

Bildbearbeitung

Teil des Moduls 5CS-CGAN-50 im Studiengang Informatik

Teil 1

Referent: Hendrik Siegmund

Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- Sensortechnik und Kameras
 - CCD, CMOS, Farben und Farbaufzeichnung, Größe und Format
 - Kamerakomponenten und Kamerateypen
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildbearbeitung und Bildverwaltung
 - Tools und praktische Vorgehensweisen

Das Modul – Ablauf

- 44 Stunden Präsenzveranstaltung und Übungen
- Theorieteil: Technische Entwicklung, Sensoren, Kameras, Objektive, Bearbeitungsmethoden zur Bildausgabe am Monitor und auf Papier
- Praxisteil
 - Fotografieren mit einer DSLR (oder einer eigenen Kamera anderen Typs)
 - Selbst aufgenommene Bilder in Adobe Photoshop gestalten und bearbeiten
- Prüfungsvorbereitung
- Prüfung: Klausur, 50% Anteil von insgesamt 180 min Prüfungsleistung
 - Wissen anwenden
 - Praktische und methodische Vorgehensweisen

Das Modul – Lernziele

- Technik, Komponenten und Funktionsweise digitaler Kameras kennen und verstehen
- Sensoren und Kamerateypen qualitativ und bezüglich der Eignung für bestimmte Aufgaben einschätzen
- Techniken zur Aufnahme und Ausgabe farbiger Bilder und Methoden des Farbmanagements kennen und anwenden können
- Technische und künstlerische Mittel zur Gestaltung von Bildern kennen, beschreiben und einsetzen
- Software zur Bildverwaltung und -bearbeitung kennen und Bilder so bearbeiten können, dass ein beabsichtigter Eindruck entsteht

Das Modul – Literatur

- Bisping, B., Böhm, M., Heinen, G., Kamp, W. (2014): *Professionelle Bildbearbeitung*; Europa Lehrmittel
- Bühler, P. (2017): *Digitale Fotografie: Fotografische Gestaltung - Optik -ameratechnik*. Berlin, Heidelberg; Springer Vieweg.

Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- **Fotografie**
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeverfahren
- Sensortechnik und Kameras
 - CCD, CMOS, Farben und Farbaufzeichnung, Größe und Format
 - Kompakt- und Bridgekameras, DSLR und DSLM
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildbearbeitung und Bildverwaltung
 - Tools und praktische Vorgehensweisen

Fotografie

Grundlagen: Eine kurze Geschichte der Fotografie

- Das Loch in der Box: Die Camera Obscura
- Das erste festgehaltene Bild: Ein Blick aus dem Arbeitszimmer
- Die Daguerreotypie: Bild hinter Glas
- Vom Glas zu Negativ und Positiv und Film
- Kleinbildfilm und Kleinbildkamera
- Elektronen statt Silbersalz: Halbleitersensoren für Fernsehkameras
- Technik aktueller Sensoren und Kameras
- Ausblick

Fotografie – Entwicklung

Das Loch in der Box: Die Camera Obscura

- Aristoteles (384-322 v. Chr.) beobachtet eine partielle Sonnenfinsternis
- Durch die Zwischenräume zwischen den Blättern fällt Licht auf den Boden
- Die hellen Flecken sind nicht wie gewohnt rund, sondern bilden die halb verdeckte Sonne ab

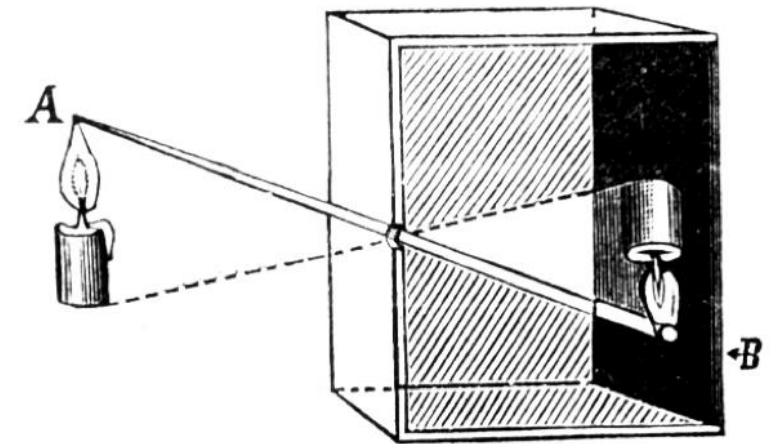


Fotografie – Entwicklung

Das Loch in der Box: Die Camera Obscura

Das Abbildungsprinzip:

- Von jedem Punkt eines Motivs gehen Lichtstrahlen in nahezu alle Richtungen aus
- Davon gelangen nur wenige gerichtete Strahlen durch das Loch in der Camera Obscura auf deren Rückwand
- Dort entsteht ein reales Bild, das umso schärfer ist, je kleiner der Durchmesser des Lochs ist

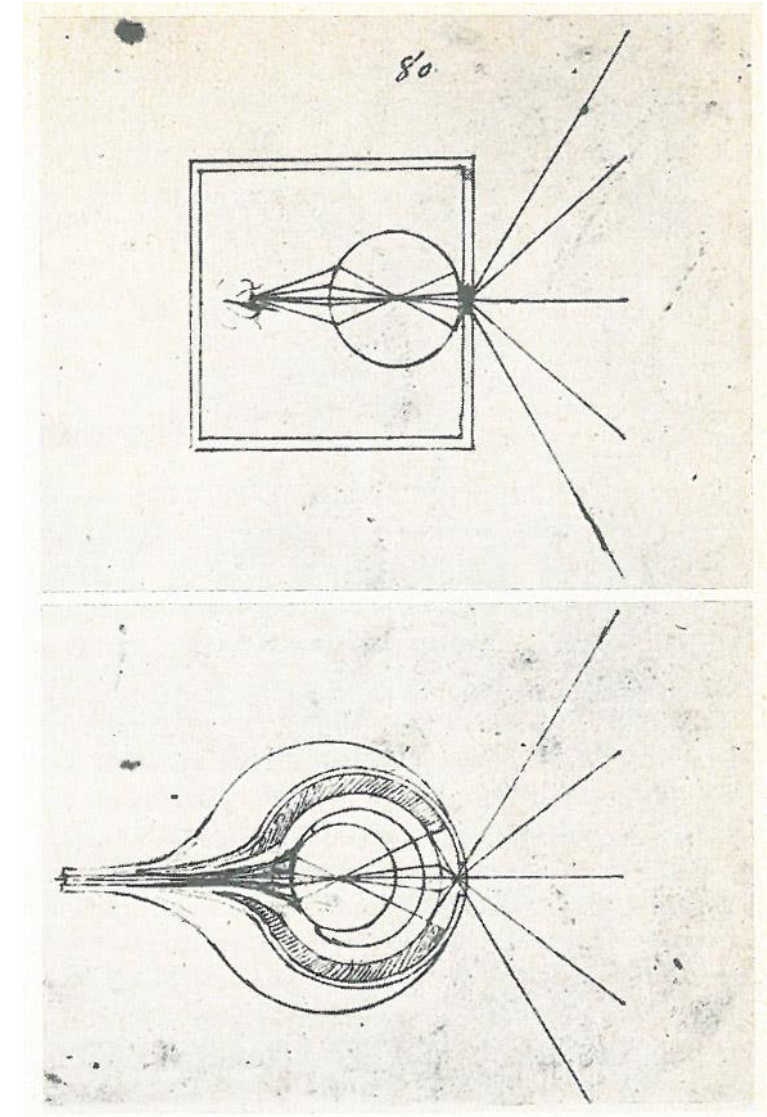


Quelle: commons.wikimedia.org

Fotografie – Entwicklung

Das Loch in der Box: Die Camera Obscura

- Leonardo da Vinci (1452-1519) vergleicht diesen Abbildungsvorgang 1490 mit dem Strahlengang im Auge des Menschen
- Aus seiner Zeichnung geht ein näherungsweise korrektes Verständnis hervor



Leonardo Da Vinci, Strahlengang in Camera obscura und Auge. Codex Atlanticus 1490-95, Quelle: commons.wikimedia.org

Fotografie – Entwicklung

Das Loch in der Box: Die Camera Obscura

- Das Prinzip lässt sich auch auf einer aktuellen Digitalkamera praktizieren:
- Glaslose Lochblende (Pinhole) statt Objektiv
- Die Ergebnisse sind allerdings bezüglich der Abbildungsleistung kaum mehr als ein proof of concept...



Quelle: Thingify



Foto: Eberhard Meißner

Fotografie – Entwicklung

Camera Obscura – erste Verbesserungen

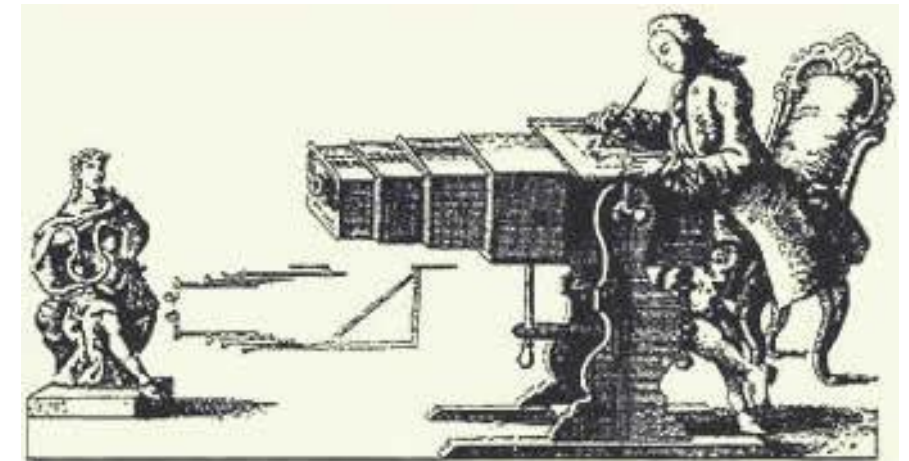
- Ab dem 16. Jahrhundert wird das Loch durch eine Glaslinse ersetzt, was zu hellerer und schärferer Abbildung führt
- Projiziert wird auf eine abgedunkelte Mattscheibe

Gebrauchswert:

- Abzeichnen eines originalgetreuen Abbildes von der Mattscheibe, später mit Spiegel



Quelle: www.photobibliothek.ch/seite007ap.html

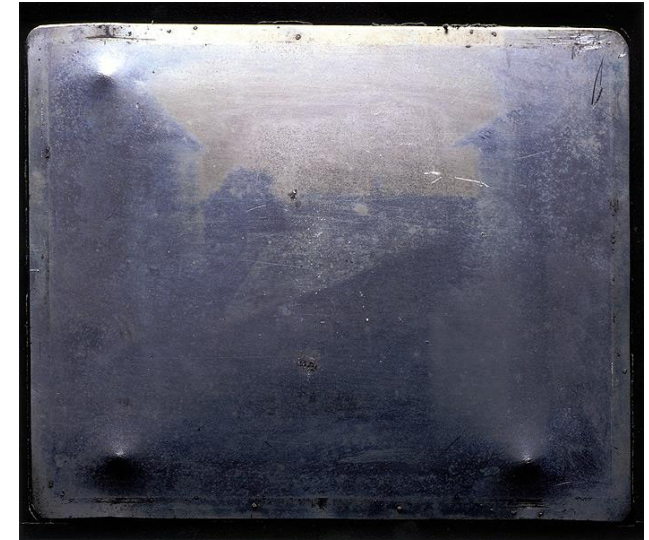


Aus: Georg Friedrich Brander (1769), Beschreibung dreyer Camerae Obscurae. Quelle: precinemahistory.net/1750.htm

Fotografie – Entwicklung

Das erste festgehaltene Bild: Ein Blick aus dem Arbeitszimmer

- Der Franzose Joseph Nicéphore Niépce kann im Herbst 1826 erstmals das Bild aus einer Camera Obscura permanent speichern:
- Mit 8 Stunden Belichtungszeit fängt er den Blick aus seinem Arbeitszimmer ein
- Das Bild wird auf einer mit lichtempfindlichem Asphaltlack beschichteten Metallplatte festgehalten
- Niépce nennt das Verfahren **Heliographie**



Original von 1826...



...und retuschierte Reproduktion von 1952

Fotografie – Entwicklung

Die Daguerreotypie: Bild hinter Glas

- Eine kommerzialisierte Alternative zur Heliographie geht auf **Loius Daguerre** zurück
- Er nutzte um 1835 die Lichtempfindlichkeit von Silbersalzen
- Versilberte Kupferplatten werden poliert und anschließend mit Brom- und Jodsalzen bedampft, dadurch bildet sich eine lichtempfindliche Schicht
- Diese Platte wird in der **Daguerreotypie-Kamera** belichtet
- Belichtungszeiten: 1839 ca. 15-30 min., 1842 ca. 1 min.

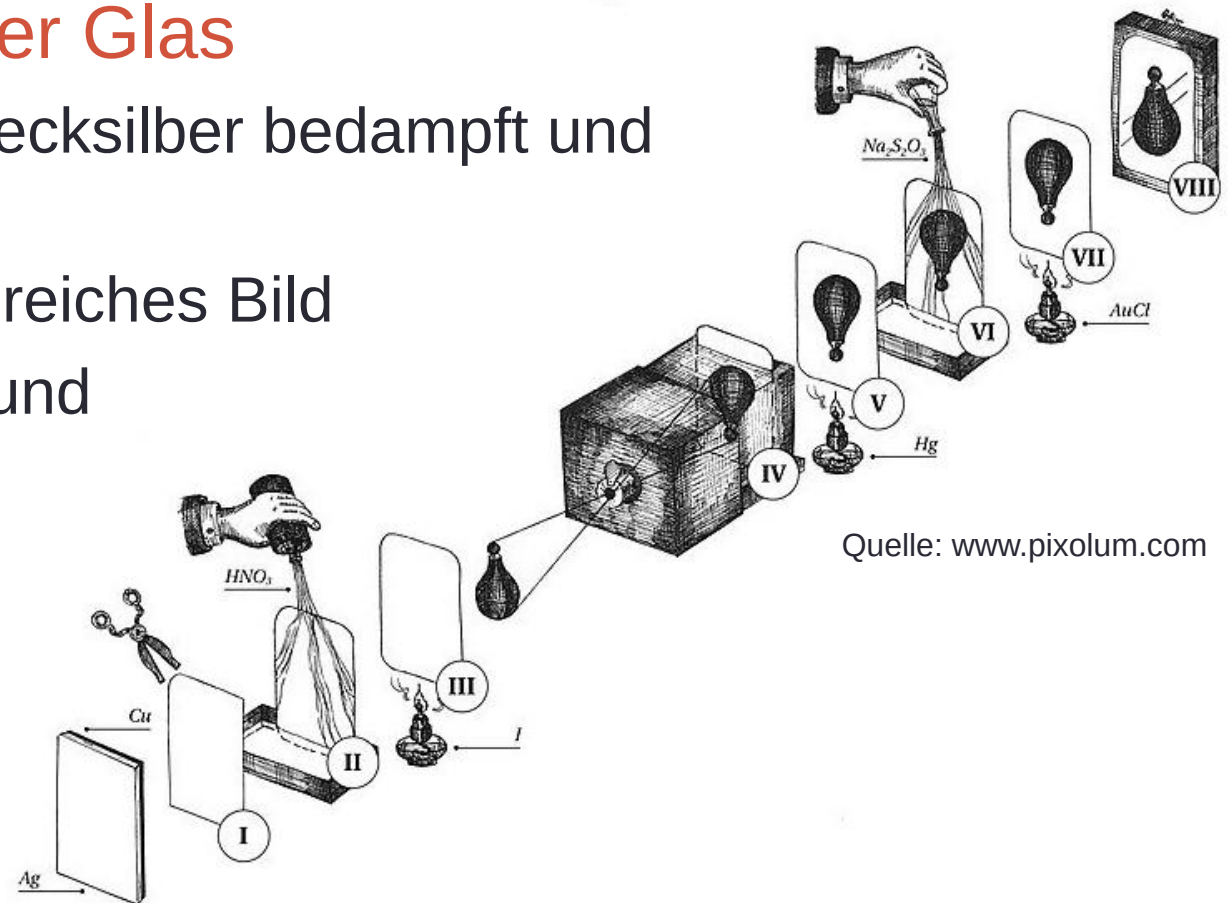


Daguerreotypie-Kamera. Quelle:
www.wetplatewagon.com

Fotografie – Entwicklung

Die Daguerreotypie: Bild hinter Glas

- Die **belichtete Platte** wird mit Quecksilber bedampft und mit Natriumthiosulfat fixiert
- Es entsteht ein erstaunlich detailreiches Bild
- Der Prozess ist aber langwierig und kompliziert...



Quelle: www.pixolum.com

Fotografie – Entwicklung

Die Daguerreotypie: Bild hinter Glas

- Jedes Bild ist ein **Unikat** und äußerst berührungsempfindlich. Deshalb wird es luftdicht hinter Glas eingeschlossen
- Bei Bedarf ist vorher das Kolorieren möglich

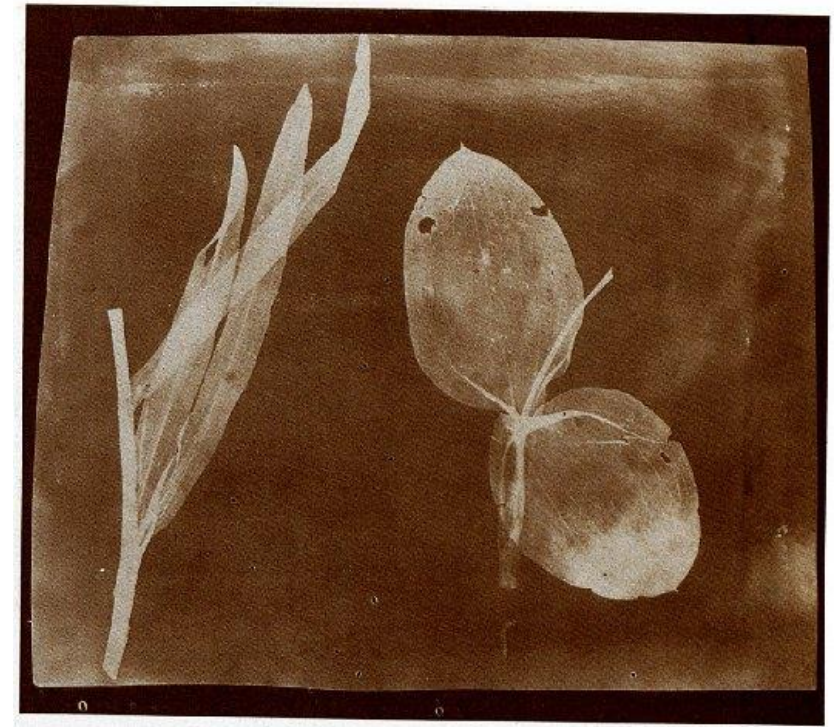


Louis Daguerre 1844.
Quelle: Creative commons

Fotografie – Entwicklung

Vom Glas zu Negativ, Positiv und Film

- In England entwickelt William Henry Fox Talbot ab 1834 ein Verfahren, das eine lichtempfindliche Schicht aus Silberjodid auf Papier verwendet: **Kalotypie**
- Bei Belichtung in einer Kamera entsteht ein **Negativ**
- Das Negativ wird mit Natriumthiosulfat **fixiert** und dadurch lichtunempfindlich

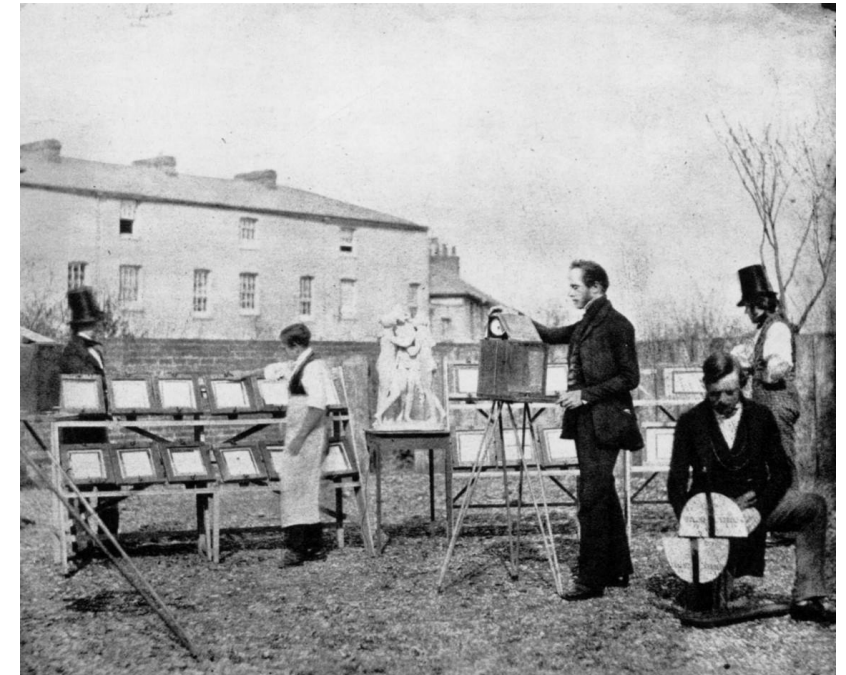


Quelle: kwerfeldein.de

Fotografie – Entwicklung

Vom Glas zu Negativ, Positiv und Film

- Durch **Kopieren** können **beliebig viele Positive** vom Negativ erstellt werden
- Das Verfahren wird 1841 patentiert
- Es ist billiger und einfacher als die Daguerreotypie
- Wegen unzureichender Qualität des Papiers (grobe Fasern) liefert es anfangs aber wenig überzeugende Bildqualität



Quelle: www.wikiwand.com

Fotografie – Entwicklung

Vom Glas zu Negativ, Positiv und Film

- Fortschritte in der Entwicklung lichtempfindlicher Chemikalien, der Träger und der Optik ermöglichen jetzt Belichtungszeiten im Sekundenbereich
- Die Kamera bekommt einen **Verschluss**, der solche kurzen Zeiten präzise realisiert
- Nach Glas kommen Papier und Zelluloid als Träger der lichtempfindlichen Schicht („Emulsion“) zum Einsatz, zunächst als Planfilm in **Plattengröße**, z.B. 13x18cm



Quelle: www.museen.thueringen.de/Objekt/DE-MUS-047529

Fotografie – Entwicklung

Vom Glas zu Negativ, Positiv und Film

- Ab 1848 gibt es Film auf einer Papierrolle
- Um 1890 kommt nach Patentstreitigkeiten mit dem eigentlichen Erfinder Hannibal Goodwin ein von der Fa. Eastman Kodak entwickelter **Rollfilm** auf den Markt:
- 61mm breiter Film auf einer Rolle
- Verkauf zunächst in der Kamera Kodak No. 1, die mit **Entwicklungs- und Filmtauschservice** angeboten wurde
- Noch um 1930 ähnliche Modelle, z.B. Kodak 620



Quelle: www.photographic-flux.ch



Fotografie – Entwicklung

Vom Glas zu Negativ, Positiv und Film

- Weitere Formate für Rollfilm kommen hinzu, z.B. 8x10,5cm
- Rollfilm für Bildformate wie 6x6cm oder 6x9cm ist auch heute noch erhältlich und kann hohe Bildqualität in schwarzweiß liefern



Quelle: kameramuseum.de

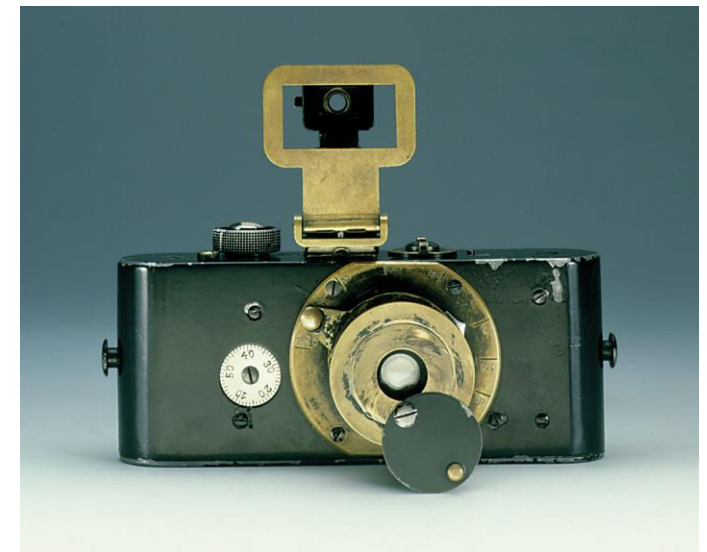
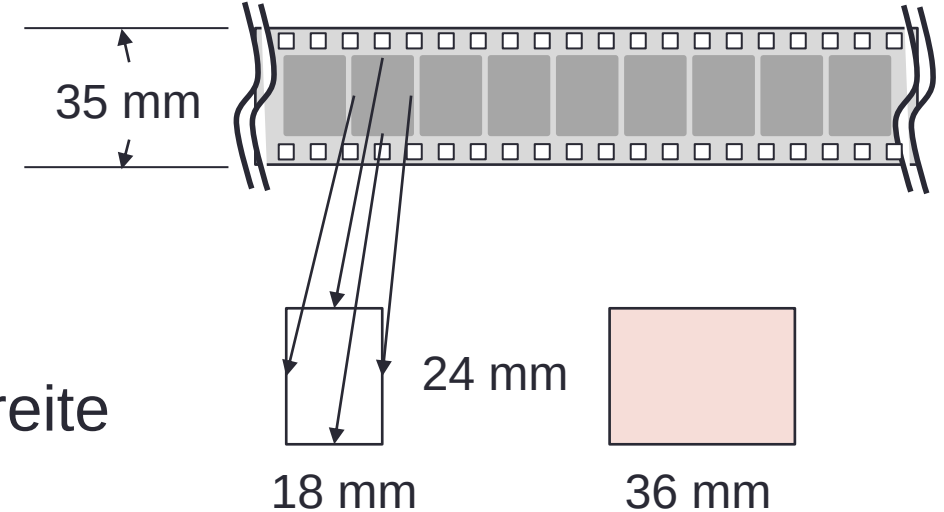


Zeiss-Ikon Rollfilm-Kamera halloh 505/1 von 1927-1928, Neupreis 139,- RM

Fotografie – Entwicklung

Kleinbildfilm und Kleinbildkamera

- Nach Einführung des **Kinofilms** mit 35 mm Breite wird dieses Format auch für die Fotografie eingesetzt
- Die Fa. Leitz entscheidet 1914, die ein Jahr zuvor vom Mitarbeiter Oskar Barnack entwickelte Kleinbildkamera zu produzieren. Sie ist heute als **Ur-Leica** bekannt
- Das Bild ist gegenüber dem Kino um 90° gedreht, es ergibt sich das Bildformat **36x24mm** – bis heute ein Standard auch in der digitalen Fotografie

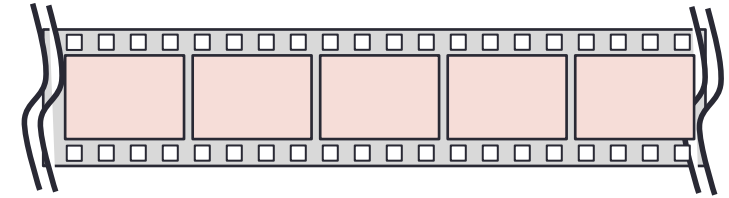


Ur-Leica, 1914. Quelle: Leica Microsystems

Fotografie – Entwicklung

Kleinbildfilm und Kleinbildkamera

- Qualität, Handhabung und Preis stehen beim Kleinbildformat in einem so günstigen Verhältnis, dass schnell auch Hobbyfotografen zu den kleinen und leichten Kameras greifen
- Die Kameras erhalten Elektronik zur Messung der Belichtung, motorischen Filmtransport und weitere Add-Ons wie Autofocus-Systeme
- Bis zur Einführung der Digitalfotografie dominiert der Kleinbildfilm den Markt



