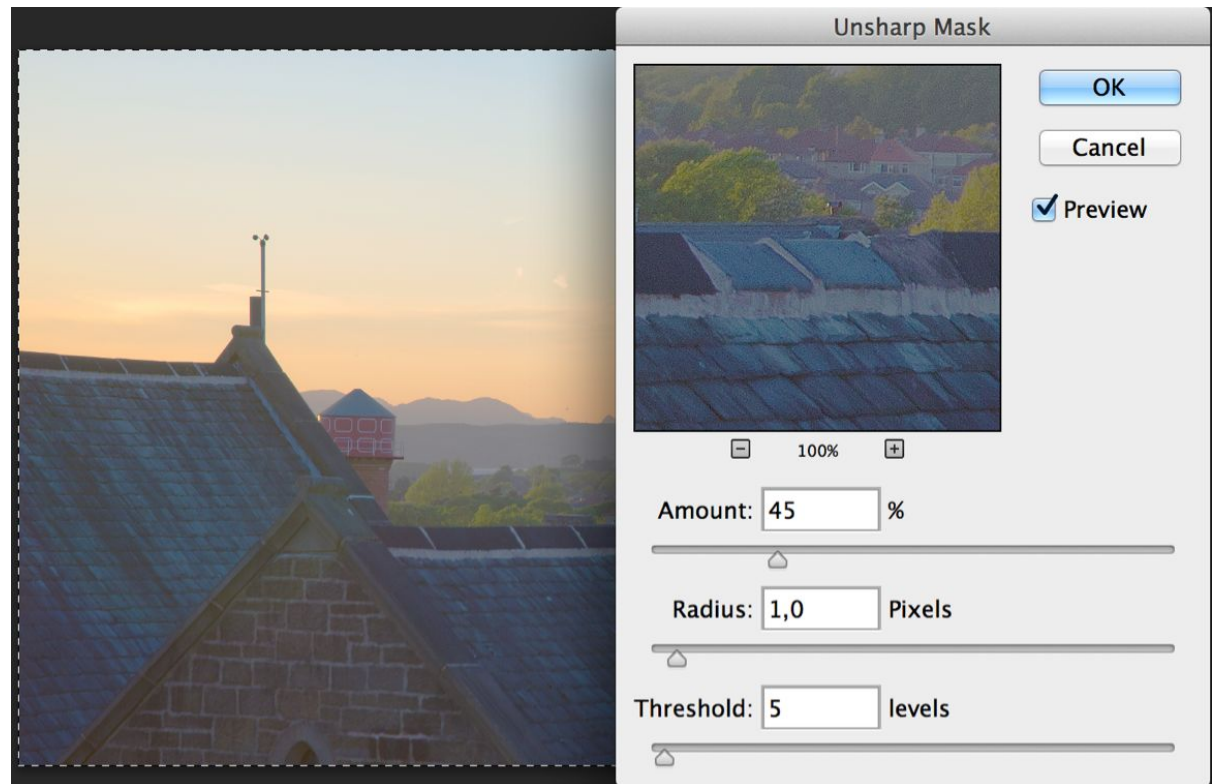
Mathematische Nachbildung davon liefert immer noch sehr gute Schärfung

Ansonsten prinzipiell Hochpassfilterung!

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

Für Bildschirm eher stärker

Für Print eher schwächer



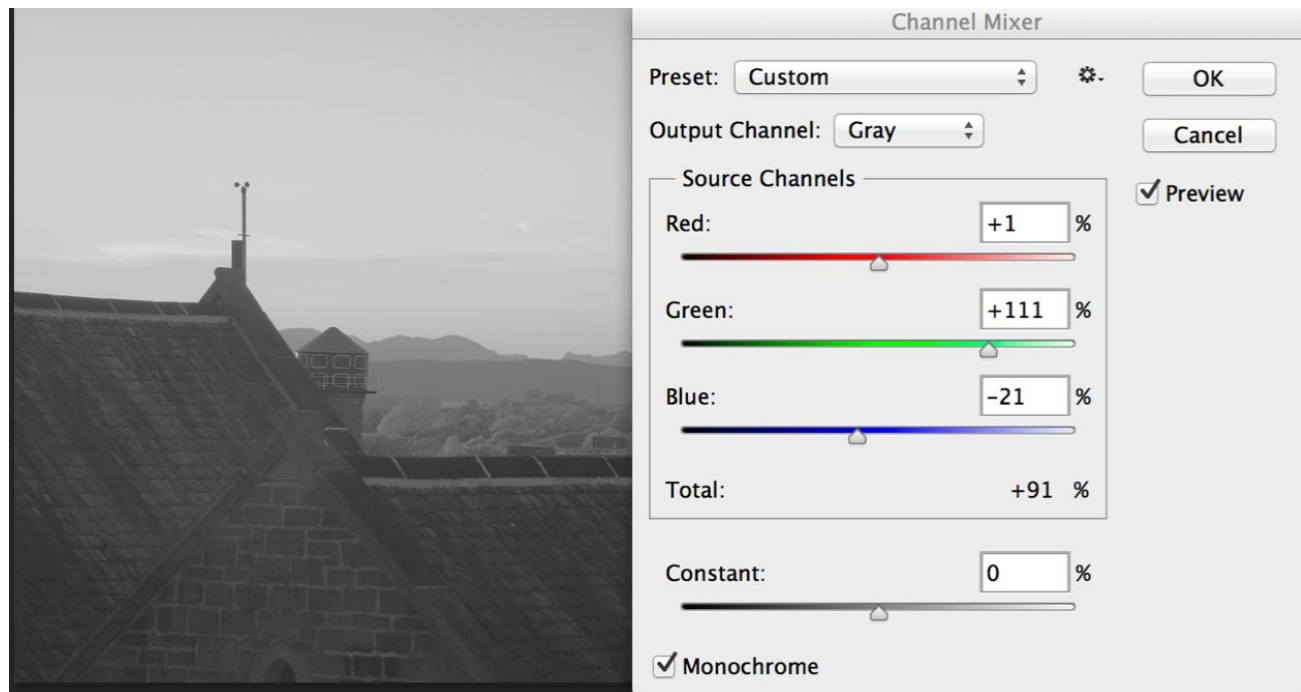
# Schwarz-Weiß-Konversion

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





# 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