Voigtlander Vito B-126, darunter Rückseite mit 35mm KB-Film. Neupreis 1958 um 139,- DM

Fotografie – Entwicklung

Das „Ende“ der analogen Fotografie

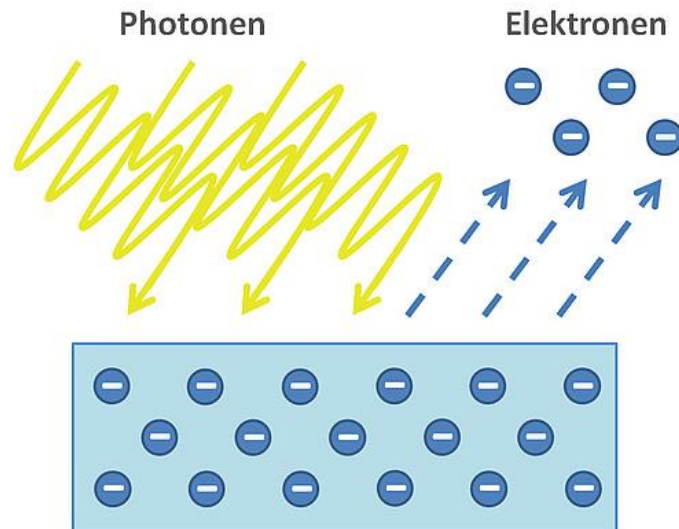
- Analoge Kameras haben die chemische Speicherung der Bilder mit Silbersalzen gemeinsam
- Diese chemische Speicherung eignet sich – außer bei Sofortbildkameras - nicht für eine Bildbetrachtung oder gar die Bildübertragung ohne Zeitverzug
- Stets sind Entwicklungs- und Kopierprozesse erforderlich, bei üblichen Filmen mit mindestens einigen Stunden Dauer
- Für die Realisierung von Live-Übertragungen musste ein anderes Konzept entwickelt werden: **Elektronische** Bildaufnahme

Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

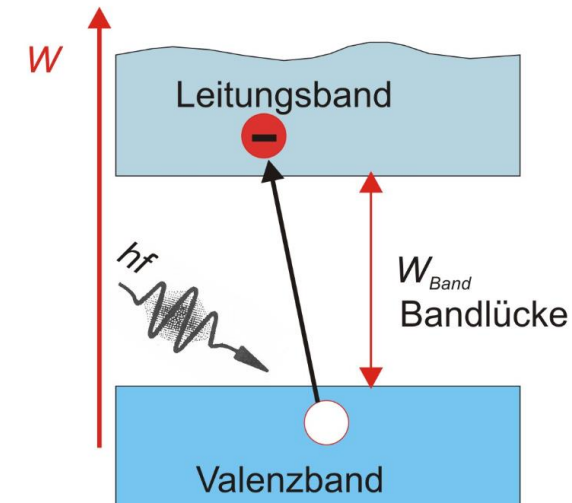
- Eine Alternative: Abbildung mithilfe des photoelektrischen Effektes

Äußerer photoelektrischer Effekt (Metalle)



Quelle: www.energie-experten.org

Innerer photoelektrischer Effekt (Halbleiter)



Quelle: www.praktikumphysik.uni-hannover.de

Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

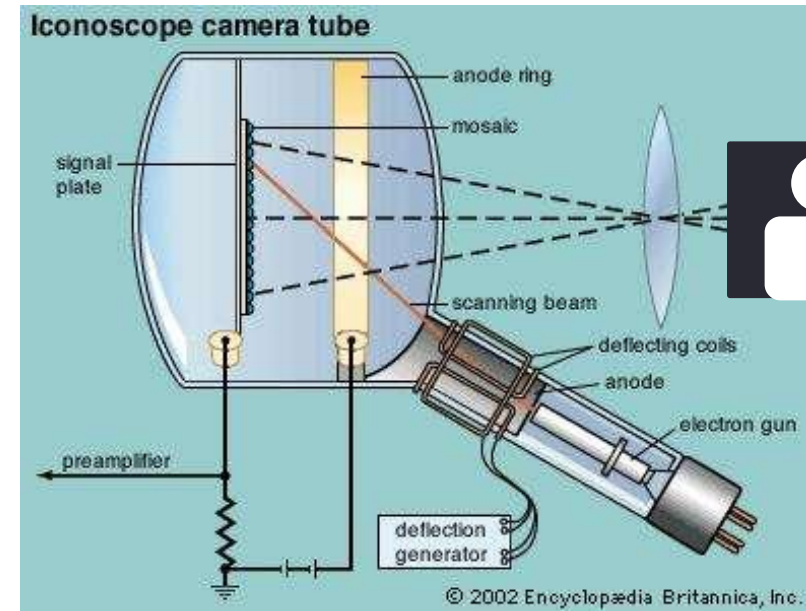
- Vladimir Zworykins **Ikonoskop**
- Patentantrag 1923:
- Auf eine **Mosaik-artige Schicht aus kleinen Silber- und Caesiumpartikeln** im Vakuum auftreffende Photonen werden in lokale elektrische Ladung umgewandelt und vorübergehend gespeichert



Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Vladimir Zworykins **Ikonooskop**
- Die lokal gespeicherte Ladung repräsentiert das optische Bild als Elektronenbild
- Dieses lässt sich mit abgelenktem Elektronenstrahl zeilenweise auslesen, in ein elektrisches Signal umwandeln, verstärken und synchron wiedergeben



Quelle: cdn.britannica.com



Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Weltausstellung 1939 in New York: Die RCA stellt ein auf Ikonoskop und Braunscher (Bild)-Röhre basierendes Fernsehsystem vor
- Manfred von Ardenne hatte in Deutschland schon 1931 eine ähnliche Technik vorgestellt, allerdings auf Basis mechanischer Abtastung
- Das Ikonoskop wird anschließend über mehrere Schritte optimiert, vor allem zur Erhöhung der Lichtempfindlichkeit:
 - Super-Ikonoskop
 - Orthiskop

Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Um 1950 wird mit dem **Vidicon** eine deutlich kleinere und sparsamere Bildaufnahmeröhre eingeführt.
- Die lichtempfindliche Schicht (Target) ist mit **Selen** erstmals ein **Halbleiter**
- 1962 verbessert Philips mit dem **Plumbicon** durch die Verwendung von **Bleioxid als Target** Lichtempfindlichkeit und Bildqualität drastisch



Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Vidicon, Foto PaulT.

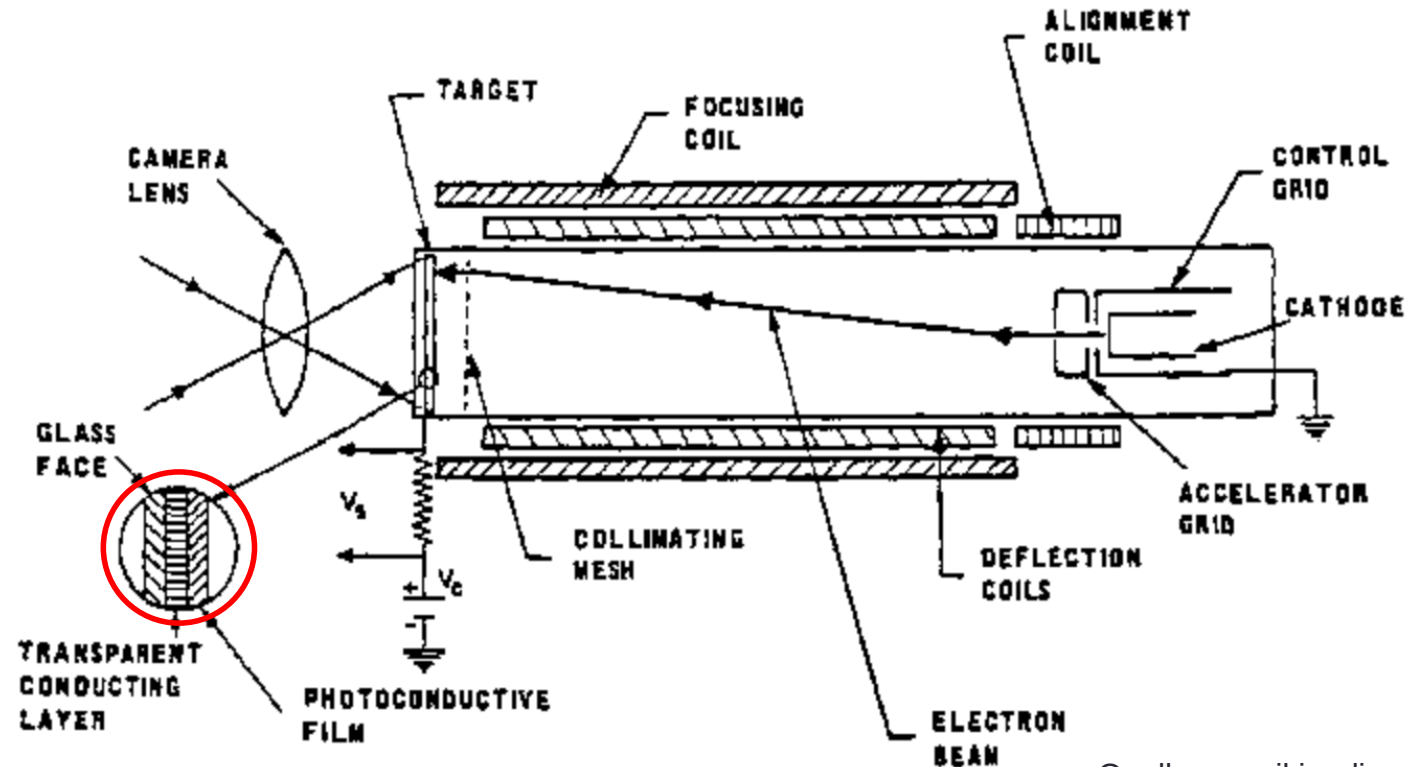
Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

Funktionsskizze



Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Vidicon, Foto PaulT.



Quelle: en.wikipedia.org

Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Ein werbetechnisches Kuriosum: Die **Sensor-Größenangaben**
- Die Größe der Bildaufnahmeröhren wird in Zoll angegeben, gemessen als **Außendurchmesser der Sensorseite der Röhre**

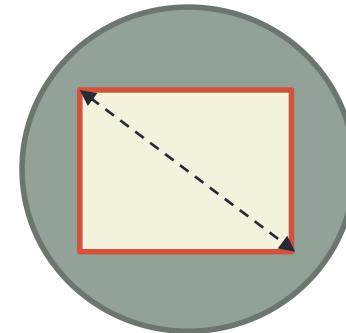
- 1" = 2,54 cm



Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Ein werbetechnisches Kuriosum: Die **Sensor-Größenangaben**
- Von der Fläche sind aber nur rund 2/3 als Bildfeld nutzbar, beim gängigen Format 4:3 etwa 13x10 mm
- 1“-Röhre = **rund 16,4 mm Bildfelddiagonale**
- Diese „Maßeinheit“ 16,4 mm = 1 (Sensor)zoll wird auch noch heute für Halbleitersensoren verwendet!



Alternativen zu Film

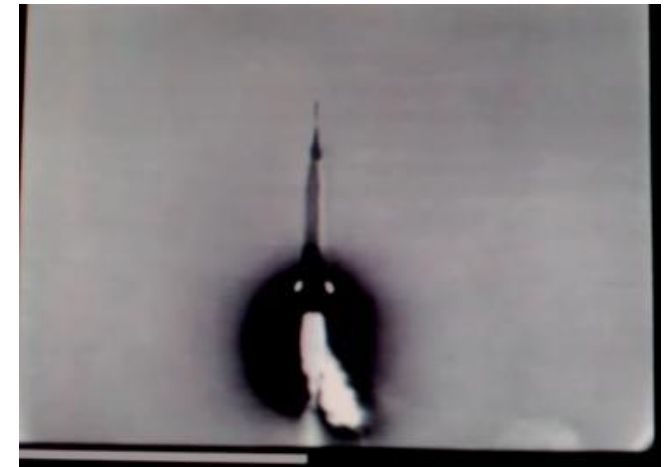
Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

Die wesentlichen Nachteile der Bildaufnahmeröhren:

- Immer noch recht groß
- Hoher Energieverbrauch
- Mäßige Lichtempfindlichkeit
- Begrenzte Lebensdauer
- Hoher Dunkelstrom
- Nachzieheffekt / Comet Tailing
- Fackeleffekt / Blooming / Dark Halo
- ...



Youtube, VWestlife, 25.02.2011



www.youtube.com/watch?v=GVB5dg7XX_g&t=57s

Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Die Entwicklung von Röhrenkameras lief nur bis zum Ende der 70er Jahre
- Mitte der 1970er Jahre waren erste Kameras mit **CCD-Sensor** verfügbar
- 1983 stellt RCA die **CCD-1** vor, eine Farbfernsehkamera mit Bildaufnahme über lichtempfindliche Halbleiter
- Zu der Zeit eine völlig neue Technologie
- Grundsätzlich andere Funktionsweise



Quelle: www.tvcameramuseum.org

Fotografie – Entwicklung

Fragen zum Selbststudium

- Auf welchem optischen Prinzip basiert die Abbildung in digitalen und analogen Kameras? Erläutern Sie dessen Funktionsweise
- Wie wandeln Digitalkameras Licht in speicherbare Bildinformationen um? Welche zwei physikalischen Prozesse spielen dabei eine Rolle?
- Nennen Sie ein Beispiel für einen elektronischen Bildwandler und beschreiben Sie die Funktionsweise
- Beschreiben Sie den Unterschied zwischen der Maßeinheit Zoll und der Längenangabe Zoll für eine Bildsensordiagonale

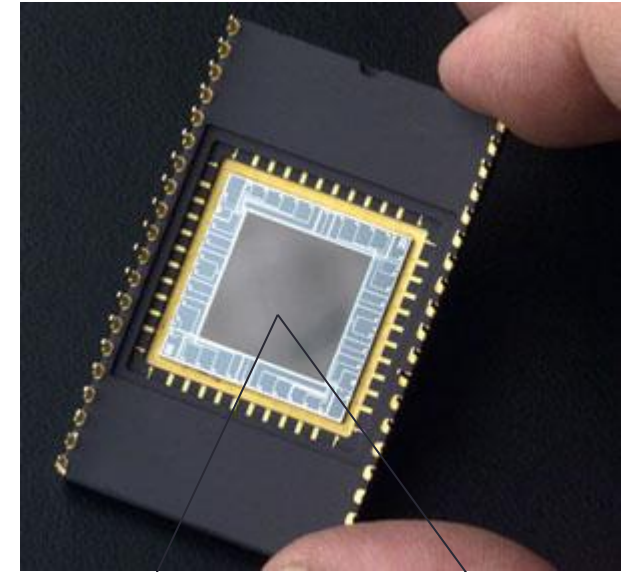
Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- **Sensortechnik und Kameras**
 - **CCD, CMOS**, Farben und Farbaufzeichnung, Größe und Format
 - Kamerakomponenten und Kamerateypen
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildbearbeitung und Bildverwaltung
 - Tools und praktische Vorgehensweisen

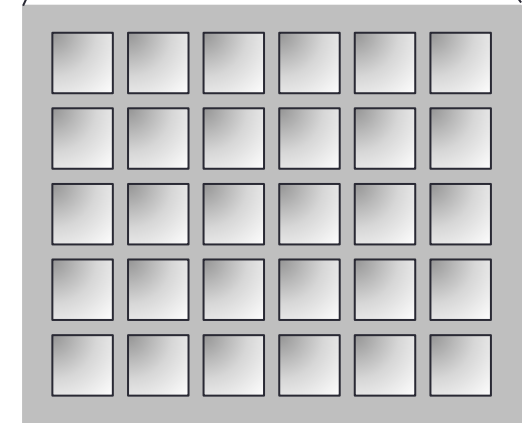
Sensortechnik

Aufbau von Halbleitersensoren

- Halbleitersensoren nutzen den inneren photoelektrischen Effekt
- Das Bild fällt auf viele lichtempfindliche **picture elements** oder **Pixel** auf dem Sensorchip
- Die örtliche Verteilung der Bildhelligkeit wird je Pixel in eine individuelle elektrische Ladung verwandelt: Es entsteht ein „**Elektronenbild**“
- Aktuelle Kamerasensoren können über mehr als 100.000.000 Pixel verfügen



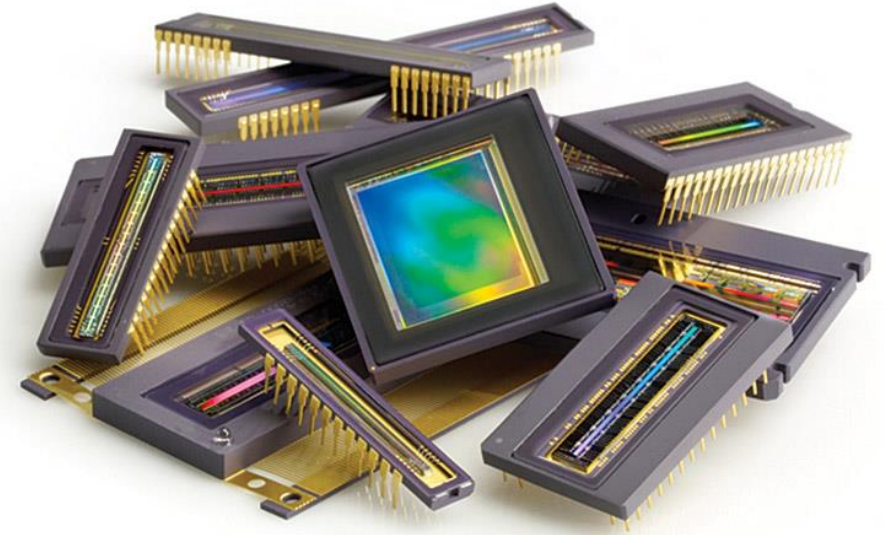
Quelle: www.engineersgarage.com



Sensortechnik

Übersicht der Sensortypen 1

- Es gibt zwei verschiedene Sensortypen
- **CCD** (Charge Coupled Device)
 - Mehrere Varianten in Bezug auf das Auslesen der Daten
- **CMOS** (Complementary Metal Oxide Semiconductor)
 - Mehrere Varianten in Bezug auf Anzahl und Verteilung der Transistoren zum Auslesen und der weiteren Verarbeitung der Daten
- Varianten in Bezug auf die **Einfallsrichtung** des Lichtes
- Varianten mit verschiedenen Anordnungen der Sensorelemente
- Die Funktionsweise von CCD- und CMOS-Sensoren ist verschieden



Quelle: Teledyne DALSA

Sensortechnik

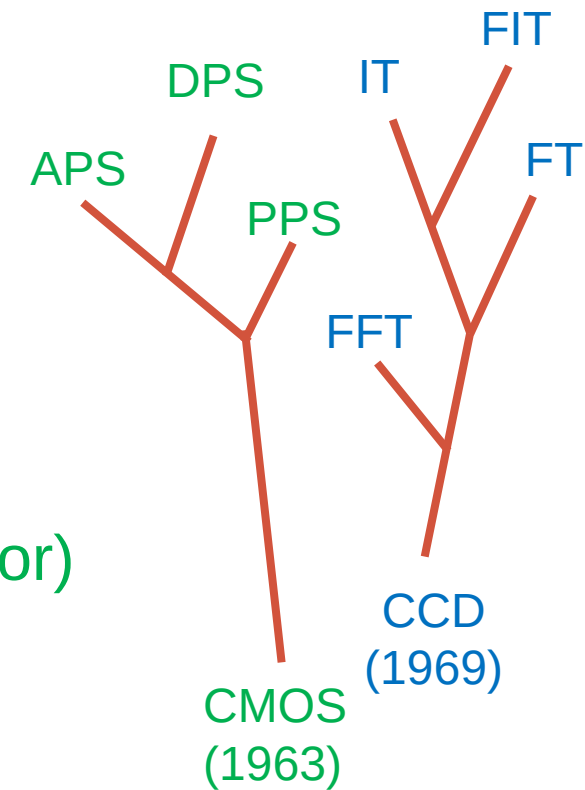
Übersicht der Sensortypen 2

CCD (Charge Coupled Device)

- Full Frame Transfer CCD
- Frame Transfer CCD
- Interline Transfer CCD
- Frame Interline Transfer CCD

CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)

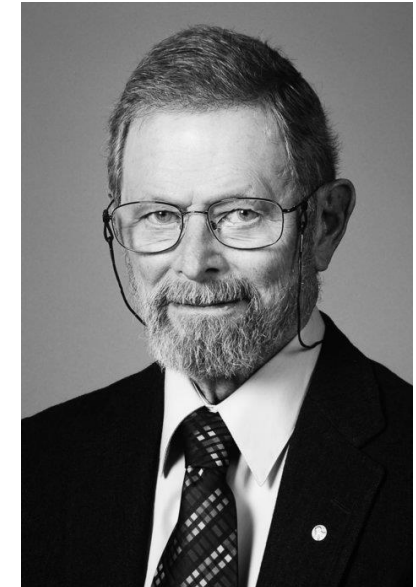
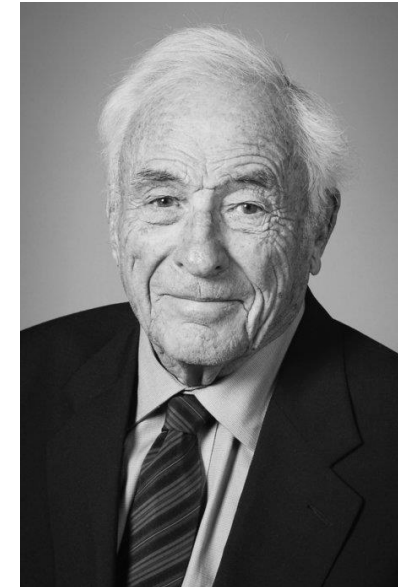
- Passive Pixel Sensor
- Active Pixel Sensor
- Digital Pixel Sensor



Sensortechnik

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- 1969 von Willard Boyle und George E. Smith von den Bell Laboratories Inc. entwickelt und 1970 publiziert
- Bei Experimenten mit **Ladungswolken in Halbleitern** zum Speichern von Daten entdeckt
- 2009 Physik-Nobelpreis für diese Entdeckung

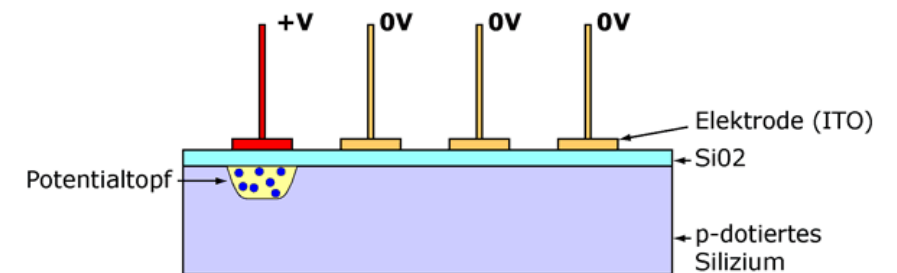
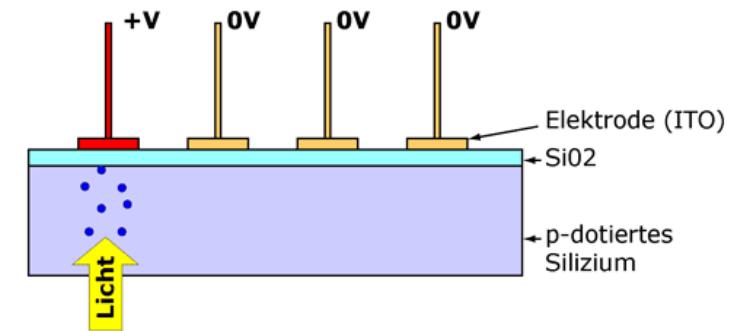


Quelle und ©: The Nobel Foundation.
Photo: U. Montan

Sensortechnik

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- Auf einem p-dotierten SiO_2 -Halbleitersubstrat werden MOS-Kondensatoren hergestellt werden
- Diese werden in Reihen angeordnet
- Jeder Kondensator kann Ladungen speichern
- Die Ladung kann durch Licht, Strom oder Wärme erzeugt werden
- Die Ladungsansammlung sind auf den Kondensator beschränkt und damit örtlich begrenzt

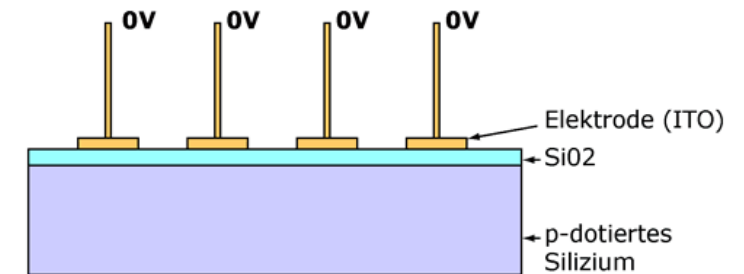


Quelle: kompendium.infotip.de/bildsensoren.html
(nicht mehr online)

Sensortechnik

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

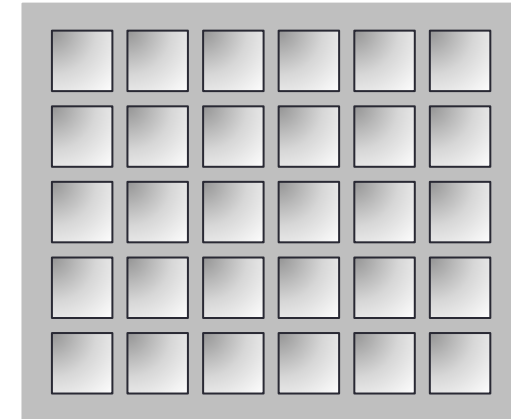
- Schrittweises Fortschalten einer Spannung verschiebt die Ladungen praktisch verlustfrei in einen benachbarten MOS-Kondensator
- Mit passender externer Beschaltung als **Speicher, Schieberegister** oder **Lichtsensor** einsetzbar



Sensortechnik

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

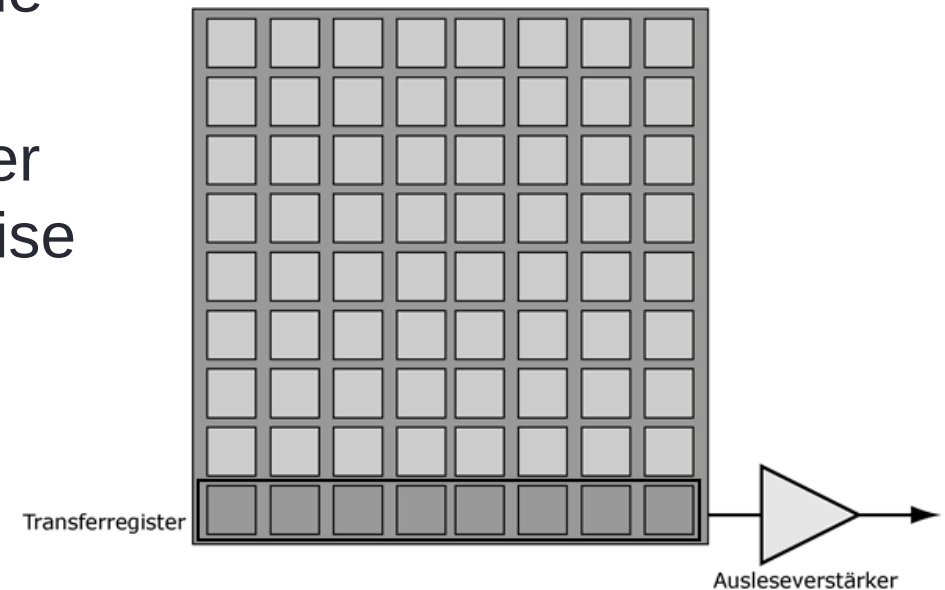
- Zur Anwendung als Lichtsensor werden sehr viele MOS-Kondensatoren als Pixel auf einem Chip zusammengefasst
- Auf die flächig angeordneten Pixel wird beim Belichten das Bild projiziert



Sensortechnik

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- Jedes Pixel erhält eine dem Bild entsprechende Lichtmenge
- Nach der Belichtung werden die Ladungen aller Zellen spaltenweise **verschoben** und zeilenweise **seriell ausgelesen**.
- Der Sensor liefert **analoge Bildsignale**, die Weiterverarbeitung erfolgt extern



Quelle: kompendium.infotip.de/bildsensoren.html
(nicht mehr online)

Sensortechnik

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- Für das Auslesen wird relativ viel Zeit benötigt, sehr schnelle Bildfolgen sind nicht ohne Weiteres möglich
- Während des Auslesens darf kein Licht mehr auf die Zellen fallen, weil sonst Ladung hinzukommt, die das Bild verfälschen würde

Lösungsansätze:

- 1. Ein mechanischer Verschluss wie bei analogen Kameras
- Teuer, langsam und verschleißanfällig...



Quelle: digicam-experts.de

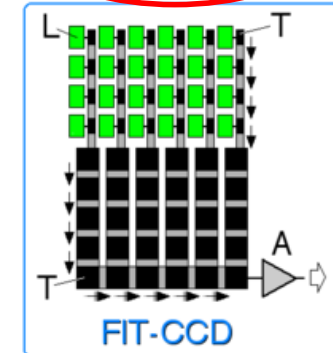
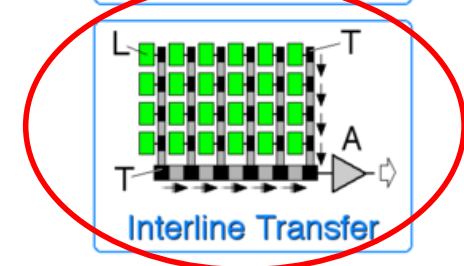
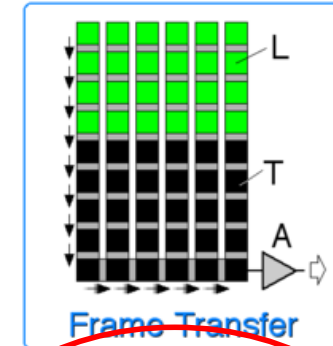
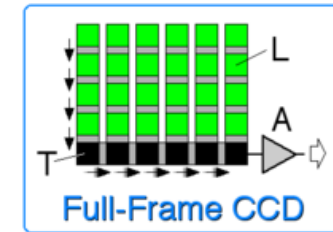
Sensortechnik

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- Für das Auslesen wird relativ viel Zeit benötigt, sehr schnelle Bildfolgen sind nicht ohne Weiteres möglich
- Während des Auslesens darf kein Licht mehr auf die Zellen fallen, weil sonst Ladung hinzukommt, die das Bild verfälschen würde

Lösungsansätze:

- 2. Variation und Optimierung des Ausleseverfahrens: Interline Transfer Sensor
- Günstig, vertretbarer Qualitätskompromiss



Sensortechnik

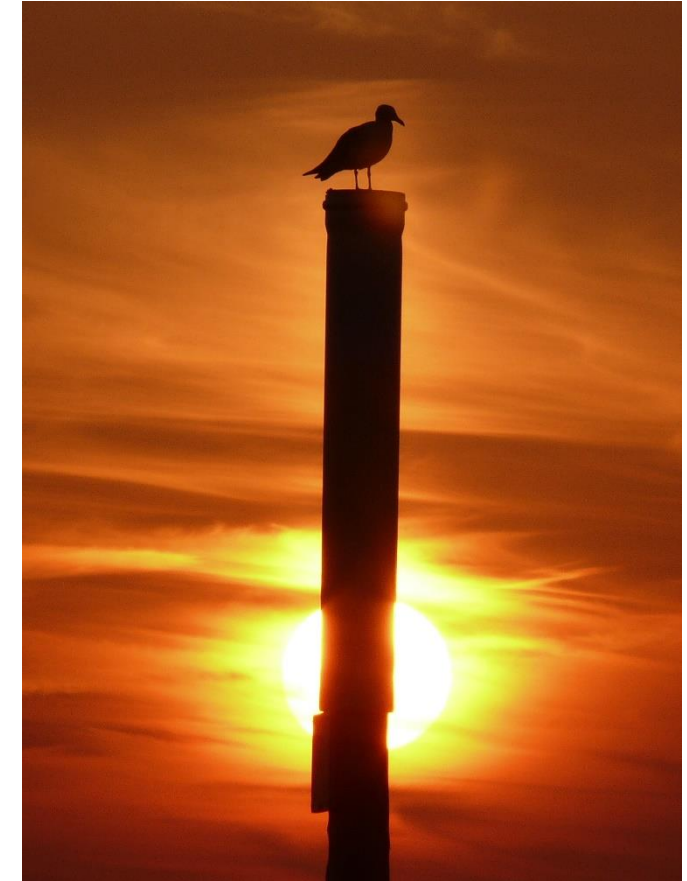
Eigenschaften von CCD-Sensoren

- **Vorteile:**
- Hoher **Füllfaktor**: der Anteil der lichtempfindlichen Pixel an der Gesamtfläche beträgt rund 90%
- Hohe Lichtempfindlichkeit und wenig Rauschen
- Wenige defekte Pixel aufgrund der einfachen Struktur
- Es gibt nur einen gemeinsamen Ausleseverstärker mit identischer Verstärkung für alle Pixel, das Bild ist sehr homogen
- Für industrielle und wissenschaftliche Anwendungen mit hohen Qualitätsanforderungen lange konkurrenzlos

Sensortechnik

Eigenschaften von CCD-Sensoren

- **Nachteile (für Nutzer spürbar):**
- Das Spalten- und Zeilenweise Auslesen begrenzt die Geschwindigkeit
- Der Sensor kann nur als Ganzes ausgelesen werden, keine Teilbereiche
- Die endliche Anzahl der Elektronen je Pixel führt zu Sättigung bei Überbelichtung
- Negative Effekte dieser Sättigung: Blooming und Smearing



Blooming: Direktes Sonnenlicht sättigt die Pixel, Elektronen treten in den Schatten des Pfahls (benachbarte Pixel)

Sensortechnik

Eigenschaften von CCD-Sensoren

- **Nachteile (für Nutzer spürbar):**
- Das Spalten- und Zeilenweise Auslesen begrenzt die Geschwindigkeit
- Der Sensor kann nur als Ganzes ausgelesen werden, keine Teilbereiche
- Sehr empfindlich für Sättigungs- und Übersteuerungseffekte: Blooming und Smearing



Quelle: www.youtube.com/watch?v=bdTpW2ERcQo

Sensortechnik

Eigenschaften von CCD-Sensoren

- **Nachteile (für Hersteller):**
- Der Sensorchip enthält nur die Pixelstrukturen, die gesamte Signalverarbeitung muss in separaten externen Schaltkreisen vorgenommen werden:
 - umfangreiche, teure externe Elektronik
- Besondere Fertigungstechnologie für die CCD-Chips, anders als für aktuelle CMOS-Halbleiter

=> Für den Consumer-Markt wurden bald andere Lösungen gesucht

Sensortechnik

Eigenschaften von CCD-Sensoren

- Nachteile (für Hersteller):
- Der Sensorchip enthält nur die Pixelstrukturen, die gesamte Signalverarbeitung muss in separaten externen Schaltkreisen vorgenommen werden:
 - umfangreiche, teure externe Elektronik
- Besondere Fertigungstechnologie für die CCD-Chips, anders als für aktuelle CMOS-Halbleiter

=> Für den Consumer-Markt wurden bald andere Lösungen gesucht

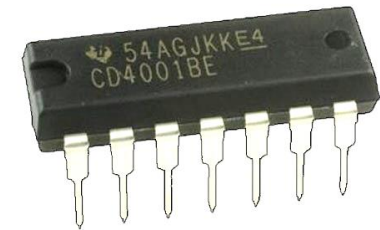
Veraltet

Sensortechnik

Funktionsweise 2: CMOS-Sensoren

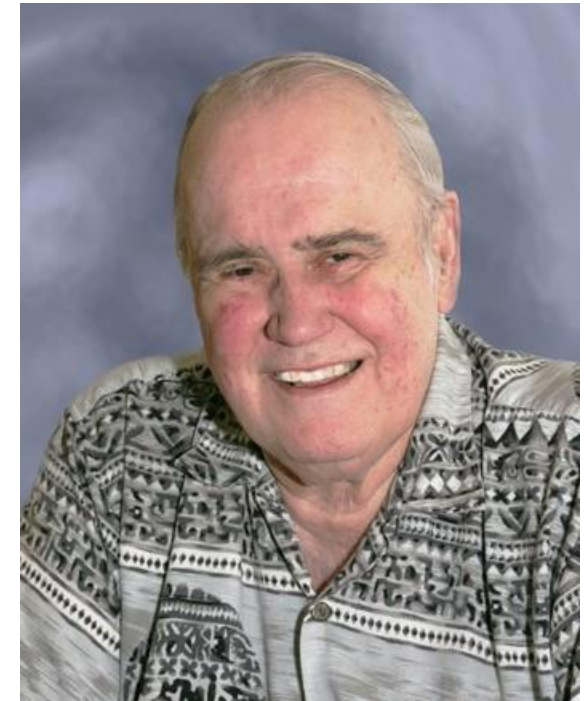
- CMOS-Technik 1963 beschrieben von Frank Wanlass und 1967 patentiert
- 1968 erster Logik-Schaltkreis der CDC 40XX-IC-Familie
- Sehr geringe Leistungsaufnahme
- Grundlage der aktuellen Computertechnologie
- Inzwischen perfekt beherrschte Fertigung

- CMOS-Sensoren für Bildverarbeitung ab Mitte der 1970er Jahre eingesetzt



CD4001

Quelle: www.circuits-diy.com



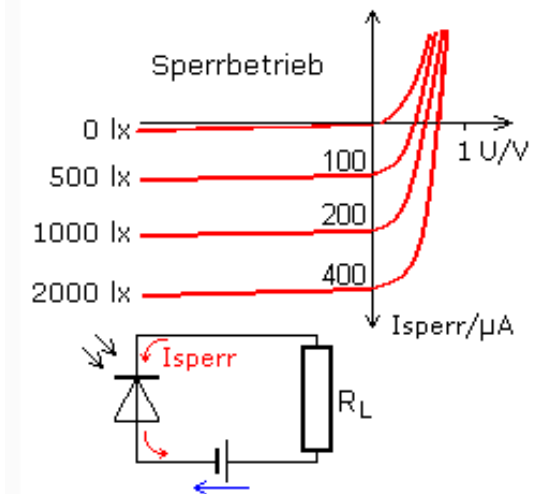
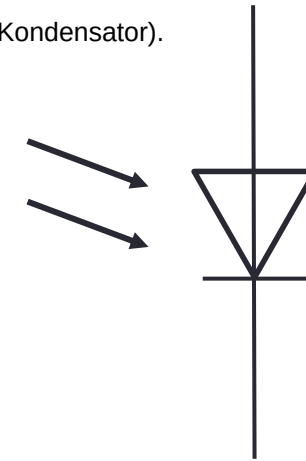
Frank Wanlass (2009). Quelle: www.ithistory.org/honor-roll/dr-frank-marion-wanlass

Fotodiode leitet auch, wenn gesperrt, wenn Licht drauf kommt.
Je mehr Licht, desto mehr leitet es.
Erzeugt Fotostrom, was dann im Pixel gespeichert wird (Kondensator).

Sensortechnik

Funktionsweise 2: CMOS-Sensoren

- Auch CMOS-Sensoren besitzen flächig angeordnete Pixel auf einem Silizium-Chip
- Allerdings bestehen dem CCD gegenüber wesentliche Funktionsunterschiede:
- Die Pixel sind als **Fotodioden** realisiert
- Fotodioden lassen in Sperrrichtung einen Stromfluss zu, der proportional zur einfallenden Lichtmenge ist:
Den **Fotostrom**



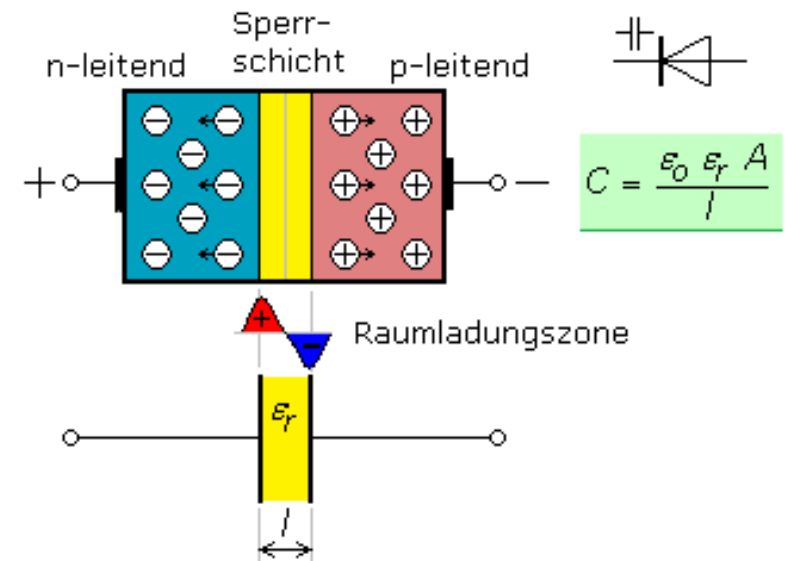
Quelle: www.elektroniktutor.de

Sensortechnik

Funktionsweise 2: CMOS-Sensoren

Fotodioden als Pixel

- Eine Siliziumdiode in Sperrrichtung wirkt außerdem als **Kondensator** und kann Ladung speichern
- Typische Ladungsmengen (full well capacity) in Sensoren: 10.000 -100.000 Elektronen je Pixel
- Die tatsächliche Ladungsmenge ist stark abhängig von der Pixelgröße



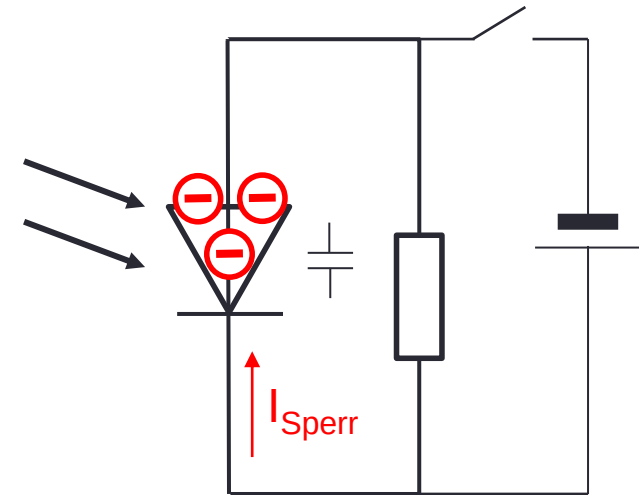
Quelle: www.elektroniktutor.de

Sensortechnik

Funktionsweise 2: CMOS-Sensoren

Fotodioden als Pixel

- In Anwendungen mit Spannungsquelle ist die Kondensatorwirkung wenig relevant, im Fotosensor aber schon:
- Wird die Spannungsquelle abgeschaltet, entlädt der Fotostrom den Diodeninternen Kondensator und reduziert so dessen Spannung
- Die verbleibende **Spannung ist der Belichtung proportional** und kann ausgelesen werden

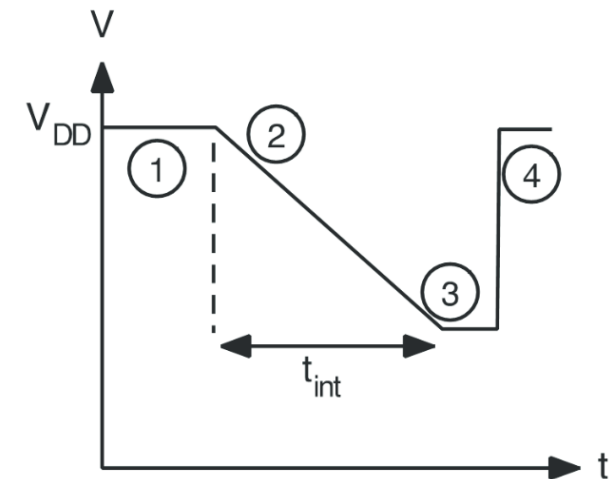
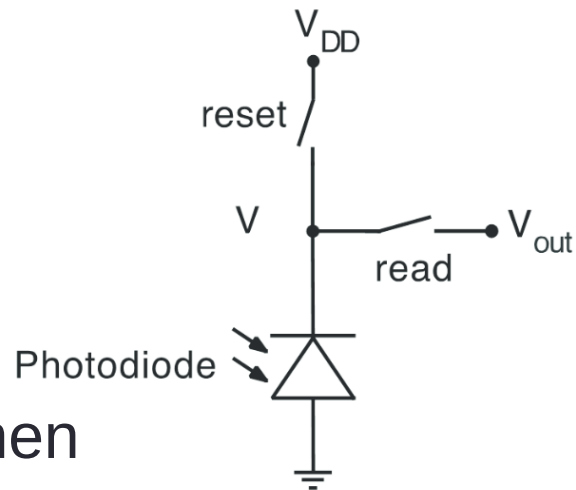


Sensortechnik

Funktionsweise 2: CMOS-Sensoren

Belichtung und Auslesen

- Alle Pixel werden anfangs per **Reset** auf einen definierten Spannungswert V_{DD} gehoben, während t_{int} belichtet und schließlich per **Read** die von der Belichtung abhängige Spannung V_{out} ausgelesen
- V_{out} ist proportional zur aufgenommenen Lichtmenge

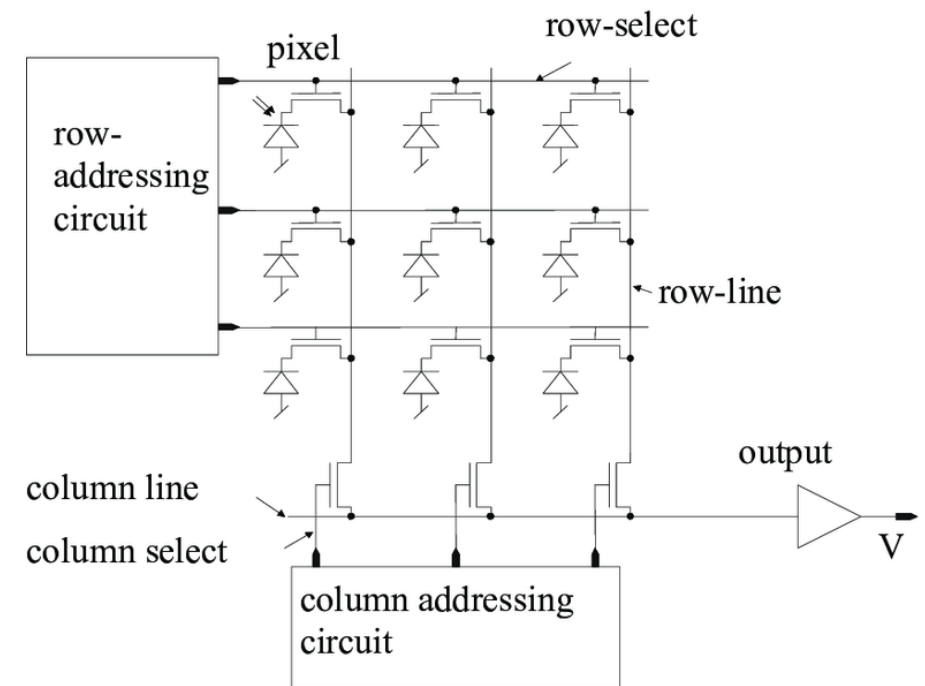


Sensortechnik

Funktionsweise 2: CMOS-Sensoren

Belichtung und Auslesen

- Die Pixel werden über eine Matrix zeilenweise adressiert
- Für das Auslesen erhält jedes Pixel einen eigenen Schalter
- Die Schalter sind als MOSFET-Transistoren ausgebildet



Quelle: www.researchgate.net/figure/Architecture-of-CMOS-passive-image-sensor-6_fig2_2909829

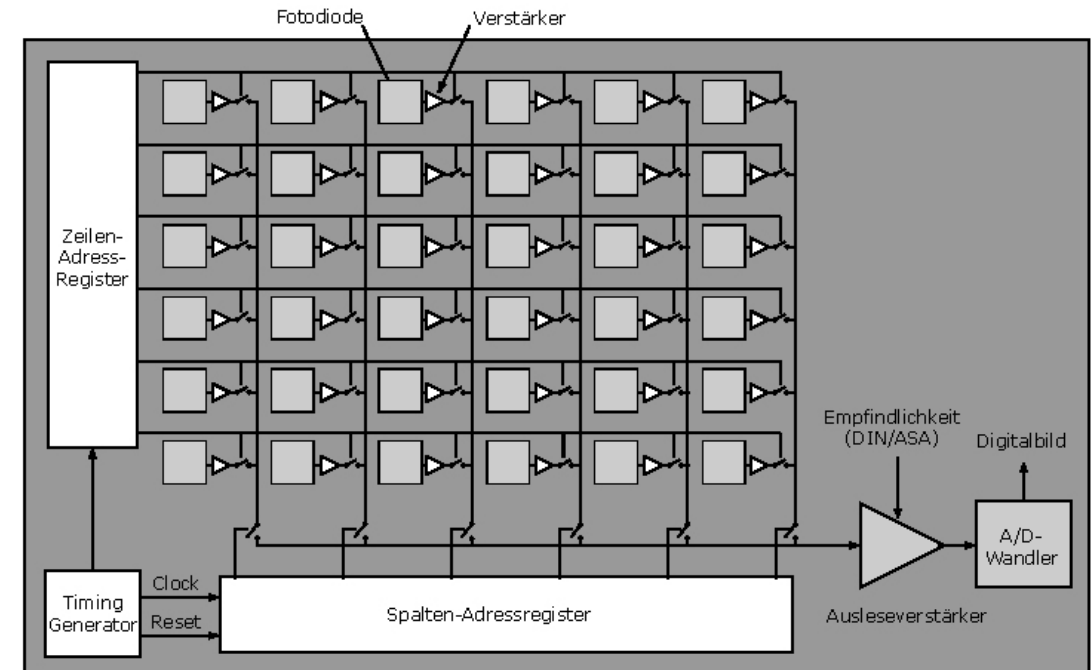
Sensortechnik

Funktionsweise 2: CMOS-Sensoren

Signalverarbeitung on-chip

- Zum Auslesen wird jedes Pixel einzeln adressiert und dann zurück gesetzt
- Die Signalverarbeitung wird auf dem Chip integriert

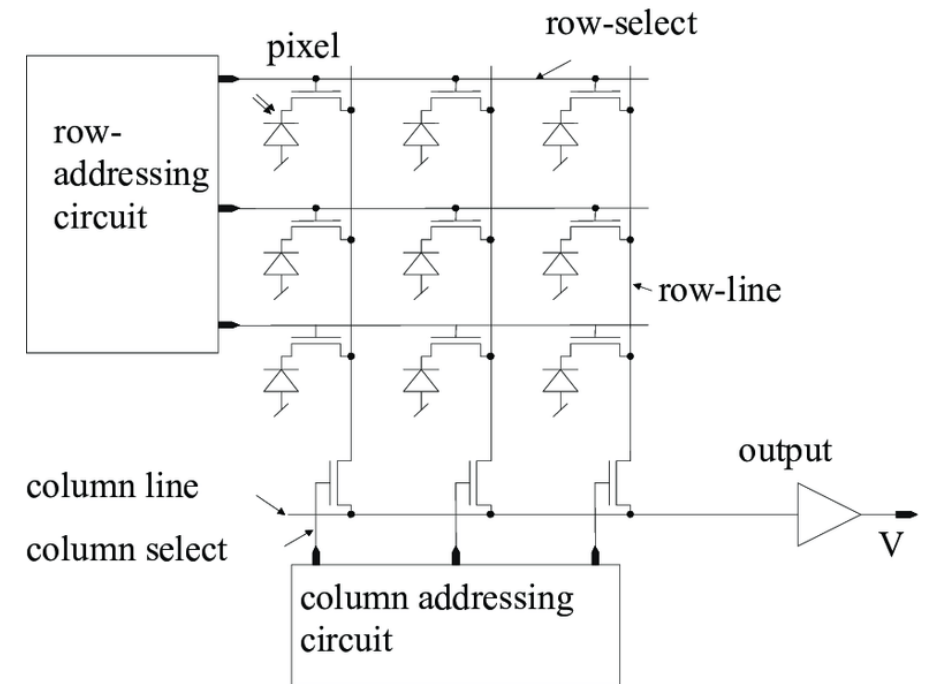
Ladung wird nicht verschoben. Jeder Pixel kann einzeln ausgelesen werden.
Benachbarte Pixel beeinflussen sich nicht mehr.



Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren

- Die erste Generation der CMOS-Sensoren koppelte die Pixel unmittelbar an die Ausleseelektronik:
- **Passive Pixel Sensors (PPS)**
- Durch Photonen erzeugte Elektronen wurden transportiert und direkt verarbeitet
- Leitungen mit hohen Impedanzen waren störanfällig und begrenzten wegen hoher Kapazitäten die Auslesegeschwindigkeit

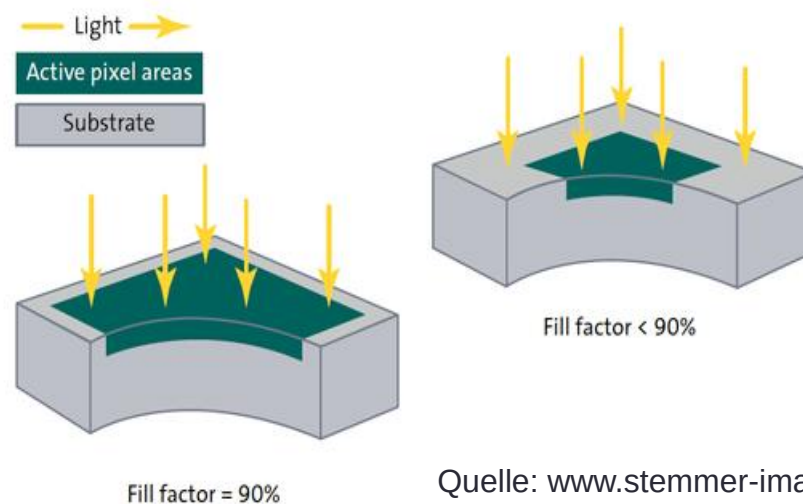


Quelle: www.researchgate.net/figure/Architecture-of-CMOS-passive-image-sensor-6_fig2_2909829

Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren – frühe PPS

- Weitere Problematik: Die Ausleseelektronik benötigt Platz neben den Pixeln, der jetzt nicht mehr für die Lichtaufnahme verfügbar ist.
- Die Pixel sind kleiner, der **Füllfaktor** (Fill Factor) sinkt von 90% lichtempfindlicher Fläche des Sensors beim CCD auf bis unter 30% beim PPS-CMOS-Sensor



Quelle: www.stemmer-imaging.com

Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren – frühe PPS

Vorteile:

- Leistungsaufnahme sehr viel geringer als beim CCD
- Signalverarbeitung on-Chip: viel preisgünstigere Kameras möglich

Nachteile:

- Platzbedarf für Elektronik **reduziert Fill Factor** – mit negativen Folgen:
 - **Geringe Quanteneffizienz** (Wirkungsgrad Photonen zu Elektronen),
 - mehr Rauschen, weniger Dynamik, real kaum schneller als CCD
- Fertigungstechnik erlaubt nur geringe Dichte der Fotodioden

Konsequenz: PPS wegen geringerer Bildqualität zunächst fast ohne Bedeutung

Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren

- Ende der 1980er Jahre Einsatzreife für niedrige Anforderungen, z.B. optische Computermouse
- Ab 1990 arbeitet Eric Fossum am NASA **Jet Propulsion Laboratory** an CMOS-Sensoren
- Er betreibt Grundlagenforschung zu **Active Pixel Sensors (APS)** mit folgender Idee:
- Zur Verbesserung des Rauschabstandes bekommen alle Pixel als dritten Transistor ihren eigenen **lokalen Verstärker**



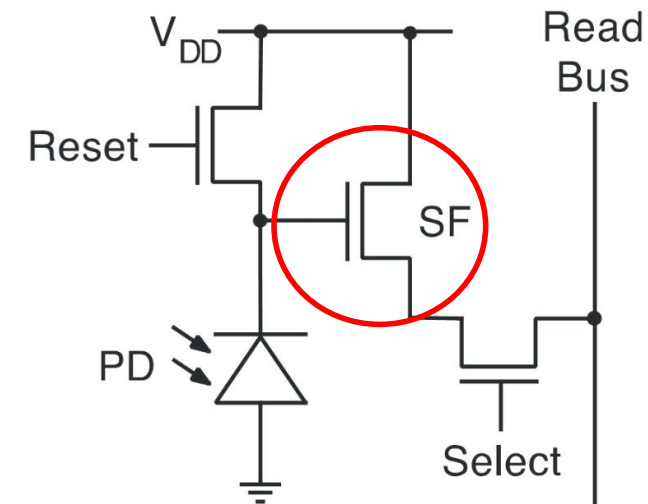
Quelle:
www.invent.org/inductees/eric-r-fossum

Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren

- Der als Source-Folger (SF) geschaltete dritte Transistor liefert mehr Strom in die Leitung und löst so das Problem der hohen Impedanz
- Allerdings sinkt mit dem zusätzlichen Platzbedarf für den dritten Transistor die nutzbare Sensorfläche weiter ab
- Füllfaktor und Quanteneffizienz bleiben unbefriedigend

3. CMOS Sensor (SF) zur Verstärkung des Stroms und weniger Verluste

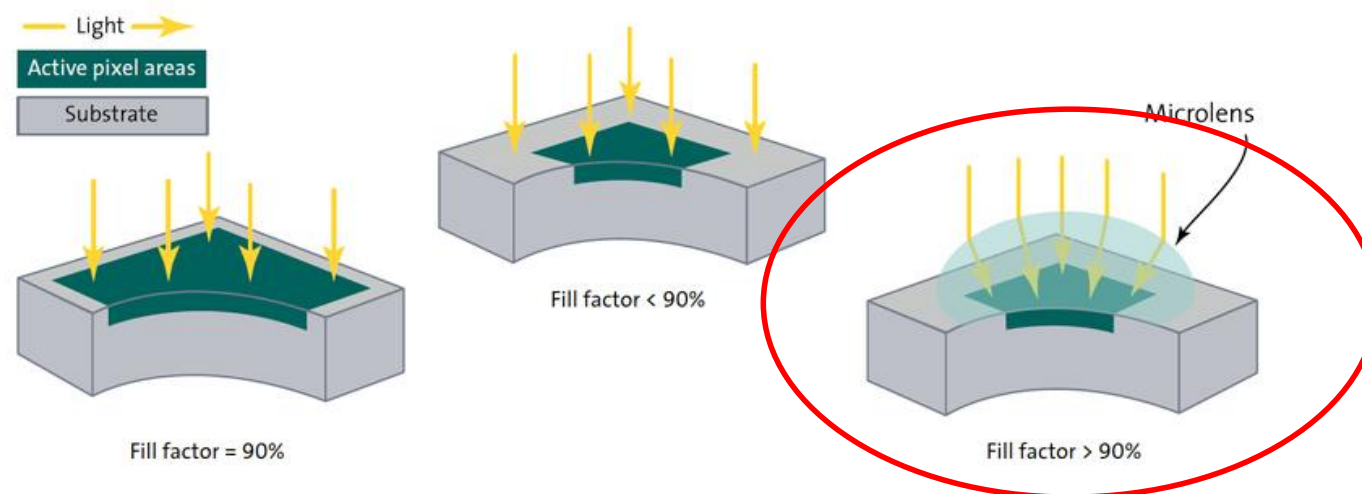


Quelle: mediatum.ub.tum.de/doc/1108520/558314.pdf

Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren

- Ab 1995 kommerzielle Herstellung von APS-Sensoren, u.a. für Webcams
- **Mikrolinsen** vor jedem Pixel fokussieren das Licht auf die Fotodiode
- Die Quanteneffizienz steigt wieder auf 70-90% an

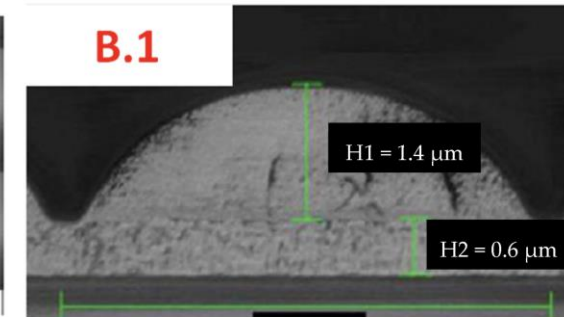
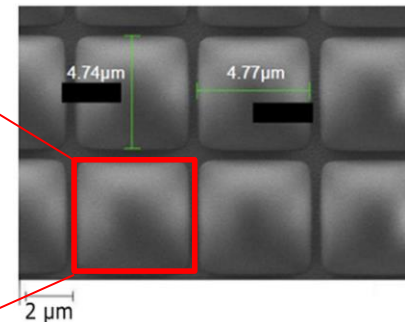
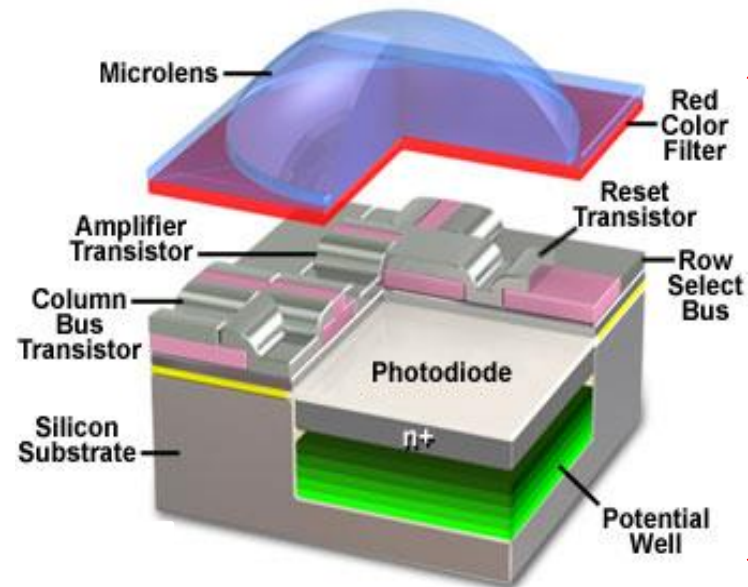


Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren

- Mikrolinsen – Die Idee wird auch für CCD-Sensoren übernommen

Anatomy of the Active Pixel Sensor Photodiode



Quelle: www.mdpi.com/1424-8220/23/13/5884

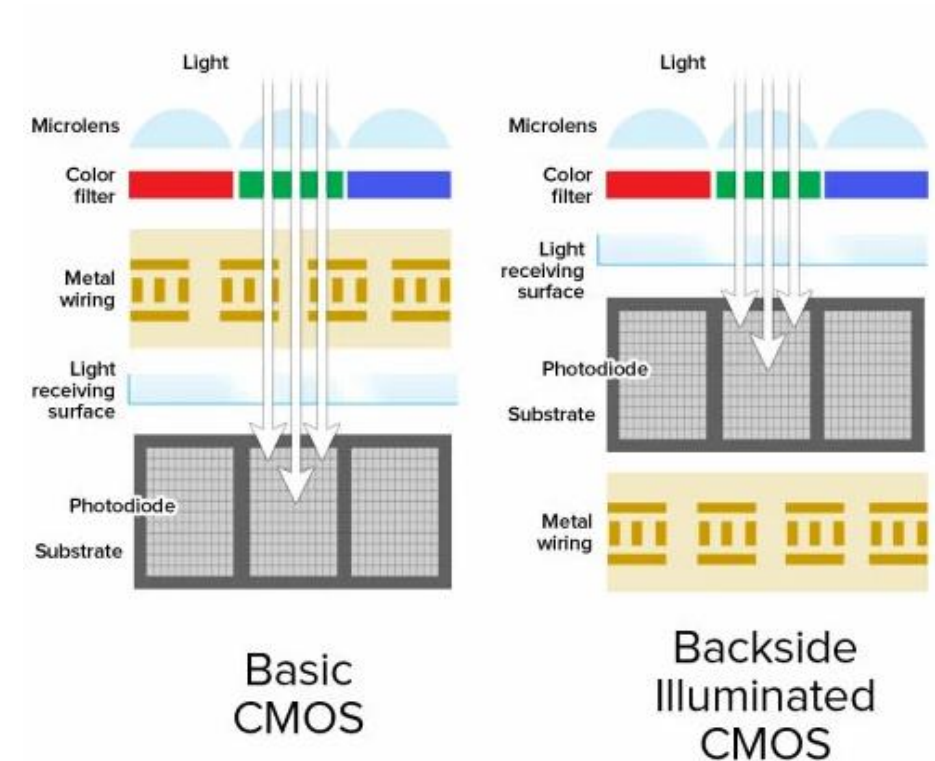
Quelle: olympus-lifescience.com

Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren

Backside Illuminated Sensor (BIS)

- Normalerweise liegen die Transistoren und Leitungen auf der dem Bild zugewandten Sensorseite: Frontside Illuminated Sensors
- Die Fotodioden sind teilweise verdeckt
- Wird der Sensor unter den Linsen gewendet, liegen die Fotodioden auf der dem Licht zugewandten Seite: **Backside Illuminated Sensor** mit nicht mehr verdeckten Pixeln und höherer Lichtempfindlichkeit



Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren

Backside Illuminated Sensor

- Sony gab 2008 eine **Verbesserung des Signal-Rauschabstandes um 8dB** bei ihren ersten BSI an: 2dB weniger Rauschen und 6 dB mehr Empfindlichkeit (insgesamt mehr als eine Verdoppelung)

Quelle: <https://www.sony.net/SonyInfo/News/Press/200806/08-069E/>

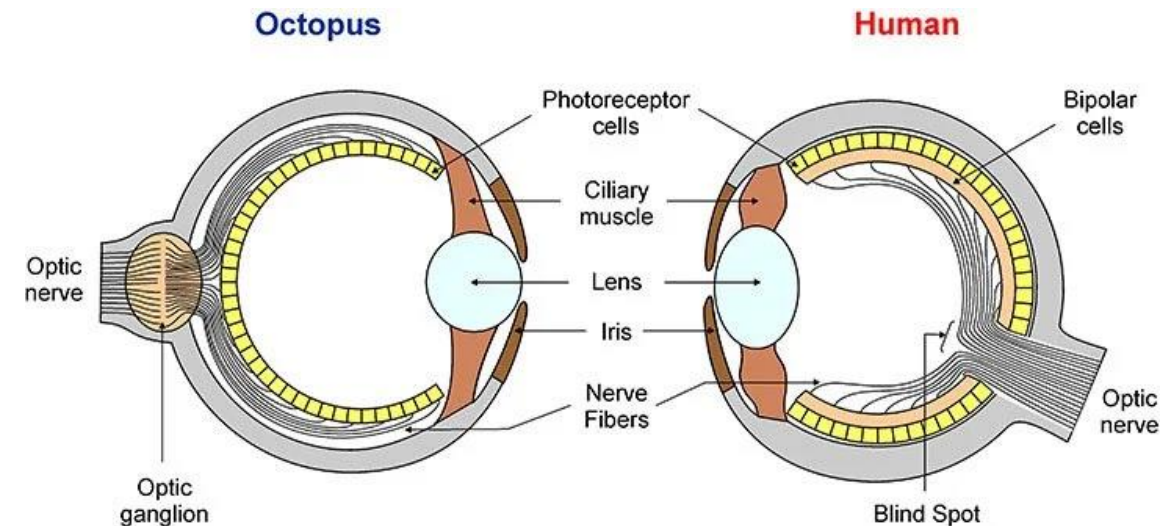
- BIS sind zunächst **deutlich schwieriger herzustellen**
- BIS besitzen ein **sehr dünnes** und damit **weniger stabiles** Substrat

Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren

Backside Illuminated Sensor

- Der Natur abgeschaut: Augen von Wirbeltieren und Tintenfischen (Cephalopoden)
- Wirbeltiere besitzen „normale“ Augen
- Tintenfische besitzen „BIS“-Augen
- **Konvergente Evolution**



Quelle:

www.reddit.com/r/todayilearned/comments/bm76rt/til_that_everyone_is_actually_blind_in_one_part/

Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren

Nächster Entwicklungsschritt: Stacked Sensor

- BIS **wurden** seit Beginn der Vermarktung durch Sony im August 2009 **zum Standard**, zunächst gerade **für kleine Sensoren** in Smartphones
- Um die genannten Probleme bei der Herstellung größerer Sensoren zu umgehen, wurde ein neuer Herstellungsprozess etabliert:

Stacking

- Die lichtempfindliche Schicht mit den Fotodioden und die Elektronik werden separat gefertigt und anschließend erst zusammengefügt

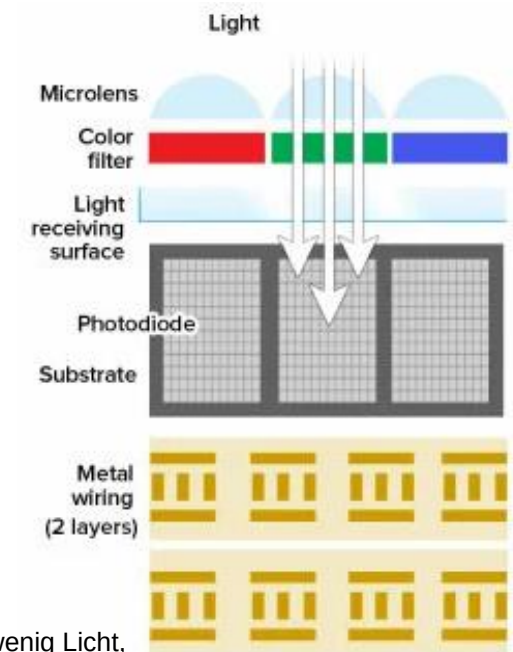
Sensortechnik

Entwicklung der CMOS-Sensoren

Stacked Sensor

Vorteile:

- Optimaler Fertigungsprozess für jede Schicht
- In weiteren Schichten noch mehr Elektronik möglich:
 - individuelle AD-Wandler je Zeile ergibt paralleles, wesentlich schnelleres Auslesen
 - Zusätzlicher DRAM für das Zwischenspeichern ergibt weiter erhöhte Bildraten
 - Aufteilung auf zwei Verstärker mit unterschiedlicher Verstärkung ermöglicht höhere Dynamik



2 Verstärker für viel und wenig Licht,
damit z.B. keine Übersteuerung

Stacked
CMOS

Quelle: www.pcmag.com

Sensortechnik

Eigenschaften aktueller APS-CMOS-Sensoren

Vorteile:

- Sehr geringe Leistungsaufnahme
- Signalverarbeitung on-Chip: viel preisgünstiger als gleicher CCD
- Sehr schnelles Auslesen, auch von definierten Sensorausschnitten (4K, 8K)
- Kaum störende Sättigungseffekte wie Blooming/Smearing

Nachteile:

- Unterschiedlich empfindliche Pixel (inhomogenes Bild) und Fixed Pattern Noise (verschiedene Rauschpegel je Pixel)

Trotzdem: CMOS hat CCD verdrängt, CCD-Herstellung beendet

Sensortechnik

Fragen zum Selbststudium

- Aus welchen kleinsten Bestandteilen wird in Halbleitersensoren das Bild zusammengesetzt (Begriff, Begründung für dieses Vorgehen)?
- Erläutern Sie den Aufbau dieser kleinsten Bildelemente in CCD- und CMOS-Sensoren (Unterschiede, Gemeinsamkeiten)
- Warum ist im CCD-Sensor die Geschwindigkeit des Auslesens begrenzt?
- Warum kann ein CCD-Sensor immer nur als Ganzes ausgelesen werden?

Sensortechnik

Fragen zum Selbststudium

- Was bedeutet im CMOS-Sensor die Bezeichnung APS und was ist technisch mit ihr verbunden?
- Welche Vorteile und Nachteile ergeben sich gegenüber älteren passiven CMOS-Sensoren
- Welche Funktion hat die Mikrolinse vor jedem Bildelement?
- Was bedeuten bei einem Bildsensor die Bezeichnung Backside Illuminated und Stacked? Welche Vorteile ergeben sich dabei jeweils für die Sensorleistung und die Bildqualität?

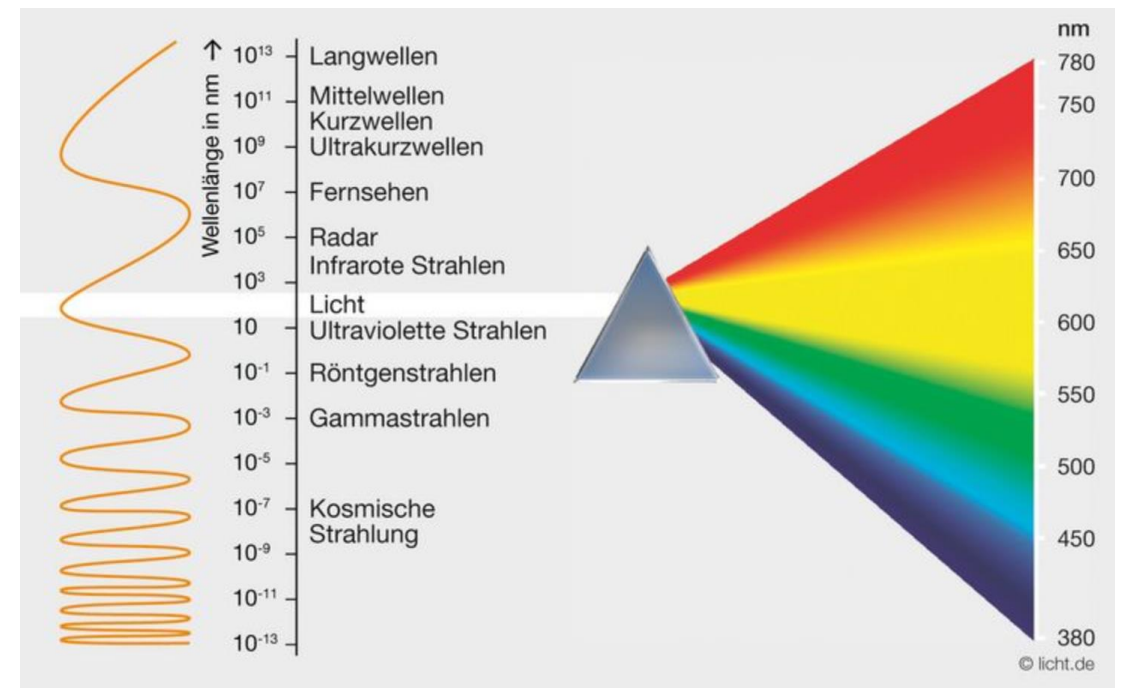
Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- **Sensortechnik und Kameras**
 - CCD, CMOS, **Farben und Farbaufzeichnung**, Größe und Format
 - Kamerakomponenten und Kamerateypen
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildbearbeitung und Bildverwaltung
 - Tools und praktische Vorgehensweisen

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Was ist Farbe?
- Elektromagnetische Strahlung verschiedener Wellenlängen
- Von rot = **780nm** bis blau = **380nm**
- Entweder jeweils **monochromatisch** oder ein Spektrum eines oder mehrerer Wellenlängenbereiche



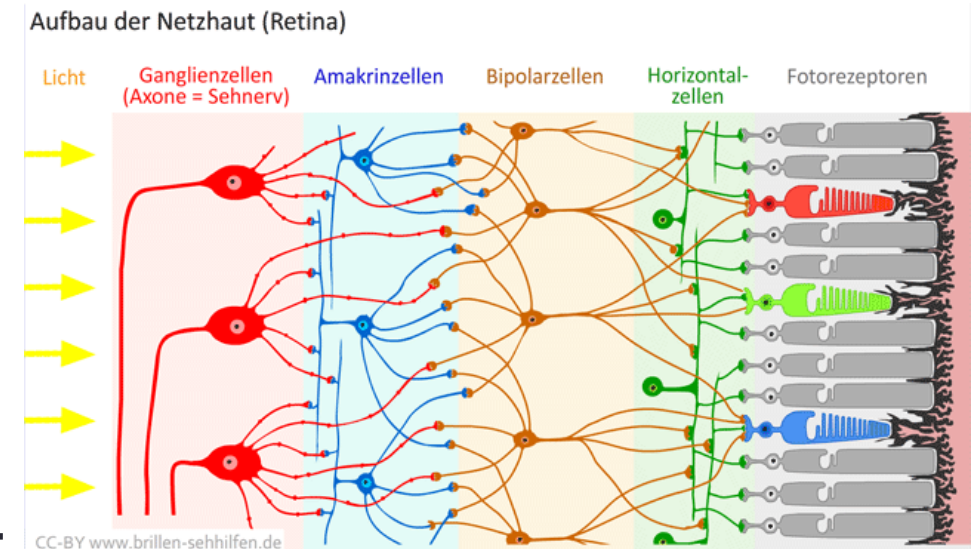
Quelle: www.licht.de/de/lichtlexikon

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Unser Auge besitzt Rezeptoren für Helligkeit und die drei Grundfarben **rot**, **grün** und **blau** (RGB) oder **lange**, **mittlere** und **kurze** Lichtwellenlängen
- Wir können so Millionen von Farben unterscheiden
- Detailauflösung und Empfindlichkeit für Farben sind jedoch geringer als für Helligkeit:

=> „Nachts sind alle Katzen grau“



Quelle: www.brillen-sehhilfen.de/auge/netzhaut-retina.php

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Von uns als weiß wahrgenommenes Licht setzt sich aus der Summe der drei Grundfarben zusammen (additive Mischung). Die Gesamthelligkeit (Luminanz) ergibt sich zu:

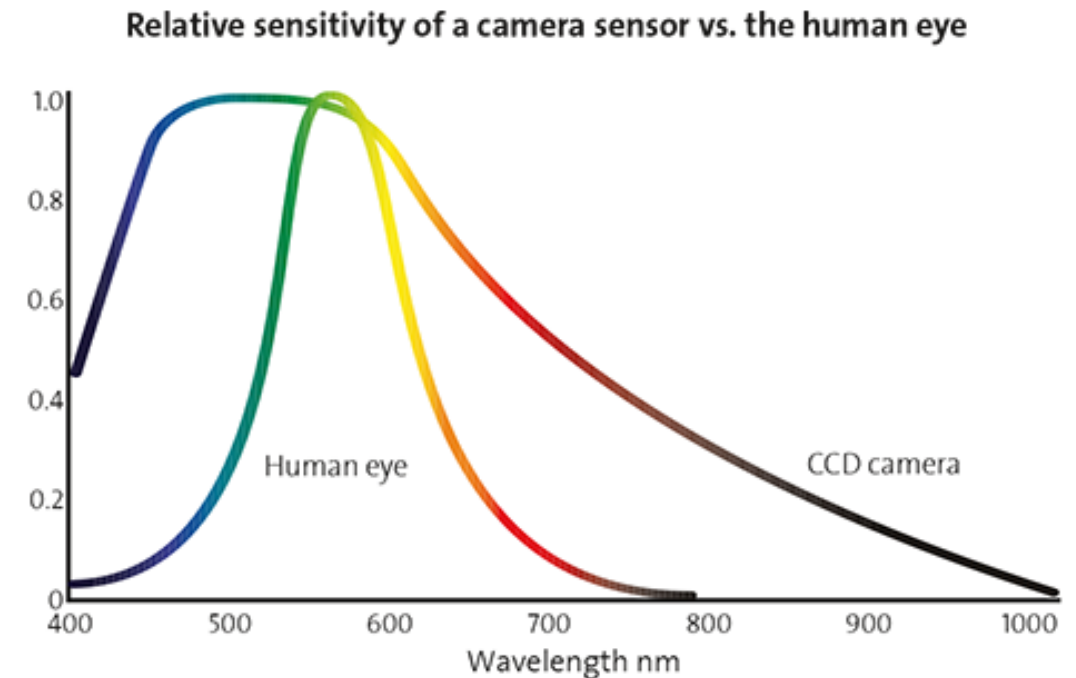
$$L = R + G + B$$

- Praktisch jede Farbe lässt sich aus der Kombination beliebiger Werte der drei Grundfarben erzeugen
- Für die Aufzeichnung eines Farbbildes reicht es daher, **je einen Farbauszug in den drei Grundfarben RGB** zu speichern

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Silizium-Sensoren sind jedoch per se für alle Farben des sichtbaren Lichtes ähnlich empfindlich
- Sie decken dabei sogar ein breiteres Spektrum ab als unser Auge
- Farben lassen sich daher im Sensor nicht ohne weiteres trennen
- **Zur Trennung sind Farbfilter nötig**



Quelle:

[/www.stemmer-imaging.com/de-at/grundlagen/wellenlaenge-des-lichtes/](http://www.stemmer-imaging.com/de-at/grundlagen/wellenlaenge-des-lichtes/)

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Diese Erkenntnis ist keineswegs neu
- Dem russischen Fotopionier Sergei Michailowitsch Prokudin-Gorski gelangen ab 1905 teilweise exzellente analoge Farbaufnahmen auf Glasplatte
- Er nutzt drei nacheinander monochrom aufgenommene Farbauszüge, die zur Wiedergabe mit passendem Farbfilter übereinander projiziert wurden



Quelle: Sergei Mikhailovich Prokudin-Gorski Collection (Library of Congress)

Sensortechnik

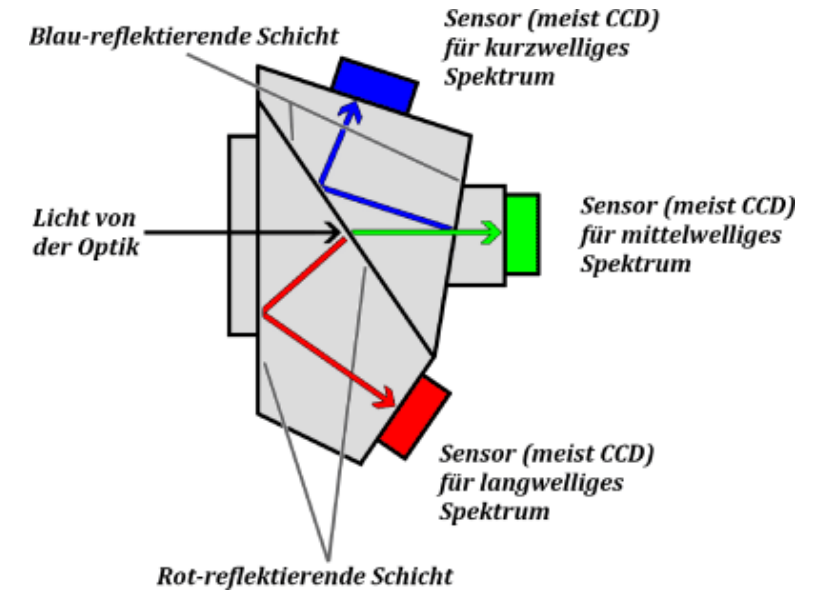
Farben und Farbaufzeichnung

- Physikalisch bestehen für das Erstellen der Farbauszüge prinzipiell zwei Optionen:
- **Zeitliches Nacheinander** an derselben Stelle (Zeitmultiplexing)
- **Räumliches Nebeneinander** zur gleichen Zeit (örtliches Multiplexing)
- Prokudin-Gorskis Fotos statischer Motive wurden zügig nacheinander mit derselben Kamera aufgenommen
- Digitalkameras verwenden dagegen den Ansatz des örtlichen Multiplexings

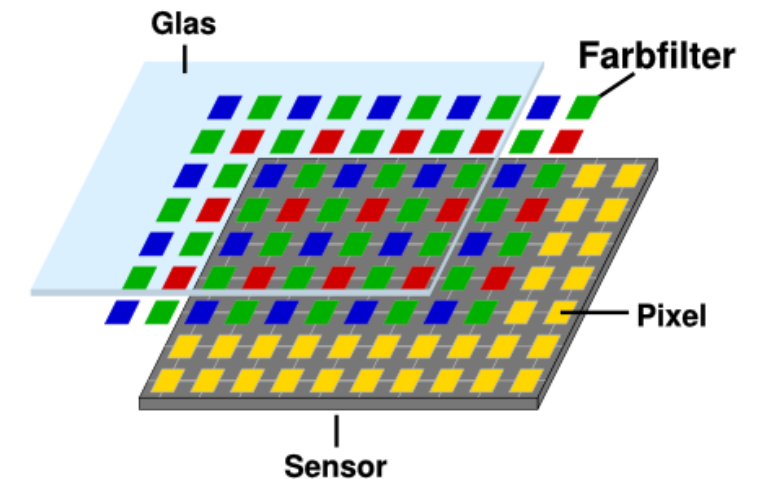
Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Der räumliche Lösungsansatz: **Farbfilter nebeneinander**, parallele Farbfilter für je eine der drei Grundfarben
- **Drei Sensoren**, je einer für jede Grundfarbe in hochwertigen Videokameras oder in Kameras für wissenschaftliche Zwecke
- **Ein Sensor mit Farbfiltern vor den Pixeln** in Digital-kameras für Fotos
- Ergebnis: Eine einzelne Belichtung genügt



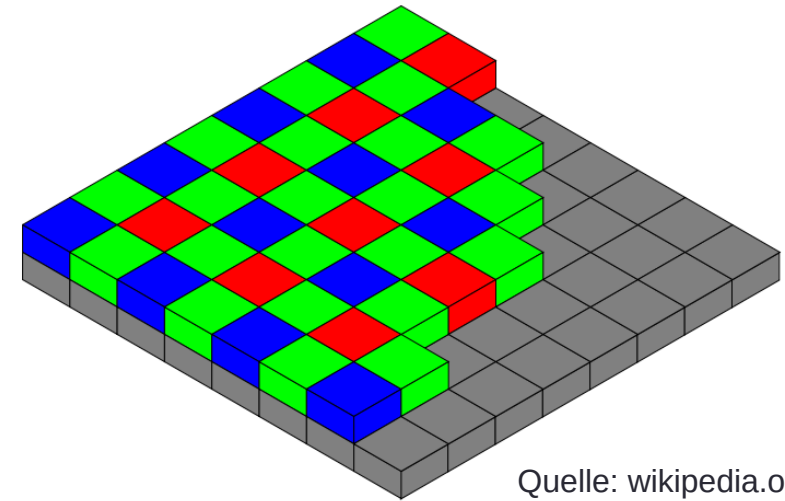
Quelle: Kameratechnik, link.springer.com



Quelle: www.elmar-baumann.de/fotografie

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung



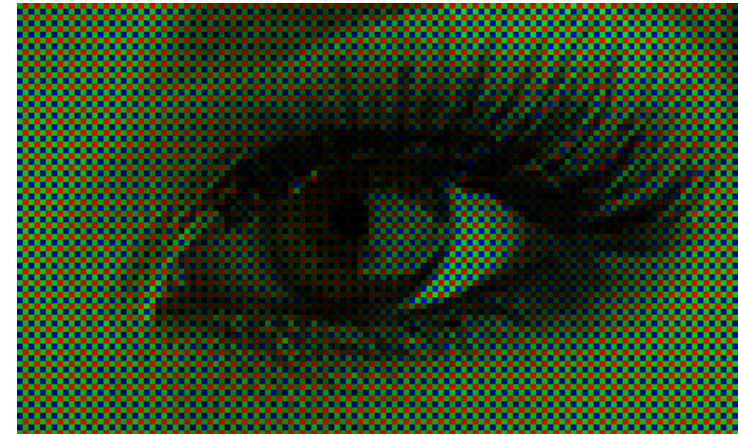
Quelle: wikipedia.org; Autor Cburnett

- Das menschliche Auge besitzt um 550nm die größte Empfindlichkeit
- Sensoren müssen für eine als korrekt empfundene Farbaufzeichnung die Empfindlichkeitskurve des Auges nachbilden: mehr grün
- Bei Sensoren mit Filtern vor jedem Pixel führt dies zu einer praktisch standardisierten Anordnung mit sich wiederholenden Zeilen von Pixeln für grün und rot bzw. blau und grün
- Es ergeben sich doppelt so viele Filter für grün wie jeweils für blau und rot ($R:G:B = 1:2:1$)
- Diese Anordnung ist der **Bayer-Filter**, benannt nach Bryce Bayer

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Der Bayer-Filter wurde 1976 für Eastman Kodak patentiert
- Er liefert mit einer einzigen Belichtung ein komplettes Farbbild
- Die aufgezeichneten Farbinformationen sind allerdings ziemlich unvollständig und ähneln einem **Mosaik**



Quelle: www.red.com/red-101/bayer-sensor-strategy

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Die Sensor-Rohdaten müssen rechnerisch wieder vervollständigt werden, bevor sie als Farbbild brauchbar sind:
- **Demosaicing** oder **Debayering**
- Die fehlenden Farbinformationen werden (meist vom Bildprozessor der Kamera) für jedes Pixel **interpoliert**



Quelle: www.red.com/red-101/bayer-sensor-strategy

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Die Interpolation wird in der Kamera beim Berechnen einer JPEG-Datei (Preview, Thumbnail) vorgenommen oder später beim Import der Rohdaten des Sensors in ein Bildbearbeitungsprogramm
- Für jedes **G-Pixel** werden die Werte **R** und **B** errechnet, für jedes **R-Pixel** die Werte für **G** und **B**, für jedes **B-Pixel** die Werte für **G** und **R** interpoliert
- Für diese mathematische Aufgabe existieren mehrere verschieden komplexe Ansätze und Algorithmen

Sensortechnik

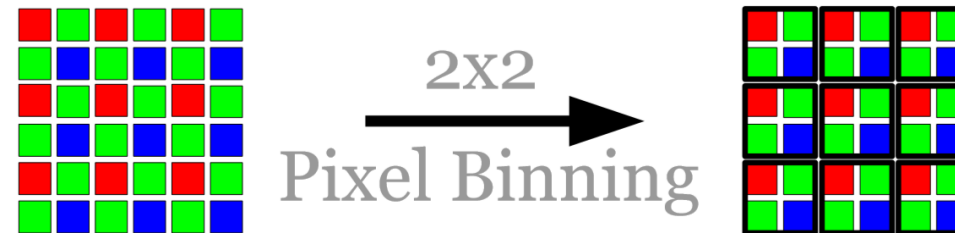
Farben und Farbaufzeichnung

- Die Suche nach dem besten Algorithmus ist Forschungsgegenstand und oft streng gehütetes Betriebsgeheimnis der Kamerahersteller:
- Pixel Binning oder Super Pixel
- Nearest Neighbour
- Bilineare Interpolation
- Variable Number of Gradients (VNG, VNG4)
- Adaptive Homogeneity Directed Demosaicing (AHD, IAHD)
- AMaZE Aliasing Minimization and Zipper Elimination

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

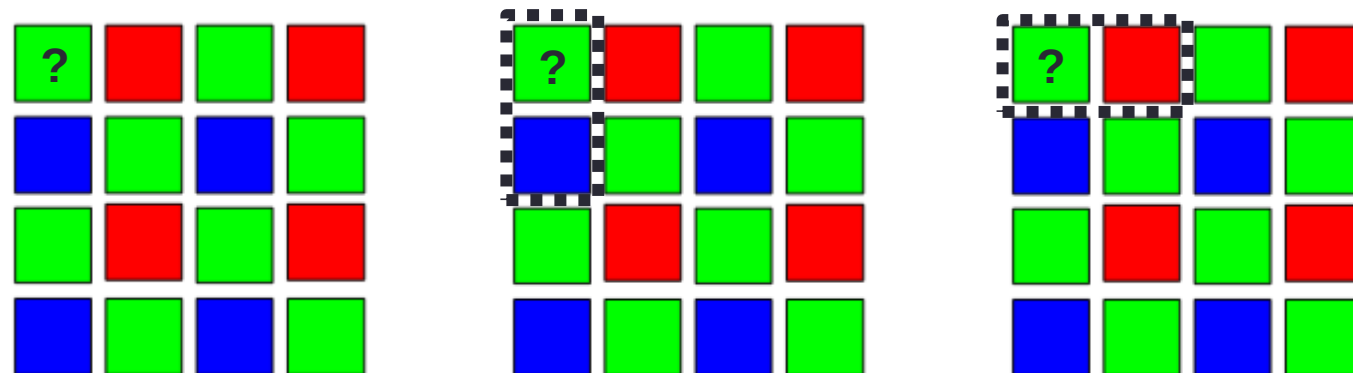
- **Pixel Binning** fasst z.B. die vier Pixel eines Sets zusammen und wertet sie als ein Pixel aus
- Mehr Helligkeit
- Weniger Rauschen
- Nur 25% der Auflösung
- Artefakte und Farbfehler



Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- **Nearest Neighbour** wählt das am nächsten gelegene Pixel der benötigten Farbe und übernimmt dessen Farbwert



Sensortechnik

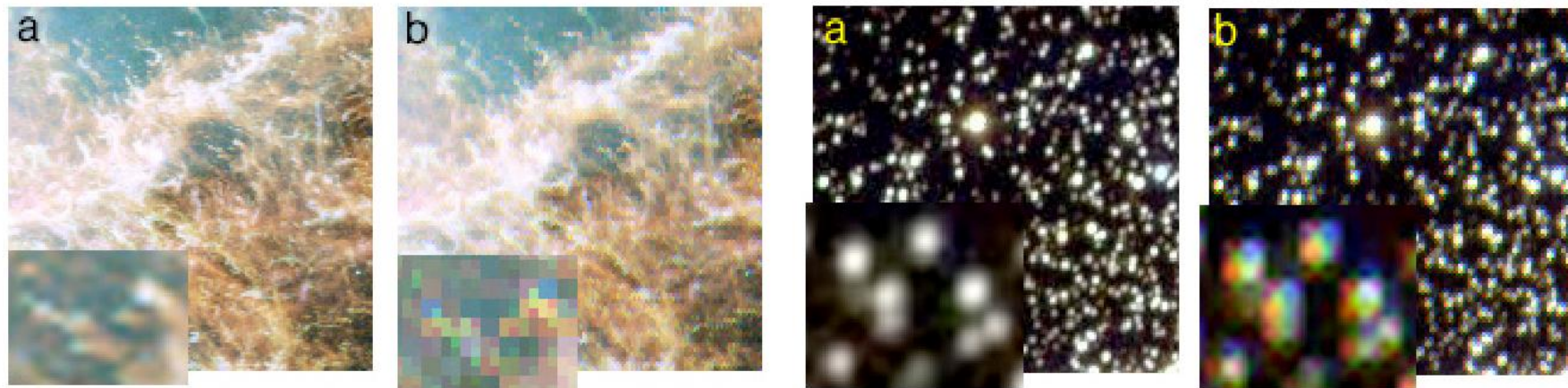
Farben und Farbaufzeichnung

- **Nearest Neighbour** wählt das am nächsten gelegene Pixel der benötigten Farbe und übernimmt dessen Farbwert
- **Sehr einfach und sehr schnell**, Verfahren früher Digitalkameras
- **Fragwürdige Qualität**
- **Geringe Auflösung**
- **Deutlich sichtbare Farbfehler (Artefakte)**

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

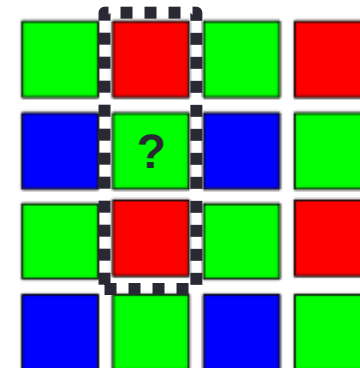
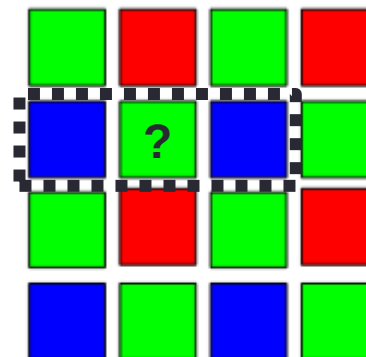
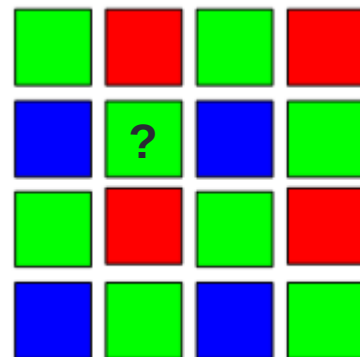
- Nearest Neighbour
- a) Original, b) Nearest Neighbour



Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- **Bilineare Interpolation** nutzt die jeweils zwei bzw. vier nächsten Nachbarn einer Farbe und bildet daraus den Mittelwert



Sensortechnik

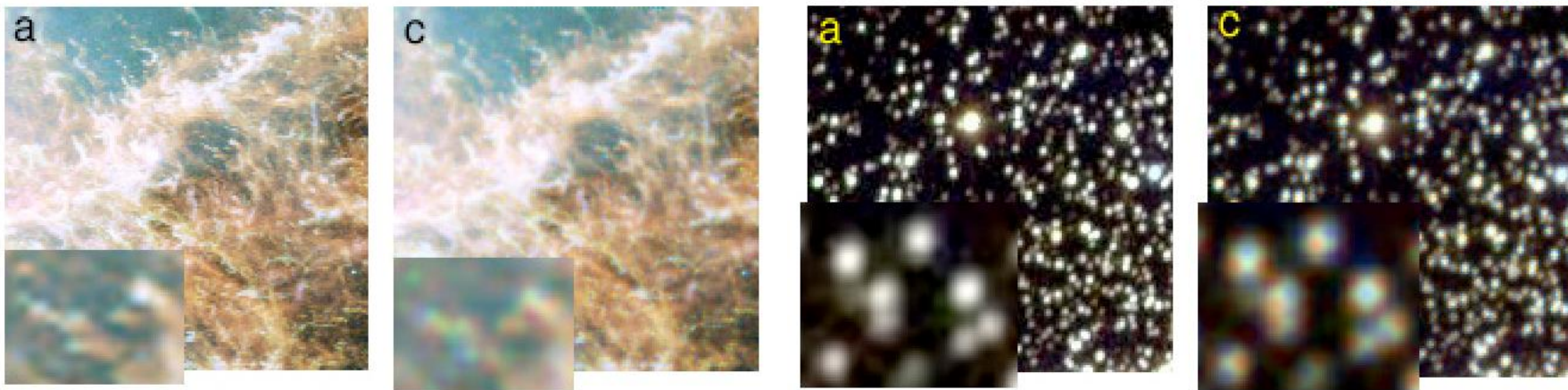
Farben und Farbaufzeichnung

- **Bilineare Interpolation** nutzt die jeweils zwei bzw. vier nächsten Nachbarn einer Farbe und bildet daraus den Mittelwert
- In der Variante **Bikubische Interpolation** werden 4x4 Pixel betrachtet und bei der Mittelung die näheren Pixel stärker gewichtet
- Etwas aufwändiger als Nearest Neighbour, **schon bessere Qualität**
- **Weiterhin sichtbar geringere Auflösung als Original**
- **Farbfehler**
- **Artefakte**

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Bilineare Interpolation
- a) Original, c) Bilineare Interpolation



Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- **Variable Number of Gradients (VNG, VNG4)** analysiert Gradienten der Helligkeit der Nachbarpixel in mehreren Richtungen und wählt dann die vermutlich am besten passenden Pixel aus
- Damit lassen sich Fehler vermeiden, die bei starken Helligkeitsänderungen zwischen benachbarten Pixeln auftreten
- **VNG** betrachtet normal RGB und fasst die zwei G-Pixel zusammen
- **VNG4** rechnet für vier „Farben“ RGGB und behandelt die beiden Grün-Pixel separat, besser in bestimmten WW- und Gegenlichtsituationen

Sensortechnik

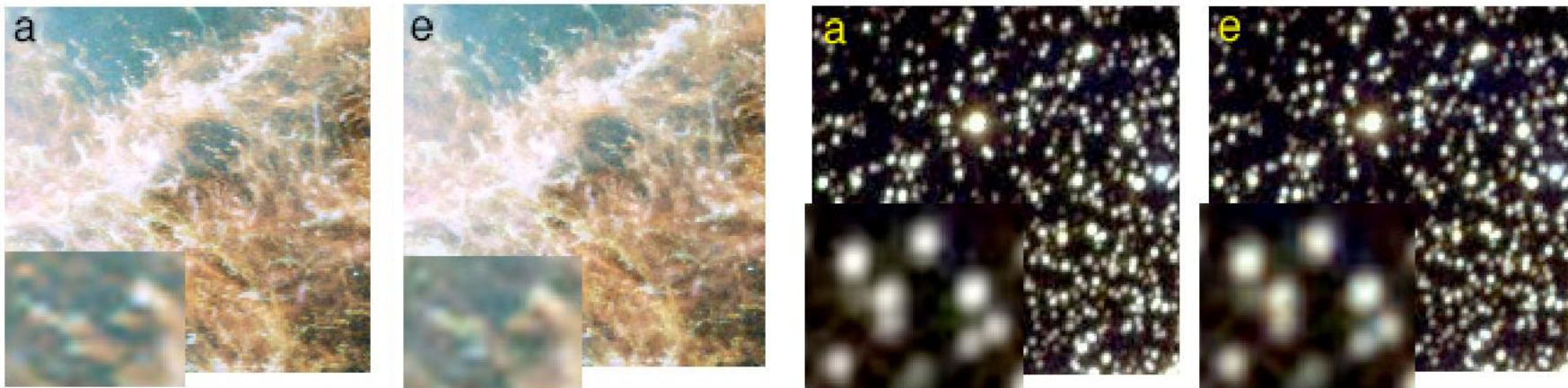
Farben und Farbaufzeichnung

- Variable Number of Gradients (VNG, VNG4) kann sehr hohe Qualität liefern, insbesondere für Motive mit starken Kontrasten auf kleinen Flächen wie in der Astrofotografie
- VNG benötigt erheblich mehr Rechenleistung und ist deshalb für das Processing in der Kamera praktisch nicht einsetzbar
- Es bleiben sichtbare Farbartefakte

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Variable Number of Gradients (VNG)
- a) Original, e) VNG



Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Adaptive Homogeneity Directed Demosaicing (AHD, IAHD)
- Interpoliert in zwei Richtungen separat, horizontal und vertikal
- Wählt jeweils die am besten geeignete Interpolation
- Filtert und korrigiert verbleibende Farbartefakte



Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Adaptive Homogeneity Directed Demosaicing (AHD, IAHD)
- Industriestandard (?)
- Liefert mit moderater Rechenleistung ordentliche Ergebnisse
- Vermeidet Farbartefakte

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

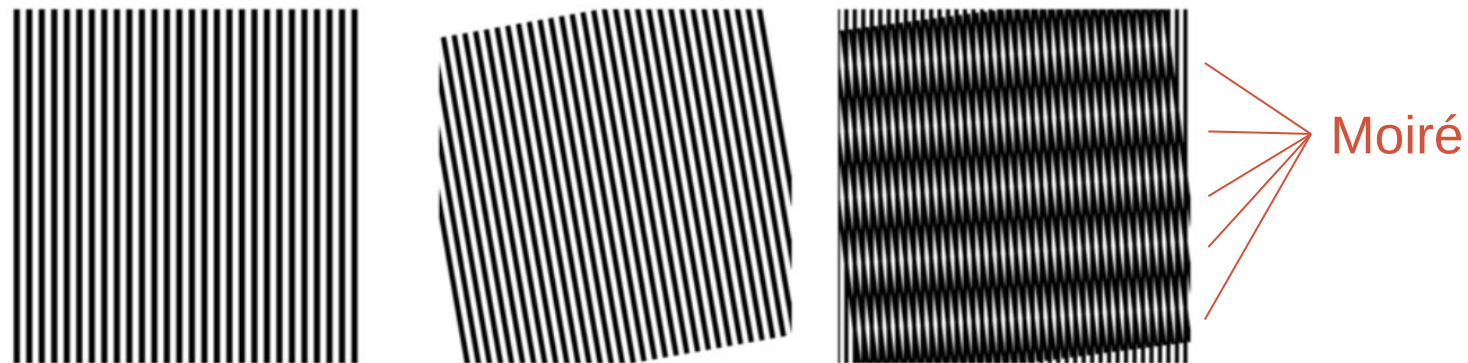


- Die Wahl des Algorithmus ist entscheidend für die Bildqualität
- Es gibt **keinen idealen Demosaicing-Algorithmus**, jeder eignet sich für bestimmte Aufnahmesituationen am besten
- In der Kamera und bei den meisten Bildbearbeitungsprogrammen hat der Bearbeiter aber keine Wahl, die Programme nutzen einen vorgegebenen Algorithmus
- Unter anderem deshalb haben Photographen ihre individuellen Vorlieben bezüglich Kamerahersteller und Software...
- Die Software **RawTherapee** bietet verschiedene Algorithmen

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Ein weiteres Problem bei Sensoren mit Bayer-Filter: Moiré
- Moiré entsteht durch Wechselwirkungen regelmäßiger Strukturen im Motiv mit dem Pixelmuster/Farbmuster des Sensors/Bayer-Filters



Quelle: www.mathe-museum.uni-passau.de/digitale-exponate-zum-ausprobieren/der-moire-effekt/

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

Moiré

- Moiré ist besonders störend, wenn es, verstärkt durch Interpolationsfehler, farblich in Erscheinung tritt



Quelle: <http://www.henner.info/2mp.htm#X3%20Sensor>

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

Moiré

- Physikalisch liegt die Ursache für Moiré in der Abtastung des Motivs durch einen Sensor mit **begrenzter Auflösung**
- Besitzt das Motiv feinere Strukturen als der Pixelabstand, kommt es zu **Unterabtastung**, das **Abtasttheorem** wird verletzt:
- Jede Strukturgrenze (Kontrast) im Motiv muss von zwei Pixeln erfasst werden, die Abtastrate F_T muss zweimal so hoch sein wie das feinste Muster $F_{\max}$:

$$F_T = 2 F_{\max}$$

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

Moiré

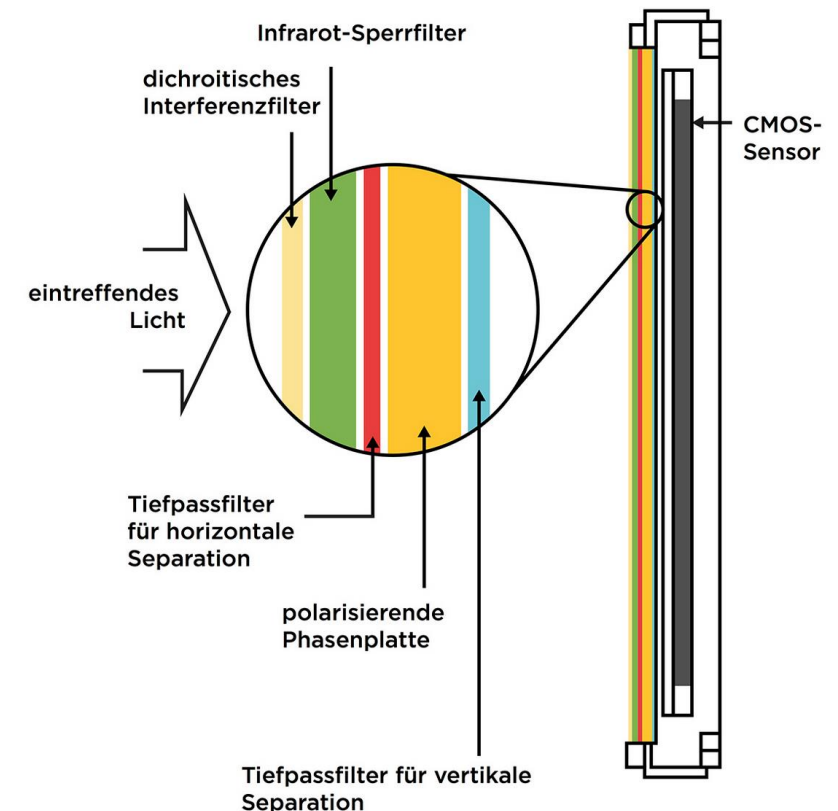
- Folglich können nur Motivstrukturen korrekt abgebildet werden, die auf dem Sensor den doppelten Pixelabstand nicht unterschreiten
- Bei kleineren Strukturen entstehen **Aliasing-Effekte**: „fremde“ Strukturen größeren Abstands, die als störendes Moiré sichtbar werden
- Zur Vermeidung bzw. Verminderung von Moiré verwenden die meisten Sensoren **Anti-Aliasing-Filter**

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

Moiré

- **Anti-Aliasing-Filter** oder **Tiefpassfilter** entfernen feine Strukturen bzw. hohe Orts-Frequenzen im Motiv, bevor sie auf die Pixel treffen
- Sie filtern die für Moiré verantwortlichen feinen Strukturen also heraus, aber...



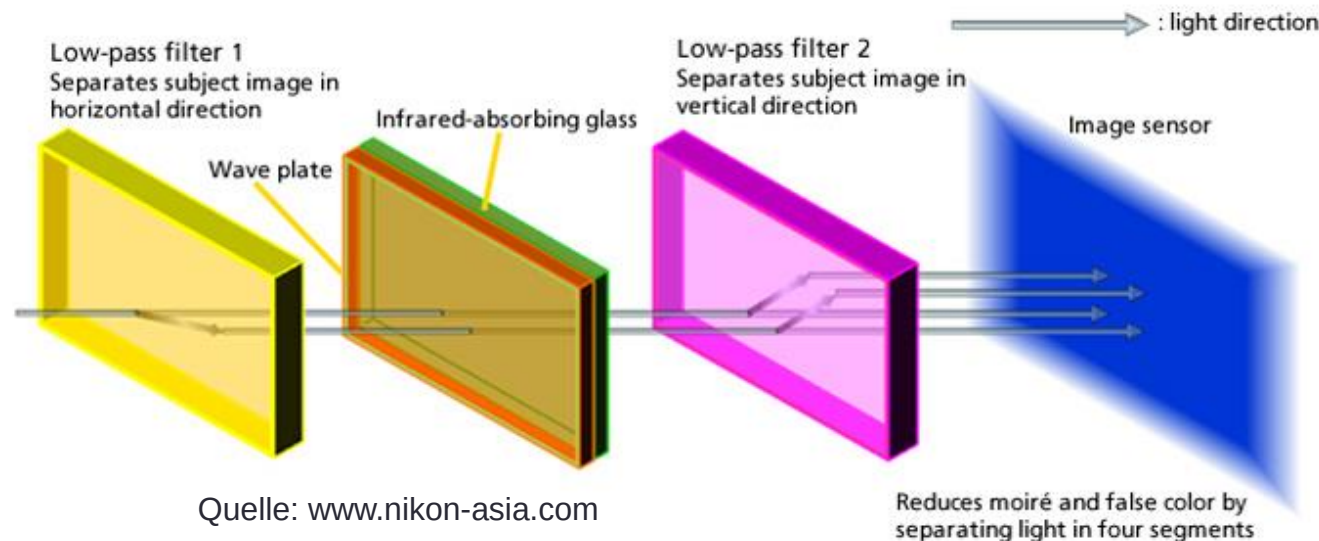
Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

Moiré

- **Anti-Aliasing-Filter** sorgen durch Aufspalten der Lichtstrahlen für **künstliche Unschärfe** und verringern so die maximale Auflösung

Lichtstrahl, welcher kleiner als Pixel ist, wird aufgetrennt und in 4 Strahlen aufgeteilt.



Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

Moiré

- Einige hochwertige Kameras gibt es ganz oder wahlweise Tiefpassfilter:
 - Nikon D800E, Nikon Z9
 - Canon EOS 5DSR, EOS R6 Mark II
 - Panasonic DC-S1, S1R
 - Leica M9
- Moiré muss hier durch Abblenden, Zoomen oder Ändern der Kameraposition vermieden bzw. nachträglich reduziert werden

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung

- Farbsensoren mit Bayer-Filter...
 - Bieten Farbfotos von einem einzelnen Sensor, bei CMOS mit allen weiteren Preisvorteilen dieser Technologie
 - Benötigen nicht mehr Fläche als monochrome Sensoren mit der gleichen Pixelzahl
 - Besitzen wegen der notwendigen Filter vor jedem Pixel eine spürbar reduzierte Quanteneffizienz, die Filter lassen nur etwa 30% des Lichtes passieren
 - Liefern nicht die gleiche Detailauflösung wie monochrome Sensoren
 - Haben für Farben eine nochmals geringere Auflösung
 - Zeigen Anfälligkeit für Moiré
- ...sind trotzdem in den meisten aktuellen Digitalkameras verbaut

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung – Weitere Sensorvarianten

Um einige der Nachteile von Sensoren mit Bayer-Filter zu vermeiden, gehen manche Hersteller innovative Wege und entwickelten Alternativen:

- Foveon-Sensor
- Andere Pixelanordnungen:
 - Super-CCD-Sensor (historisch)
 - X-Trans-Sensor

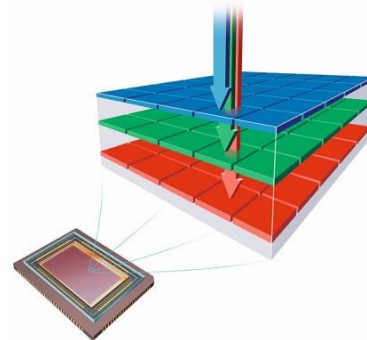
Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung – Weitere Sensorvarianten

Foveon-Sensor

- Bisher betrachtete Sensoren verwenden nebeneinander liegende (Bayer)-Farbfilter zur Auswertung von Farbinformationen
- Der Foveon X3-Sensor nutzt die unterschiedliche Eindringtiefe von Licht verschiedener Wellenlänge in Silizium zur Farberkennung:

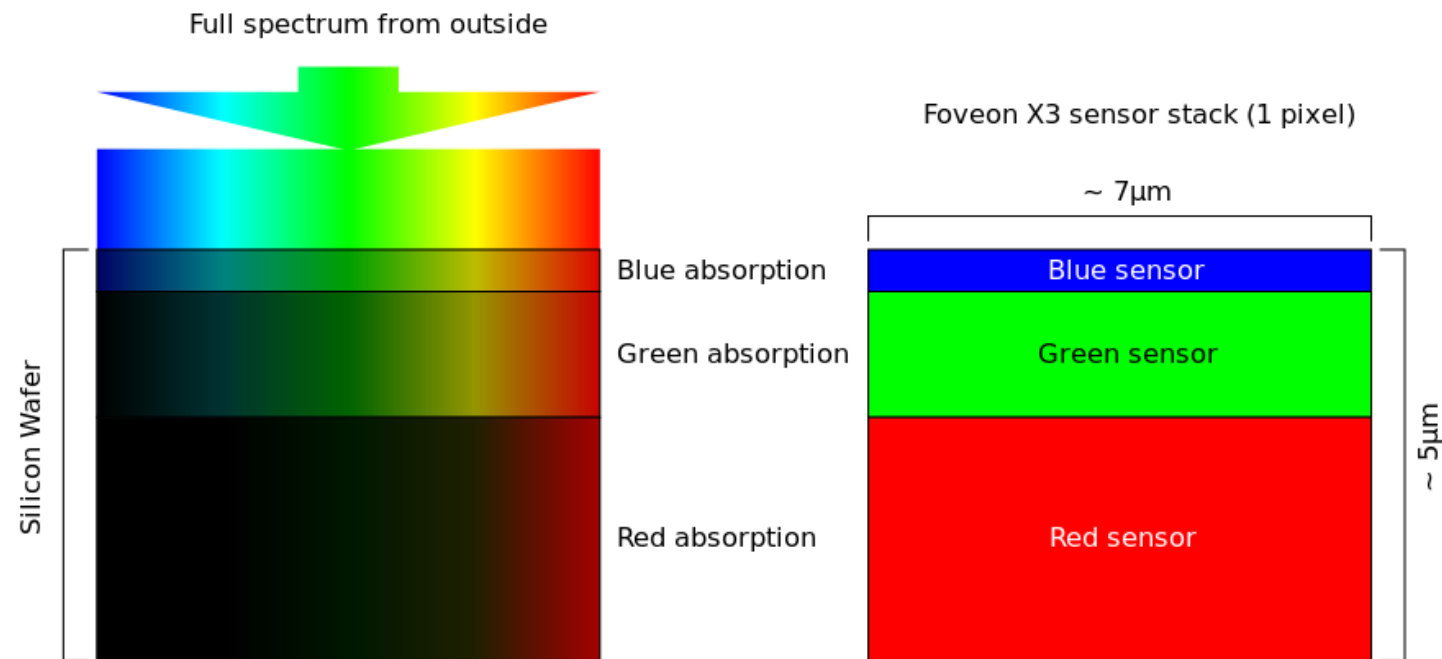
- Blau bis ca $1,8 \mu\text{m}$
- Grün bis ca. $3,6 \mu\text{m}$
- Rot bis ca. $7 \mu\text{m}$



Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung – Weitere Sensorvarianten

Foveon-Sensor



Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Foveon_X3

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung – Weitere Sensorvarianten

- Foveon-Sensor, pro
- Der Verzicht auf Interpolation liefert bei gleicher rechnerischer Pixelanzahl gegenüber dem Bayer-Filter **schärfere Bilder** mit höherer Farbuflösung
- Die angegebene Pixelanzahl einer Bilddatei entspricht der physikalischen Anzahl auf dem Sensor, weil jedes Pixel für alle Farben genutzt werden kann.
- Der Foveon-Sensor ist **deutlich weniger anfällig für Moiré**

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung – Weitere Sensorvarianten

Quelle: www.dpreview.com

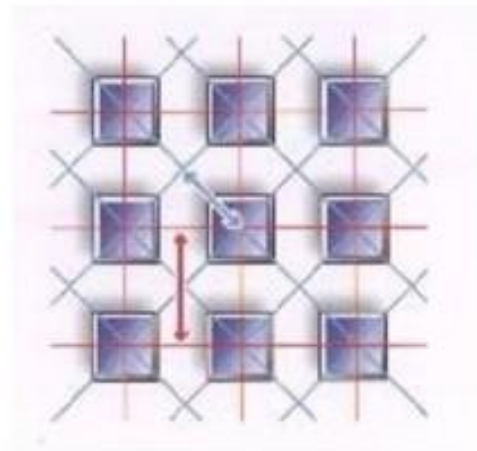
- Foveon-Sensor, contra
- Die **Lichtempfindlichkeit** ist trotz der fehlenden Absorption durch Farbfilter insgesamt **geringer**, weil mit zunehmender Eindringtiefe auch im Silizium Licht absorbiert wird
- Die Farbseparation ist nicht so gut wie üblich, besonders bei wenig Licht, **Farbrauschen** tritt leicht **sehr störend** in Erscheinung
- APSC-Foveon-Sensoren werden aktuell nur vom japanischen Hersteller **Sigma** eingesetzt, die für 2020 angekündigte Einführung eines Vollformatsensors wurde aus technischen Gründen immer wieder verschoben

Full-frame Foveon sensor "still at design stage" says Sigma CEO, "but I'm still passionate"
Published Apr 15, 2024 | [Richard Butler](#)

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung – Weitere Sensorvarianten

- Super-CCD-Sensor
- Die räumliche Anordnung der Fotozellen lässt Variationen zu:
- Der Hersteller Fuji dreht die Fotozellen um 45° und ordnet sie wabenförmig an



Sensortechnik

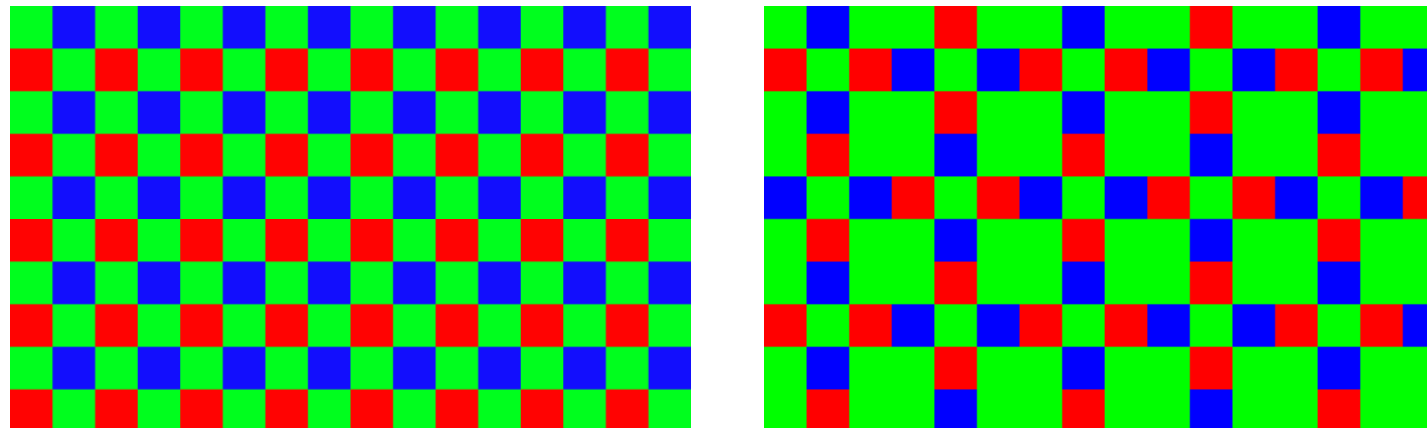
Farben und Farbaufzeichnung – Weitere Sensorvarianten

- Super-CCD-Sensor
- Es ergibt sich eine engere Packungsdichte und damit eine höhere Detailauflösung, theoretisch auch eine höhere Empfindlichkeit
- Fuji interpoliert bei der Kamera Finepixx S7000 aus einem 6,3 MP CCD-Sensor Bilder mit 12 MP. Die Auflösung ist tatsächlich höher als bei 6 MP Kameras der Mitbewerber
- Technologie über etwa 10 Jahre in mehreren Generationen weiterentwickelt, in heutigen Kameras des Herstellers aber durch BSI CMOS- und X-Trans-Sensoren ersetzt

Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung – Weitere Sensorvarianten

- X-Trans-Sensor
- Erneut veränderte Anordnung der Farbfilter auf CMOS-Sensoren des Herstellers Fujifilm (rechts)



Sensortechnik

Farben und Farbaufzeichnung – Weitere Sensorvarianten

- X-Trans-Sensor
- Das Filtermuster ist unregelmäßig und neigt weniger zu Moiré, auf ein Tiefpassfilter kann verzichtet werden
- Die Farbinformation wird genauer aufgezeichnet, weil in jeder Zeile Fotodioden für jede Farbe vorhanden sind
- Es ergibt sich ein Auflösungs-vorteil, der teilweise eine geringere **Sensorgröße** kompensiert, die Bildqualität entspricht derjenigen größerer Sensoren bei geringerem Preis
- Die Leistung von Vollformat-BIS-CMOS-Sensoren wird nicht erreicht

Sensortechnik

Fragen zum Selbststudium

- Welche Farbauszüge bzw. Grundfarben nutzt ein Halbleitersensor, um das gesamte für Menschen sichtbare Farbspektrum abzubilden?
- Wie ist ein Bildsensor mit Bayer-Filter aufgebaut? Warum sind nicht alle Grundfarben im gleichen Anteil vorhanden?
- Jedem Pixel im Bayer-Sensor fehlt der größte Teil der originalen Farbinformationen. Wie werden die fehlenden Informationen zurückgewonnen (Bezeichnung, Vorgehensweise, Varianten)?
- Was ist Moiré? Unter welchen Bedingungen und warum entsteht es in Digitalkamera-Sensoren?
- Nennen Sie einen Farbsensoraufbau, der weniger Moiré generiert

Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- **Sensortechnik und Kameras**
 - CCD, CMOS, Farben und Farbaufzeichnung, **Größe und Format**
 - Kamerakomponenten und Kamerateypen
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildbearbeitung und Bildverwaltung
 - Tools und praktische Vorgehensweisen

Sensortechnik

Größe und Format

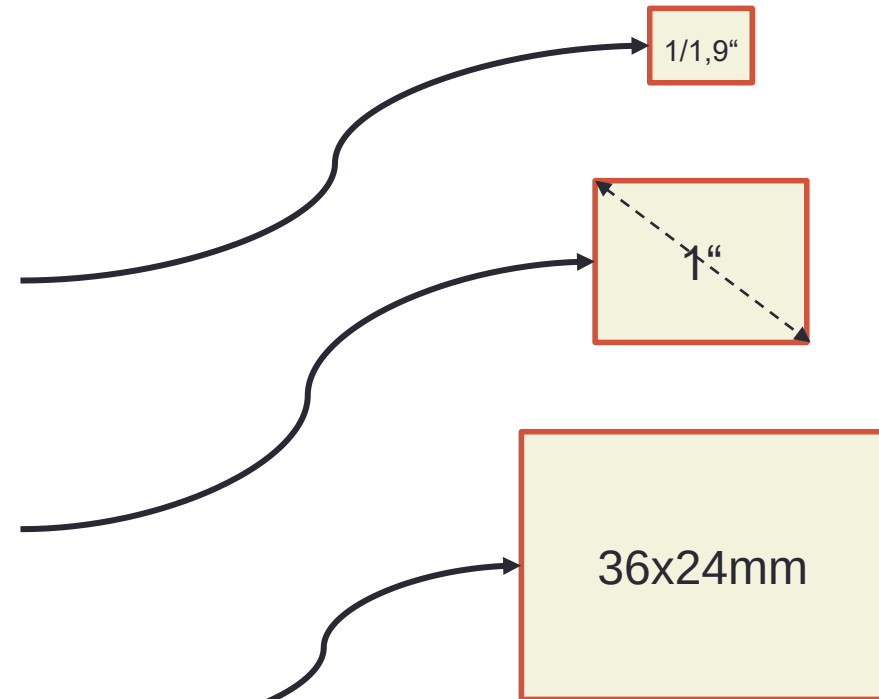
Begriffe

Sensorgöße bezeichnet die physischen Abmessungen eines Sensors

- angegeben als Größenklasse in Bruchteilen eines „Sensor-Zolls“

1 Zoll = 16,4mm Diagonale

- Alternativ bzw. zusätzlich angegeben als Sensorhöhe x Sensorbreite **in mm**



Sensortechnik

Größe und Format

Begriffe

Sensorauflösung spezifiziert die Anzahl der Pixel pro Fläche

- Üblicherweise vereinfacht als **Anzahl der Pixel auf dem gesamten Sensor**
- Angegeben in Megapixel (Mp) oder Anzahl horizontale x Anzahl vertikale Pixel
- Beispiel: Die Kamera Lumix S1 besitzt einen Sensor mit 24 Mp oder 6000 x 4000 Bildpunkten Auflösung

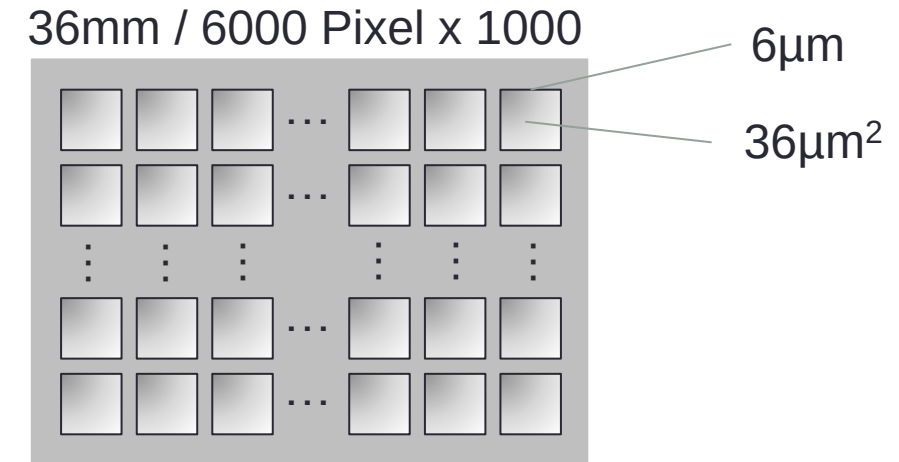
Sensorgröße und Sensorauflösung sind nicht identisch und voneinander unabhängig!

Megapixel (physikalisch): auf dem Sensor vorhandene Pixel
Megapixel (effektiv): Für die Abbildung genutzte Pixel

Sensortechnik

Größe und Format

Begriffe



Pixel-Pitch, **Pixel-Abstand** oder **Pixelgröße** definiert die rechnerische Breite der Pixel in µm:

$$\text{Pixel Pitch} = \frac{\text{Sensorbreite (mm)}}{\text{Anzahl horizontale Pixel}} \times 1000$$

- Aus dem Pixel-Pitch kann die qualitätsrelevante **Pixelfläche** in µm² errechnet werden (**angenähert, Flächen zwischen den Pixeln bleiben unberücksichtigt**)

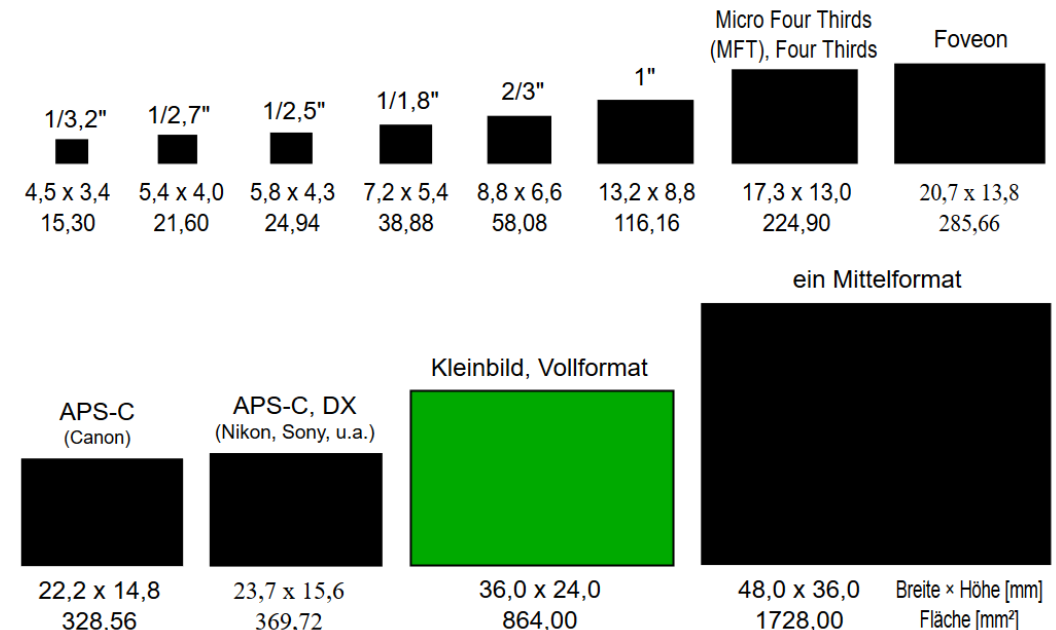
Sensortechnik

Größe und Format

Sensorgröße:

1. Smartphones: ab 1/3"
2. Einsteiger bis Mittelklasse < MFT
3. Mittelklasse: MFT bis Vollformat
4. Spitzen-/Profiklasse: KB-Vollformat
5. Sonderfall Mittelformat(e) und größer

Gängige Formate von Kamerasensoren



Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Vollformatsensor

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße

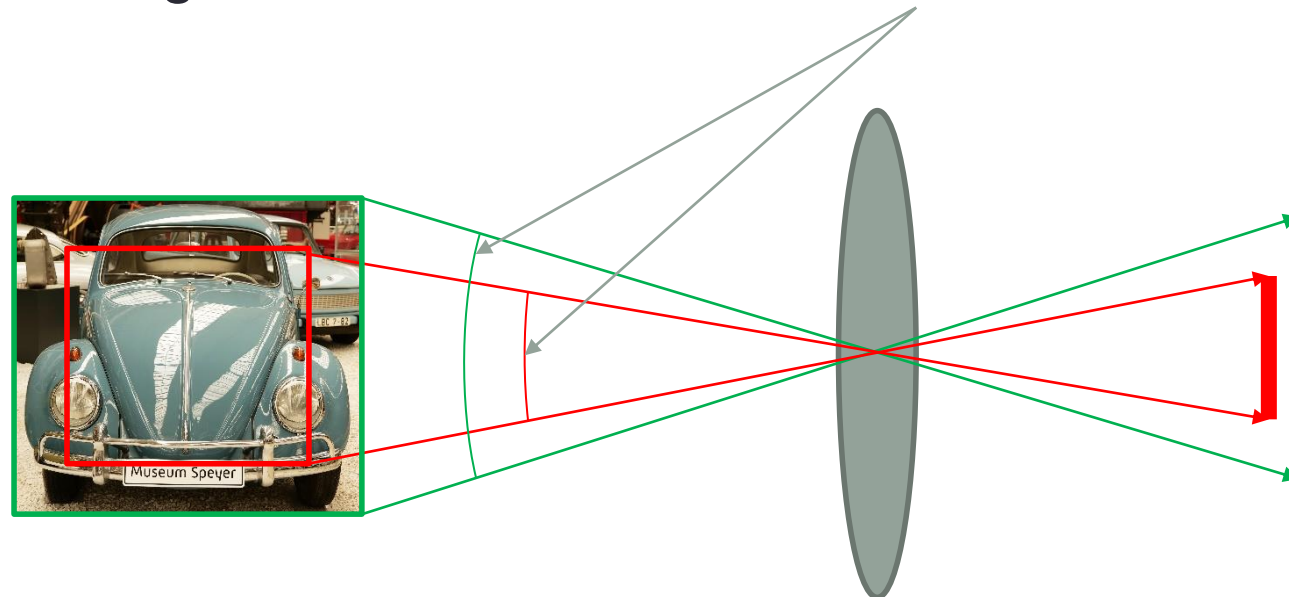
- **Bildausschnitt:** Je größer der Sensor desto größer der Bildausschnitt
- **Bildqualität:** Die Sensorfläche beeinflusst...
 - Rauschabstand und Dynamik
 - Auflösung
 - Schärfentiefe
 - Einsetzen der Beugung bei kleinerer Blendenöffnung
- **Größe und Gewicht:** Größere Sensoren erfordern größere und schwerere Kameras und Optiken

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Bildausschnitt

- Bei gegebener Optik „sieht“ ein kleinerer Sensor auch nur einen kleineren Bildausschnitt, es ergibt sich ein kleinerer **Blickwinkel**

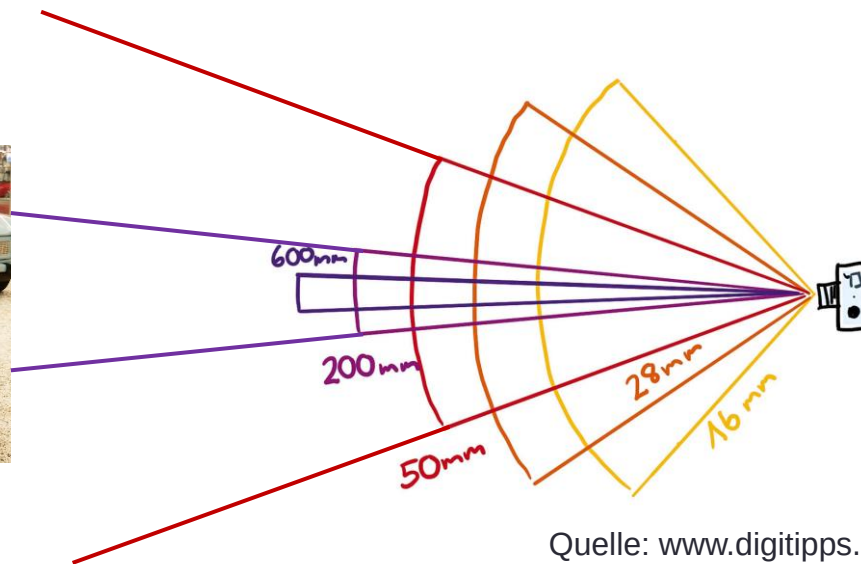


Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Bildausschnitt und Brennweite

- Der Blickwinkel wird im übrigen maßgeblich durch das Objektiv und dessen **Brennweite** bestimmt



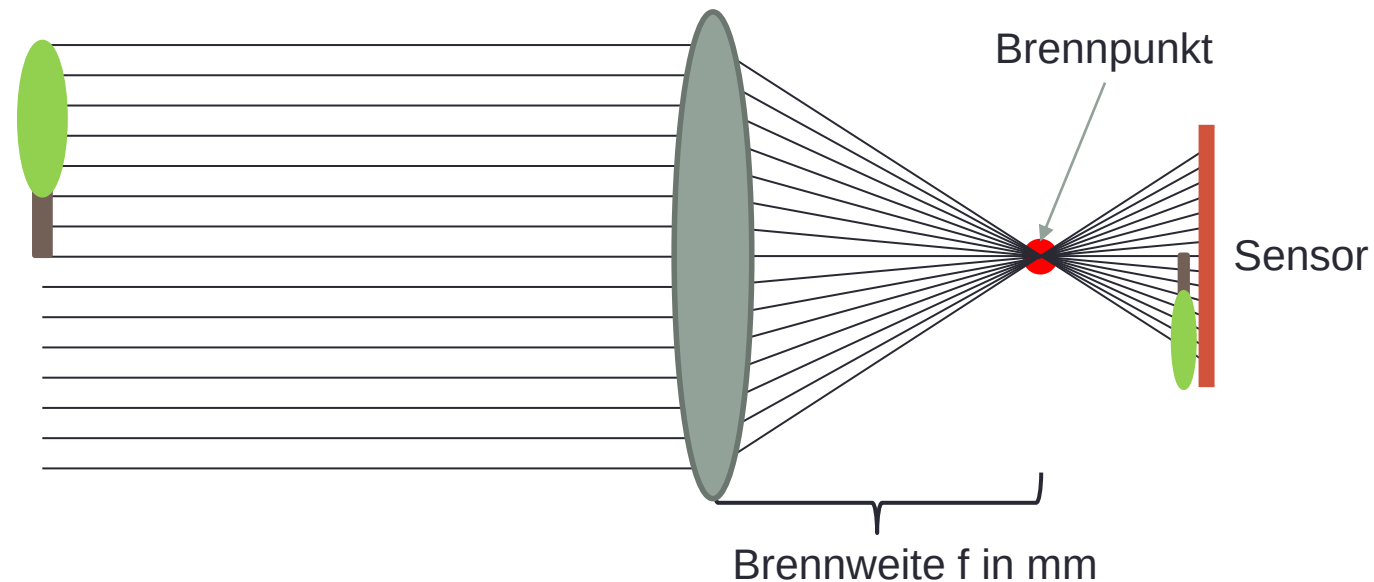
Quelle: www.digitipps.ch

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Brennweite

- Die **Brennweite f** ist eine wesentliche Kenngröße jedes Objektivs

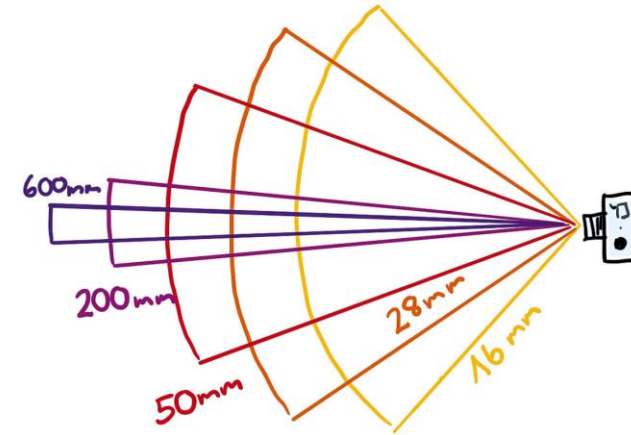


Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Brennweite

- Für die **Brennweite** im ursprünglich analoge **Kleinbildformat 36x24 mm** gelten folgende klassische Erfahrungswerte:
- Kleine Brennweiten bis 25 mm liefern große Bildausschnitte und große Blickwinkel: **Weitwinkelobjektive**
- Mittlere Brennweiten um 50 mm liefern einen dem menschlichen Auge entsprechenden Bildausschnitt: **Normalobjektive**
- Längere Brennweiten ab 100 mm liefern kleine Bildausschnitte und wirken wie Fernrohre: **Teleobjektive**



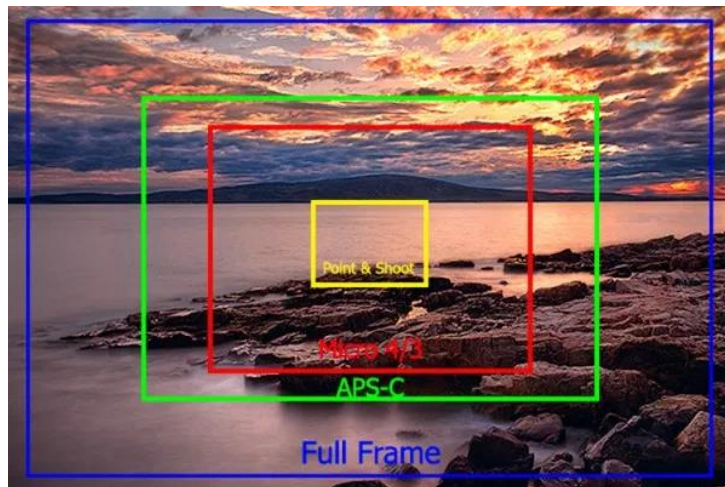
Quelle: www.digitipps.ch

Sensortechnik

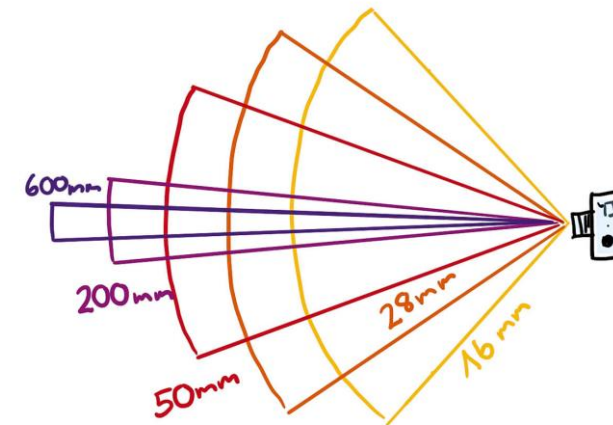
Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Bildausschnitt und Brennweite

- Ein kleinerer Sensor reduziert den Bildwinkel in ähnlicher Weise wie eine größere Brennweite



Quelle: digital-photography-school.com



Quelle: www.digitipps.ch

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Brennweite und Crop-Faktor

- Brennweite, Bildausschnitt und Sensorgröße stehen mathematisch in Beziehung zueinander
- Für einen konstanten Bildausschnitt gilt:

$$\frac{\text{Brennweite groß}}{\text{Brennweite klein}} = \frac{\text{Sensordiagonale groß}}{\text{Sensordiagonale klein}} = \text{Crop-Faktor}$$

- Die kürzere Diagonale eines kleineren Sensors muss durch Wahl eines Objektivs mit entsprechend kürzerer Brennweite kompensiert werden.

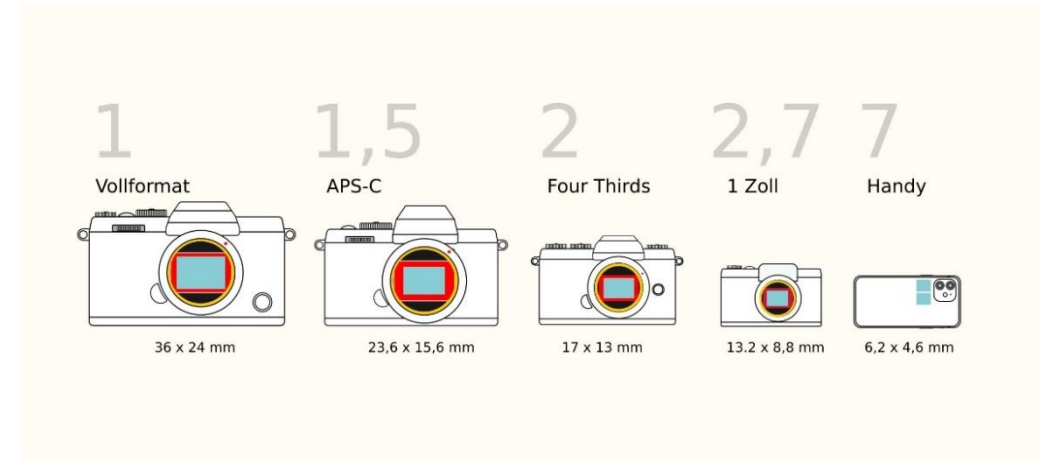
Crop
=
Ausschnitt,
Vergrößerung

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Crop-Faktor

- Als Bezugsgröße hat sich das Kleinbildformat 36x24 mm und damit der Vollformat-Sensor etabliert
- Für Vollformat gilt: **Crop-Faktor = 1**
- Für die gängigen **Crop-Sensoren** gibt es Grafiken und Tabellen



Quelle: ivent.de

Sensor Size	Crop Factor
35 mm/Full-Frame	1
APS-C	1.5–1.6
Micro Four Thirds	2
Smartphone	approx. 7
4 × 5" Large Format	0.3

Quelle: www.oreilly.com

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Crop-Faktor

- In der Praxis: Vorsicht bei Verwendung von Wechselobjektiven an Kameras mit Crop-Sensoren, etwa APS-C.
 - Ein 24 mm Weitwinkelobjektiv wirkt an der APS-C-Kamera etwa so wie ein klassisches Reportageobjektiv mit 35 mm Brennweite
 - Andererseits: ein 400 mm Teleobjektiv liefert an der APS-C-Kamera den gleichen Ausschnitt wie 600 mm am Vollformat
- Mittels Crop-Factor kann die benötigte Verkürzung der Brennweite mit kleinerem Sensor für einen identischen Bildausschnitt errechnet werden

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Crop-Faktor

- Alternative: Tabelle benutzen

Focal Length	35mm (factor 1)	APS-C (factor 1.5)	Micro Four Thirds (factor 2)	Smartphone (factor 7)
18mm	18	27	36	126
24mm	24	36	48	168
35mm	35	52.5	70	245
50mm	50	75	100	350
80mm	80	120	160	560
100mm	100	150	200	700
150mm	150	225	300	1050
200mm	200	300	400	1400
300mm	300	450	600	2100
500mm	500	750	1000	3500

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Äquivalente Brennweite

- Hersteller von Crop-Kameras geben auf den fest angebrachten Objektiven meist eine **Kleinbildäquivalente Brennweite** an:
- Die sich mit dem Crop-Faktor der Kamera ergebende scheinbare Brennweite entsprechend dem Kleinbildformat



Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Äquivalente Brennweite

- Beispiel: Äquivalente Brennweite bei einem 1“-Sensor

1“ Leica V-Lux 114, $f=146\text{mm}$



Vollformat Lumix S1, $f=400\text{mm}$



Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Äquivalente Brennweite

- Die Leica V-Lux 114 liefert bei einer **physikalischen Brennweite** von **146 mm** den gleichen Bildausschnitt wie echte **400 mm Brennweite** im Vollformat
- Die **KB-äquivalente maximale Brennweite** des Zoom-Objektivs der Leica V-Lux 114 mit 1" Sensor beträgt damit **400mm**
- Der **Crop-Factor** für den **1" Sensor** liegt bei $400 : 146 = \mathbf{2,74}$
- **Aber:** Gleicher Bildausschnitt bedeutet nicht auch gleiche Bildqualität!

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Äquivalente Brennweite und Bildqualität

- Vergrößerte Ausschnitte zeigen sichtbar die Qualitätsunterschiede...



Leica V-Lux 114, 146/400mm



Lumix DC-S1, 400mm

Sensortechnik

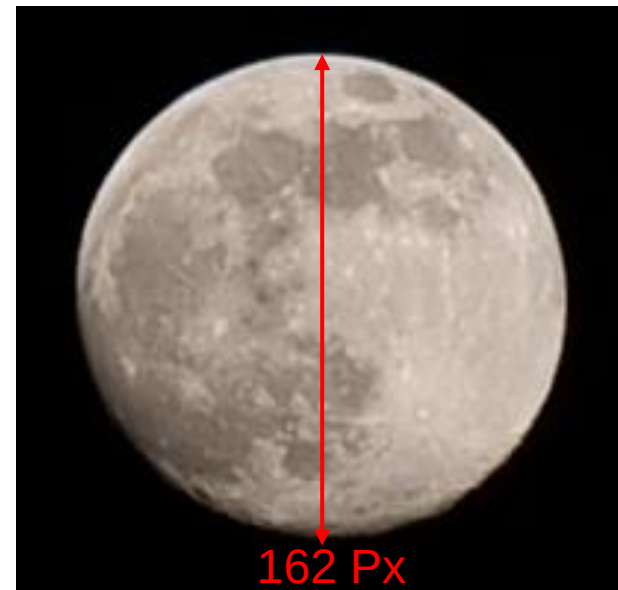
Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Äquivalente Brennweite und Bildqualität

- ...und das liegt nicht nur an evtl. größerer Sensorauflösung:



Finepixx S7000, 46,8/210mm



Lumix DC-S1, 105mm

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße

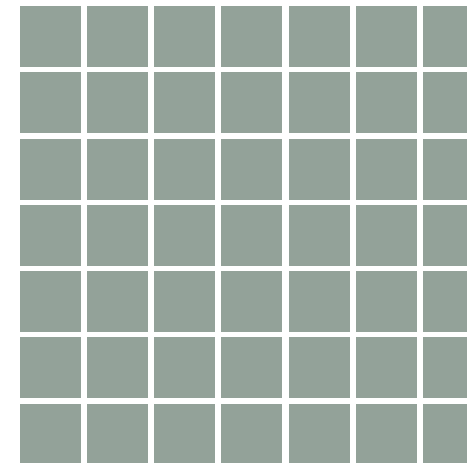
- Bildausschnitt: Je größer der Sensor desto größer der Bildausschnitt
- **Bildqualität:** Die Sensorfläche beeinflusst...
 - Dynamik und Rauschen
 - Sinnvoll realisierbare Auflösung
 - Schärfentiefe
 - Einsetzen der Beugung bei kleinerer Blendenöffnung
- **Größe und Gewicht:** Größere Sensoren erfordern größere und schwerere Kameras und Optiken

Sensortechnik

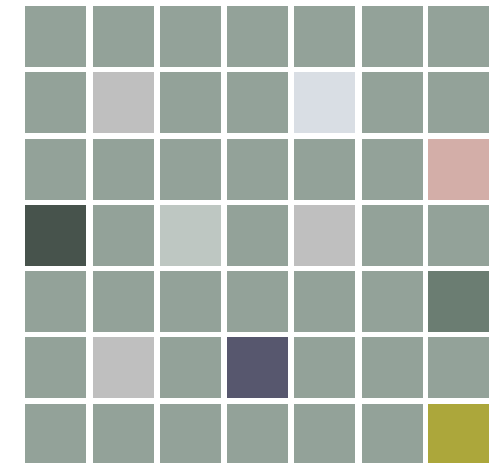
Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Dynamik und Rauschen

- Dynamik ist die maximale Differenz der Helligkeiten innerhalb einer realen abzubildenden Szene
- Rauschen ist eine unregelmäßige Abweichung der Helligkeit bzw. Farbe einzelner Pixel vom Wert, der infolge der Belichtung eigentlich zu erwarten wäre



Rauschfrei



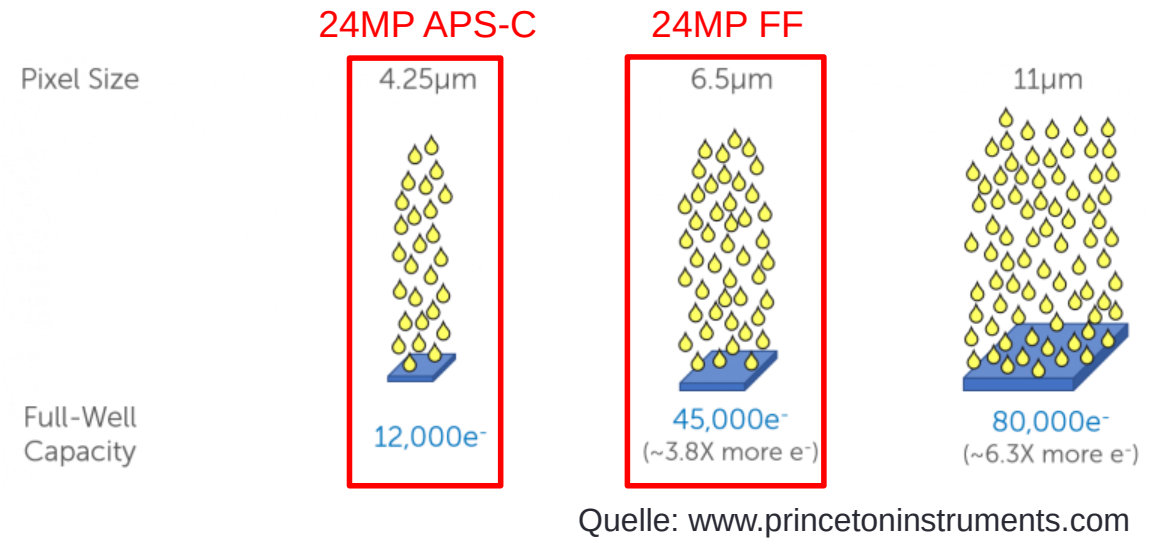
Verrauscht

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Dynamik und Rauschen

- Große Sensoren gestatten bei gegebener Auflösung größere Pixelflächen
- Größere Pixel bedeutet mehr aufgenommene Photonen und eine höhere Full Well Capacity: Die Pixel speichern mehr Elektronen
- Vorteile:
 - **Höhere Dynamik**, die Pixel können größere Helligkeitsunterschiede verarbeiten ohne Sättigung zu erreichen
 - **Besserer Signal-Rauschabstand**, weil das Grundrauschen des Sensors nur wenig von der Pixelgröße abhängt



Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Dynamik und Rauschen

- Rauschen einer Kamera mit 1/1,9“ CCD-Sensor und 10 MP ...



Aufgenommen mit ISO 100



Aufgenommen mit ISO 1600

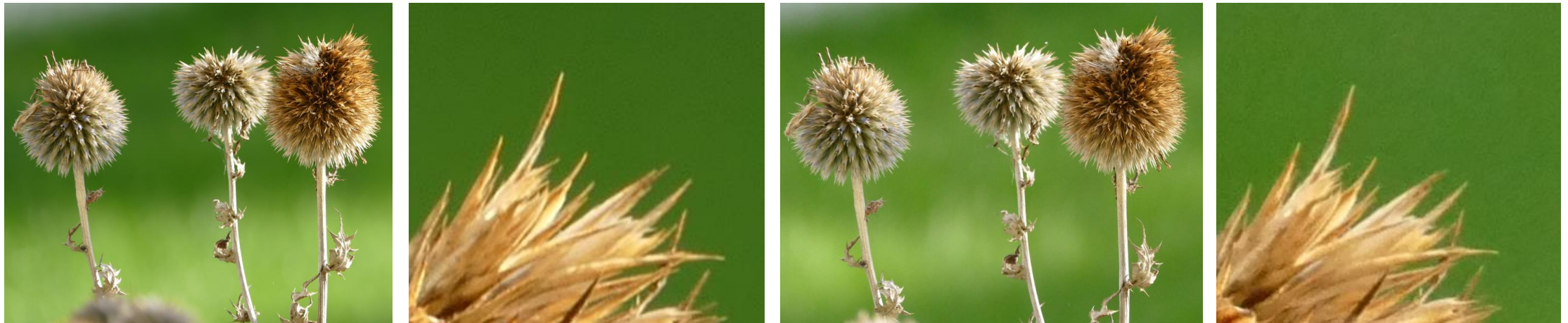


Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Dynamik und Rauschen

- ...und einer Kamera mit 1" CMOS-Sensor und 20 MP



Aufgenommen mit ISO 100

Aufgenommen mit ISO 1600

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Dynamik und Rauschen

- Die Sensorfläche kann physikalisch auch **durch viele kleine Sensoren** erhöht werden
- Zusammenfassung der Bilder und Verarbeitung mit KI
- Nutzung in Smartphones



Quelle: HMD Global

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Dynamik und Rauschen

- Große Sensorflächen liefern deshalb optimale Ergebnisse auch in Grenzsituationen:
- **Wenig Umgebungslicht**
 - Available Light Photography
 - Astrofotografie
- **Starke Kontraste**
 - Gegenlicht
 - Bildbereiche innen und außen



Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Auflösung

- In den 1990er Jahren lieferten Webcams eine VGA-Auflösung, also 640 x 480 Pixel
- Hochwertige CCD-Kameras für die Mikroskopie brachten es auf 1 MP
- 2006 lagen die gängigen Auflösungen bei 6 -12 MP für APSC- und (sehr teure) Vollformatsensoren
- Nikons Spiegellose Kamera Z9 besitzt einen Vollformatsensor mit 45,7 MP, Canons EOS 5Ds 50,3 MP, Sonys α 7R V 61,2 MP
- Smartphone-Sensoren erreichen bei 1/1,33" Größe 108 MP Auflösung

Sensortechnik

Größe und Format

Sensorauflösung – viel hilft viel?

- Theoretisch bedeuten mehr Pixel einfach mehr Details und damit schärfere, sehr hochauflösende Bilder, was jeder gerne möchte
- Viele Pixel sind also immer gut – oder?



Quelle: techlife.news/samsung



Quelle: Nikon

Sensortechnik

Größe und Format

Sensorauflösung – viel hilft viel?

- Bei gegebener Sensorfläche bestimmt die Anzahl der Pixel auch zwingend die Fläche der einzelnen Pixel
- Nikon Vollformatsensor mit 45,7 MP:

Pixel	4,34x4,34 μm
Fläche	18.84 μm^2
- Isocell Bright HMX-Sensor mit 108 MP:

Pixel	0,8x0,8 μm
Fläche	0,64 μm^2

Der Vollformatsensor besitzt Pixel mit 30-facher Fläche

Sensortechnik

Größe und Format

Sensorauflösung – viel hilft viel?

Kleine Pixelfläche führt zu zwei bekannten Problemen...

- Weniger Photonen bei gleichbleibendem thermischen Grundrauschen
- Kleinere Full Well Capacity, Sättigung u.U. schon bei weniger Licht

Der Dynamikumfang kleiner Pixel ist daher von beiden Grenzen her eingeschränkt

Sensortechnik

Größe und Format

Sensorauflösung – viel hilft viel?

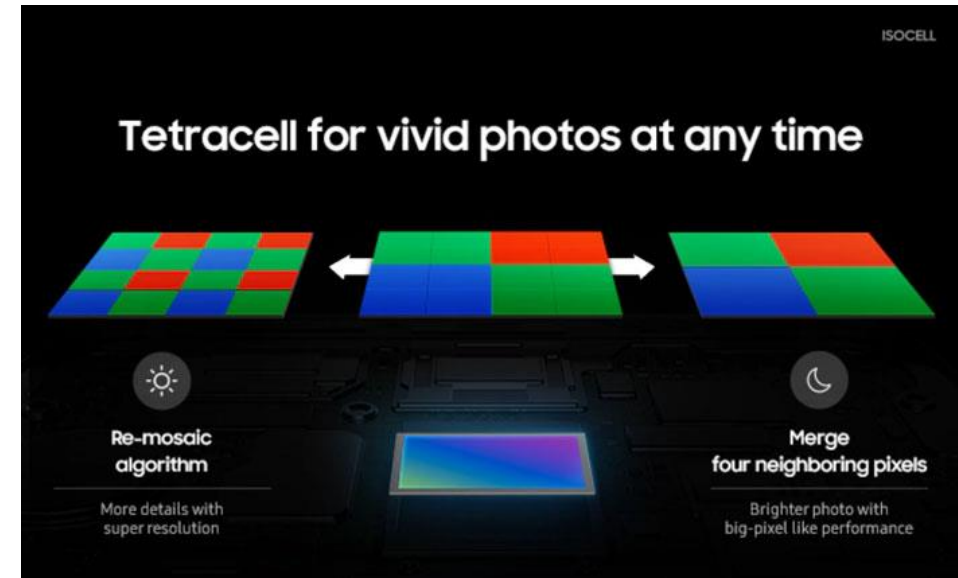
... und an neue Grenzen:

- Extreme Anforderungen an die Objektivqualität – und damit den Preis
- Erreichen der Auflösungsgrenze von Licht: 380-780nm vs. 0,8µm
- 0,8µm breite Pixel sind kaum noch größer als die Wellenlänge sichtbaren Lichts
- Eine weitere Verringerung der Pixelgröße kann aus physikalischen Gründen nicht zu mehr Bildauflösung führen

Sensortechnik

Größe und Format

Sensorauflösung – viel hilft viel?



Quelle: momofilmfest.com

- Die 108 MP Smartphone-Kamera benötigt ausgezeichnete Lichtverhältnisse, um genügend Photonen für 108 MP zu sammeln
- Der Bayer-Filter bedient 4 Pixel je Farbe: Normalerweise werden je 4 Pixel zusammengefasst, 27 MP (Pixel Binning)
- 108 MP-Bilder werden durch einen Re-Mosaic-Algorithmus berechnet
- Selbst berechnete 108 MP Bilder werden so komprimiert, dass die Dateien 14-26 MB Größe erreichen: Weitere Qualitätsverluste

Sensortechnik

Größe und Format

Sensorauflösung – viel hilft viel? Nein, nur Megapixelwahn

- Ein Vergleichstest ergab für den 108 MP-Sensor eine sichtbar schlechtere Bildqualität als bei einer „echten“ Kamera mit 12 MP
- Für jede Sensorgröße scheint es einen besten Kompromiss mit der Auflösung zu geben, aktuell noch 24 MP für Vollformatsensoren
- Mehr MP führen zwar eventuell zu mehr Details, aber nicht unbedingt zu besseren Ergebnissen.
- Der Rest erinnert an den MHz-Wettbewerb bei frühen Computern...

www.chip.de/news/Smartphone-Kameras-mit-108-Megapixel-Warum-der-Wahnsinn-ein-Ende-findet-muss_177465032.html

Sensortechnik

Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Schärfentiefe

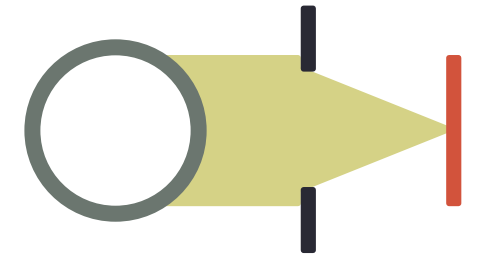
- Kleine Sensoren liefern **hohe Schärfentiefe** und gestatten daher **kein optisches Freistellen** eines scharf abgebildeten Motivs gegen einen unscharfen Hintergrund (wichtiges fotografisches Gestaltungsmittel)
- Wird in Smartphones mittlerweile durch KI nachgeahmt: Die KI erkennt, was auf dem Bild das zentrale Motiv ist, und bildet dieses scharf ab
- Die übrigen Bildanteile werden künstlich unscharf gerechnet

Sensortechnik

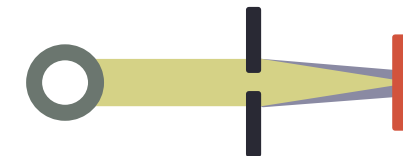
Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Beugung

- Der Objektivdurchmesser ist für kleine Sensoren konstruktionsbedingt kleiner als für große Sensoren
- Kleinere Objektive und damit kleinere Blendenöffnungen führen zu **größerer Beugungsunschärfe** und **weniger Details**
 - Relevant für Kameras mit Sensoren bis MFT
 - In Smartphones allerdings meist kein Problem, weil gar keine Blende eingebaut ist...



Kaum Beugung
viele alternative Lichtwege



Mehr Beugung
wenig alternative Lichtwege

Sensortechnik

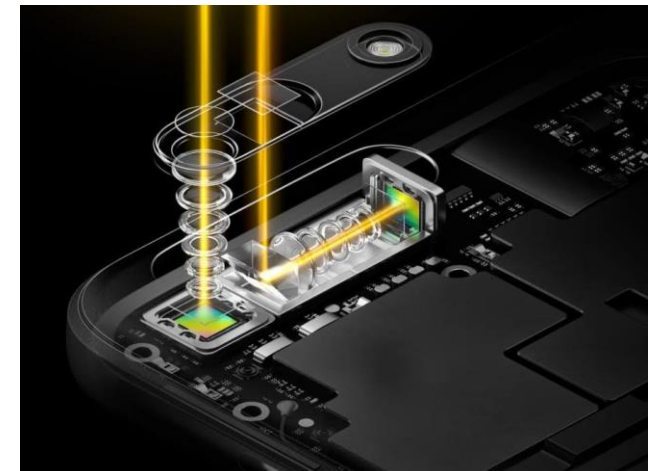
Größe und Format

Auswirkungen der Sensorgröße – Kameragröße

- An **kleine Gehäuse** passen nur **kleine Objektive**, die oft **weniger lichtstark** sind und noch weniger Licht auf den Sensor lassen
- Bei Smartphones nach intensiver Forschung und viel Entwicklungsarbeit gelöst
- Verschiedene Brennweiten und selbst ein optisches Zoom sind verfügbar (Periskop)
- **Dennoch schwache Resultate bei wenig Licht**



Quelle: oppo



Quelle: www.dpreview.com

Sensortechnik

Apropos Zoom...

- Viele Kameras besitzen **Zoomobjektive** mit veränderbarer Brennweite
- Zoomobjektive gestatten die freie Wahl des Bildausschnitts und oft Vergrößerung bis in den Telebereich, um Details genauer abzubilden
- Unterschieden wird dabei zwischen **optischem** und **digitalem Zoom**:
- **Optisches Zoom** verändert die Brennweite des Objektivs physikalisch
- Auf die gegebene Sensorfläche fällt bei größerer Brennweite ein kleinerer Bildausschnitt
- Der Informationsgehalt im Bild nimmt mit der Brennweite zu, bis die physische Auflösungsgrenze der Kombination aus Optik und Sensor erreicht ist

Sensortechnik

Apropos Zoom...

- **Optisches Zoom** liefert schrittweise höhere Detailauflösung, weil das Abbild des Motivs auf dem Sensor größer wird und mehr Pixel umfasst



105mm



200mm



400mm

Sensortechnik

Apropos Zoom...

- **Digitales Zoomen** interpoliert lediglich einen Ausschnitt der einmal gemachten Aufnahme nachträglich auf die Gesamtauflösung des Sensors hoch (Upsampling, Upscaling)
- Dabei werden tatsächlich **keine weiteren Details** sichtbar
- Digitales Zoomen liefert damit keinen Informationsgewinn sondern ist im Wesentlichen ein Verkaufs-Gimmick!



Sensortechnik

Fragen zum Selbststudium

- In welchen Maßeinheiten wird die physikalische Größe eines Bildsensors üblicherweise angegeben (zwei Varianten)?
- Was bezeichnet der Begriff Auflösung bei einem Sensor?
- Welche konstruktiven Vorteile für Kamera und Objektiv besitzen kleine Sensoren gegenüber großen Sensoren von MFT bis Vollformat?
- Welche Nachteile haben diese Sensoren in Bezug auf die Bildqualität und warum?
- Warum ist es nicht sinnvoll, die Auflösung eines Sensors beliebig zu steigern?

Sensortechnik

Fragen zum Selbststudium

- Was bedeuten die Begriffe Crop-Factor und Kleinbildäquivalente Brennweite?
- Dürfen Sie von einer Crop-Camera mit 400 mm KB-äquiv. Brennweite (phys. Brennweite 146mm) und 20 Megapixel Sensor die gleiche Bildqualität erwarten wie bei einer Vollformatkamera mit phys. 400 mm Brennweite und ebenfalls 20 Megapixeln Auflösung? Begründung?
- Welche Faktoren in Objektiv und Sensor nehmen Einfluss auf die Bildqualität und worin könnte sich die Bildqualität unterscheiden?
- Warum sollte für beste Bildqualität auf digitales Zoom verzichtet und nur bis zur maximalen optischen Brennweite fotografiert werden?

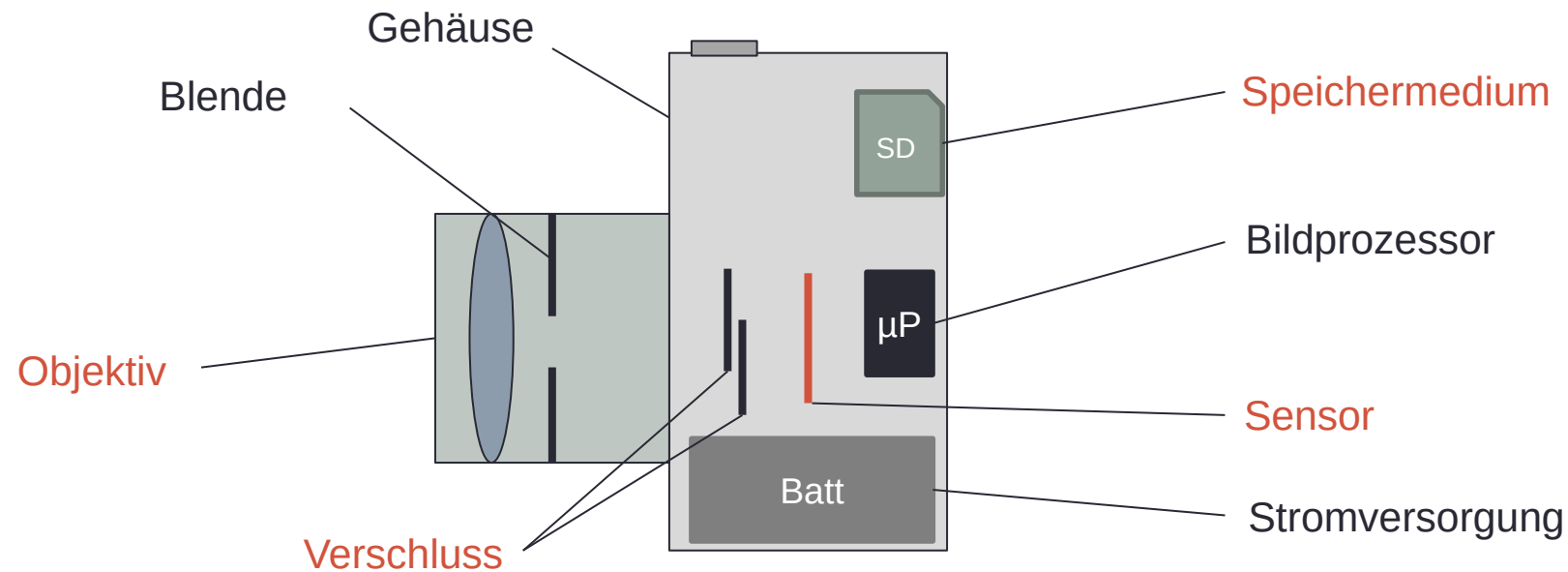
Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- **Sensortechnik und Kameras**
 - CCD, CMOS, Farben und Farbaufzeichnung, Größe und Format
 - **Kamerakomponenten und Kamerateypen**
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildbearbeitung und Bildverwaltung
 - Tools und praktische Vorgehensweisen

Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras

(Fast) jede Digitalkamera besitzt folgende Komponenten:



Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras

Details zu einigen Komponenten

Objektiv mit Linse bzw. Linsensystem

- erzeugt ein reelles Bild des Motivs und projiziert es auf den Sensor
- Fest eingebaut oder auswechselbar
- Feste oder variable **Brennweite** (Zoom)
- **Blende** (nicht in Smartphone-Kameras)
 - Steuert die Lichtmenge, die durch das Objektiv gelangt
 - Verändert Schärfentiefe und verursacht Beugungsunschärfe



Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras

Details zu einigen Komponenten

Verschluss

- Dient der zeitlichen Belichtungssteuerung
- **Mechanisch**
 - Als **Zentralverschluss** in fest eingebauten Objektiven
 - Als **Schlitzverschluss** im Gehäuse für Wechselobjektive
- **Elektronisch** im Sensor (Smartphone)
 - Bei hochwertigen Kameras Kombination aus mechanischem und elektronischem Verschluss



Quelle: fotointern.ch

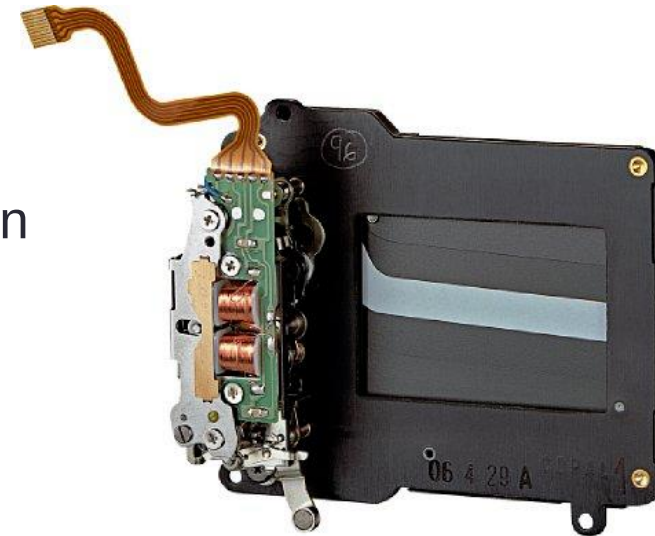


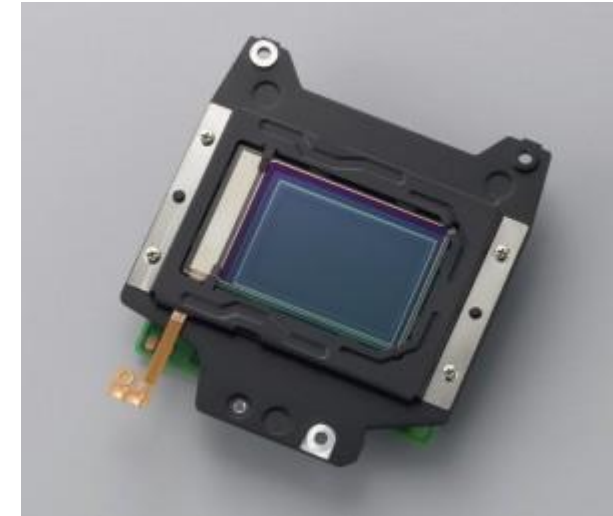
Foto: Leica Camera AG

Kamerakomponenten

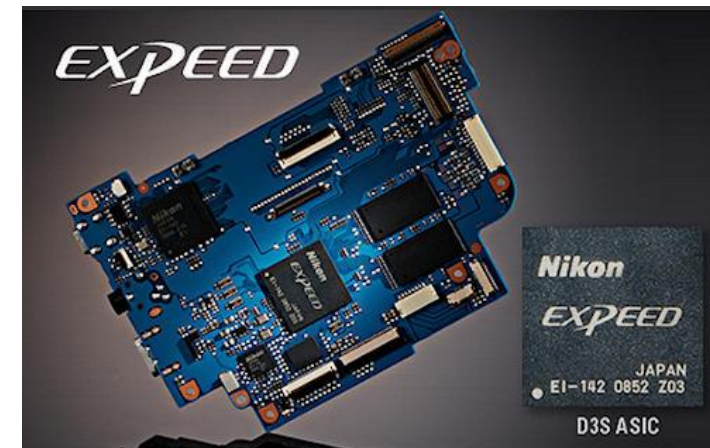
Aufbau von Digitalkameras

Details zu einigen Komponenten

- Sensor
 - Wandelt Licht in elektrische Signale
- Bildprozessor
 - Verarbeitet Sensorsignale
 - Errechnet aus Rohdaten nutzbare Bilder



Quelle: www.fotonetz24.de



Quelle: www.fotointern.ch

Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras

Details zu einigen Komponenten – Speicher



Quelle: Sony

Speichermedien:

- CompactFlash CF I/II
- **CFast** (SATA statt IDE)
- Secure Digital SD
- XQD
- CFexpress Typ A/B/C

Card Type	 SD	 CF	 CFast	 XQD	 CFexpress (CFE)
Storage	Up to 2TB	Up to 512GB	Up to 512GB	Up to 2TB, possibly higher	Up to 2TB, possibly higher
Read/Write Speeds	50MB/s to 100MB/s common, theoretical limit 312MB/s	90MB/s common, limit 167MB/s	400MB/s to 515MB/s, upper limit 600MB/s	up to 400MB/s, newest card announced 1.4GB/s, *theoretical limit unknown	1GB/s to 8GB/s, *theoretical limit unknown

Quelle: //www.dpreview.com

Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras

Details zu einigen Komponenten – Speicher: Dateiformate

- **Nicht komprimierte Formate:** RAW-Dateien, z.B. DNG
 - alle Sensordaten werden gespeichert
- **Verlustfrei komprimierte Formate:** Lossless compressed RAW, TIFF
 - Sensordaten werden mit reversiblen Algorithmen datenreduziert
- **Verlustbehaftet komprimierte Formate:** JPEG, HEIF/HEIC
 - Bilddaten werden mit nicht reversiblen Algorithmen datenreduziert, der Informationsverlust kann sichtbar sein

Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

RAW-Dateien

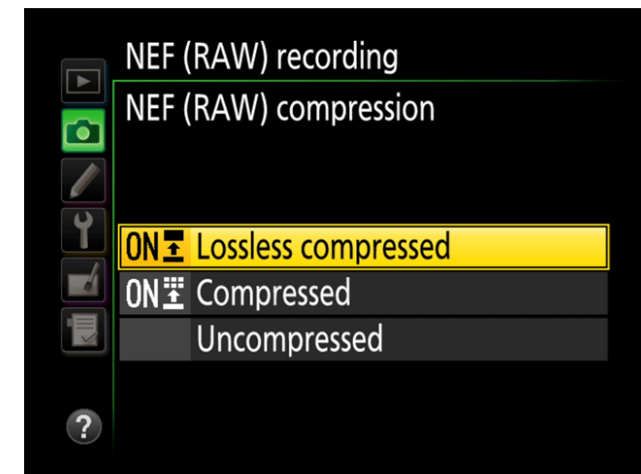
- RAW-Dateien speichern den genauen vom Bildprozessor ausgegebenen Wert für jedes Sensorpixel (nach Demosaicing usw.)
- Gute Sensoren liefern z.B. je Farbkanal Daten 14 Bit Auflösung
- Die Helligkeitsabstufungen der Farbpixel können so in 16384 diskreten Werten gespeichert werden
- RAW-Dateien liefern alle aufgezeichneten Informationen, sind aber groß: Bei 24 Mio. Pixeln und 14 Bit je Farbe rund **42 MByte**

Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

RAW-Dateien

- Um diese Größe zu verringern, bieten manche Kamerahersteller komprimierte RAW-Formate an, bei denen z.B. auf 12 Bit Farbtiefe reduziert wird oder der Bildprozessor nicht sichtbare Details weglässt
- Beispiel Nikon D810
 - Uncompressed Raw: 76,982 MB
 - **Lossless compressed RAW** 41,829 MB
 - Compressed RAW 37,055 MB
- Tests zeigen, dass lossless compressed RAW kaum sichtbaren Einbußen bringt



Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

RAW-Dateien

- RAW-Formate der Kameras sind meist proprietär und können nur von Herstellersoftware oder mittels Plugin für Bildbearbeitungsprogramme gelesen werden (z.B. Adobe Camera Raw für Photoshop)
- Ein nicht proprietäres Format ins DNG (Digital Negative). Allerdings wird es aus einer RAW-Datei konvertiert und ist daher eine Kopie.
- Nur der Besitz RAW-Datei ist ein zweifelsfreier Nachweis der Urheberschaft eines digitalen Fotos

Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

Verlustbehaftet komprimierte Formate

- Das bekannteste komprimierte Dateiformat für digitale Fotos ist **JPEG**, benannt nach der Arbeitsgruppe **Joint Photographic Experts Group**
- Die im JPEG beschriebenen Kompressionsverfahren sind in der Norm **ISO/IEC 10918-1** definiert



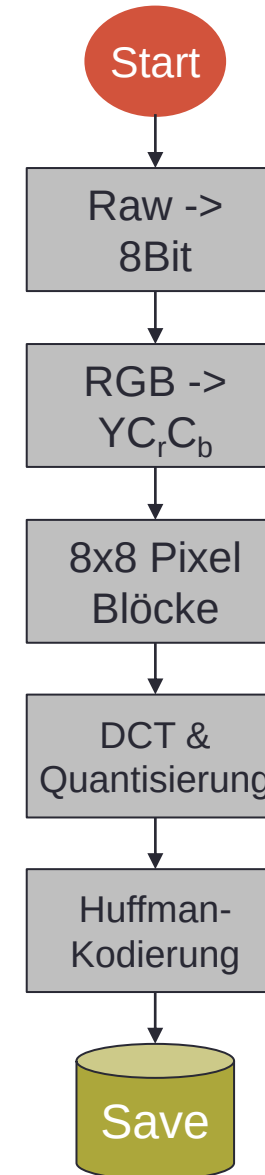
Quelle: de.wikipedia.org/wiki/JPEG

Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

Verlustbehaftet komprimierte Formate

- Die **sequenzielle JPEG-Komprimierung** ist die häufigste und umfasst folgende Schritte
 - Reduzierung der Bilddaten auf 8 Bit je Farbe
 - Umrechnung vom RGB-Farbsystem ins YC_bC_r -System (Helligkeit, Farbauszug **blau** und Farbauszug **rot**)
 - Zusammenfassung der Pixel in Blöcke zu 8x8 Pixeln
 - Diskrete Cosinustransformation und Rundung (Quantisierung)
 - Weglassen redundanter Daten (Huffman-Kodierung)
 - Speicherung auf Datenträger bzw. Übertragung

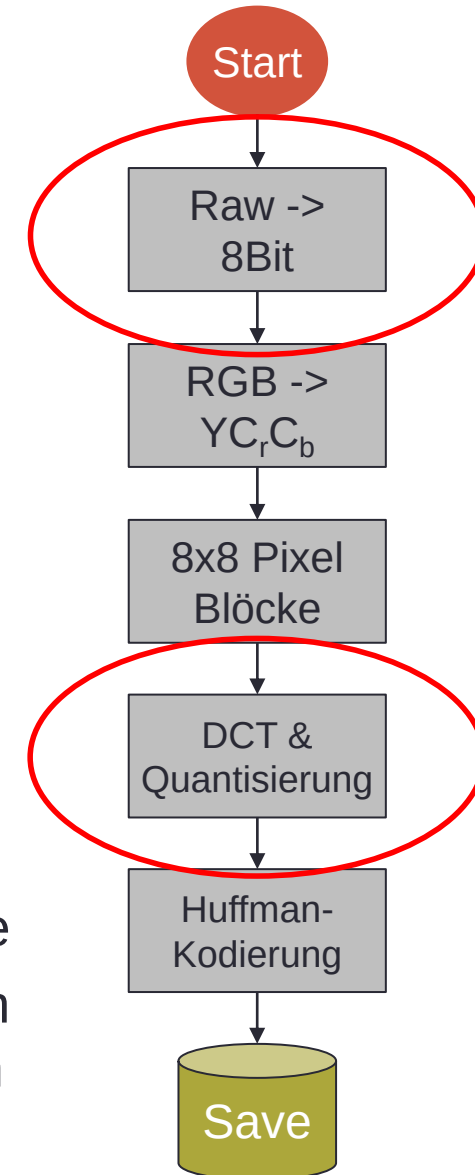


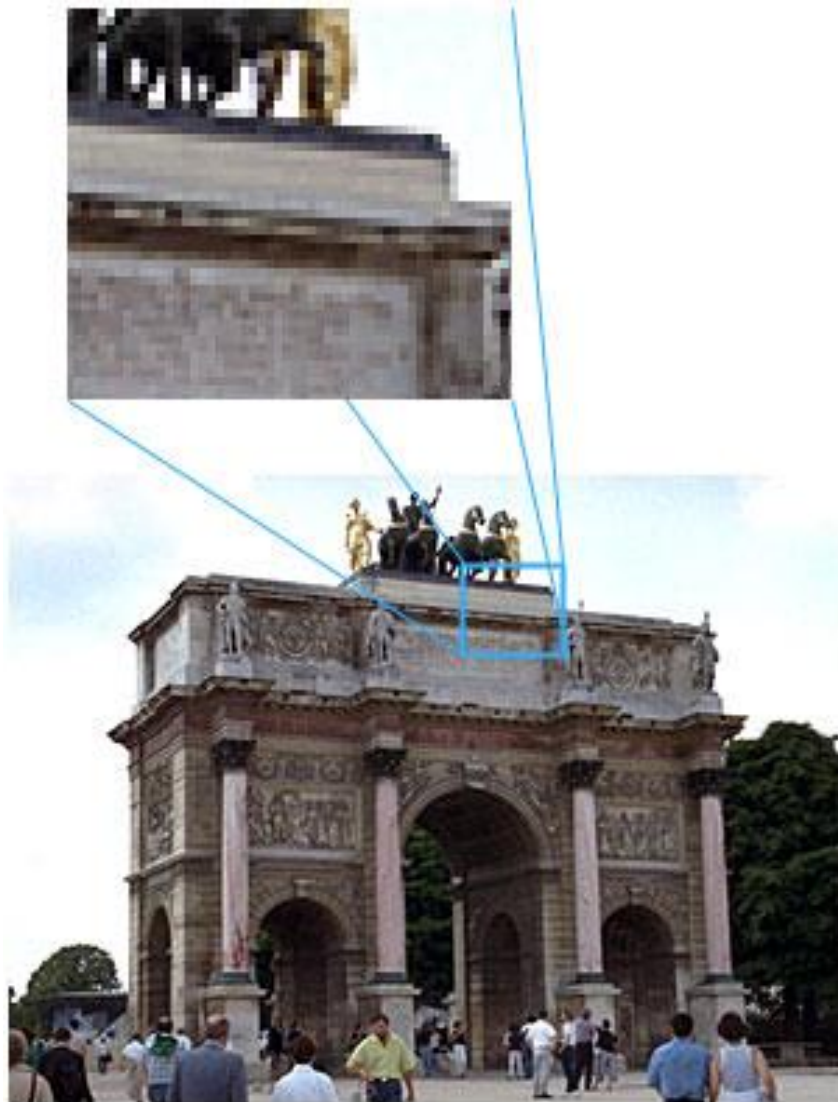
Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

Verlustbehaftet komprimierte Formate

- Für Anzeige und Druck wird die Kompression so weit wie möglich wieder rückgängig gemacht
 - Datenvolumen im RAM wesentlich höher als auf der HDD
- Das Verfahren ist **sichtbar verlustbehaftet**:
 - Erster permanenter Informationsverlust durch Reduzierung auf 8Bit Farbtiefe oder nur noch 256 Helligkeitsstufen je Farbe
 - Zweiter permanenter Informationsverlust durch Rundung nach der DCT und Verwerfen von Daten unterhalb eines definierten Schwellenwertes





Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

Verlustbehaftet komprimierte Formate

- Apple und Canon bieten seit 2017 das komprimierte Dateiformat **HEIF** oder **High Efficiency Image File Format**
- Entwickelt von der MPEG (Motion Picture Expert Group) mit folgenden Vorteilen:
 - Verarbeitet 8 und 16 Bit Farbtiefe
 - Ermöglicht verlustfreie Komprimierung
 - Kann als Containerformat auch mehrere Fotos, Animationen, Bearbeitungsschritte und Audio speichern (vergleichbar mit GIF)
 - Besitzt eine höhere Kompressionsrate als JPEG
- HEIF könnte zukünftig JPEG ablösen

Kamerakomponenten

Aufbau von Digitalkameras

Fragen zum Selbststudium

- Welche Bauelemente finden sich in Digitalkameras und welche Funktionen übernehmen sie?
- Nennen Sie Beispiele für typische Datenträger, die in Digitalkameras verwendet werden
- Was unterscheidet RAW-Dateien von JPG-Dateien?
- Warum benötigt Photoshop für die Bearbeitung eines JPG-Bildes nicht weniger Arbeitsspeicher als bei einer RAW-Datei?

Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- **Sensortechnik und Kameras**
 - CCD, CMOS, Farben und Farbaufzeichnung, Größe und Format
 - Kamerakomponenten und **Kameratypen**
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildbearbeitung und Bildverwaltung
 - Tools und praktische Vorgehensweisen

Kameratypen

Kameras – Einteilung

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Smartphone-Kameras
- Kompakt- oder Pocket-Kameras
- Bridge- oder Megazoom-Kameras
- Systemkameras
 - Spiegellos
 - Spiegelreflex
- Mittelformatkameras
- Spezialkameras



Kameratypen

Kameras

Smartphone-Kameras

- Eine oder mehrere Kameras
- Fest eingebaute Objektive
- Kleine Sensoren 1/3,2" – 1/1,33"
- Basis-Automatikfunktionen
- Point-and-shoot
- Viel KI zur Steigerung der Bildqualität
- Aktuell besser als Kompaktkameras
- Sichtbare Schwächen bei wenig Licht



Kameratypen

Kameras

Kompaktkameras

- Fest eingebaute (Zoom-)objektive
- Kleine Sensoren 1/3,2" – 2/3"
- Point-and-shoot
- Viel Automatik, ergänzt mit KI
- Schwächen bei wenig Licht



Kameratypen

Kameras

Kompaktkameras: **Sonderfall Edel-Kompakte**

- Hochpreisig, ab 500,- €
- Hoher Anspruch an Design und Qualität
- Sensor ab MFT bis Vollformat
- Hochwertige Optik
- Hohe Mobilität
- Erfüllen z.T. professionelle Ansprüche



Quellen: Leica,
Fujifilm

Kameratypen

Kameras

Bridge- oder Megazoomkameras

- Größer und schwerer als Kompakte
- Universell einsetzbar
- Fest eingebaute Zoomobjektive
- Brennweite bis >2000 mm KB äquiv.
- Automatik und manuelle Funktionen
- Sensoren bis 1"
- Leistung im angehenden Profibereich
- Noch Schwächen bei wenig Licht



Kameratypen

Kameras

Systemkameras – Spiegelreflex (DSLR, Digital Single Lens Reflex)

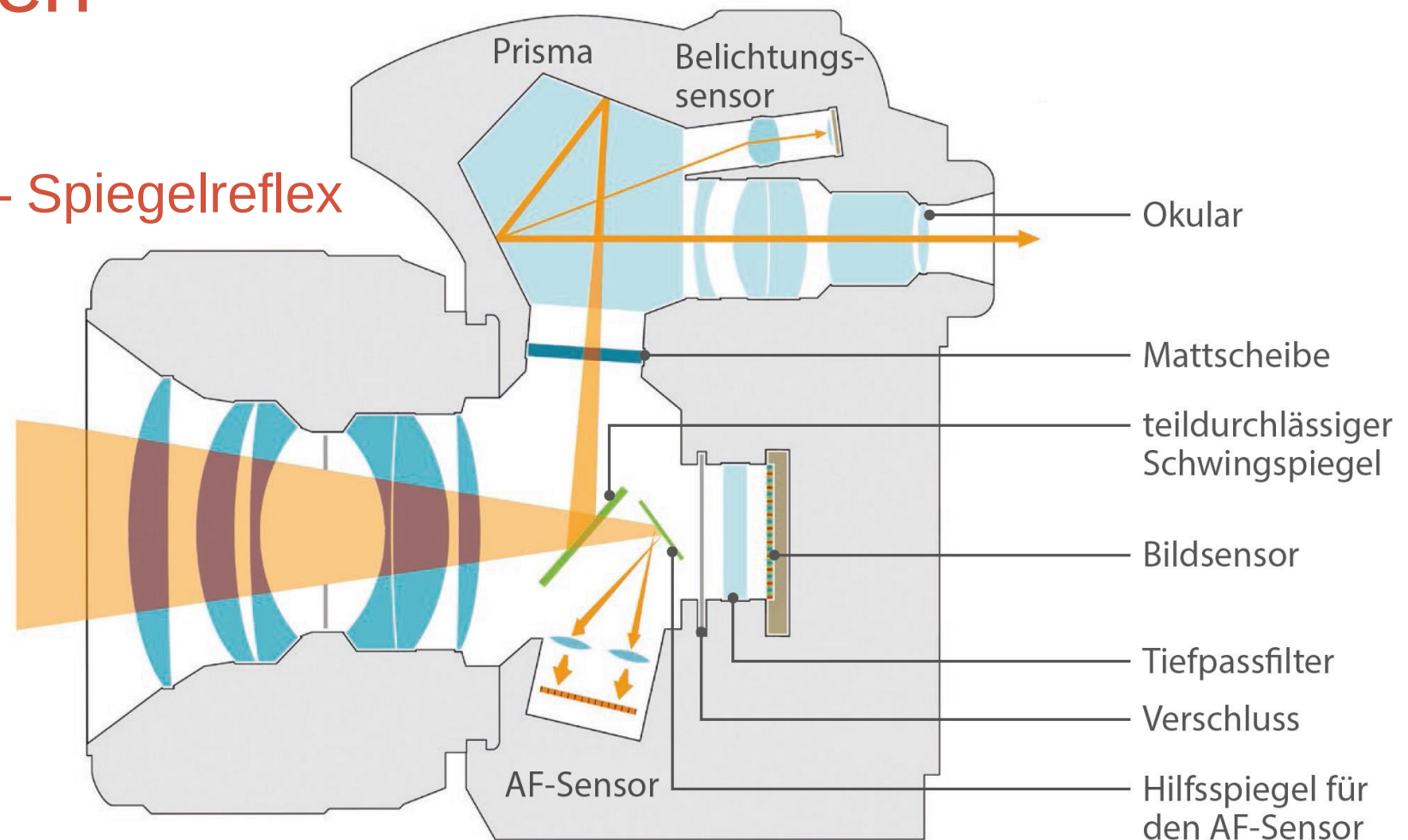
- Optischer Sucher
- Heller und realitätsnaher Bildausschnitt
- Spiegel für Sucherbild und Messungen, wird bei der Auslösung hochgeklappt
- Geringer Stromverbrauch



Kameratypen

Kameras

Systemkameras – Spiegelreflex

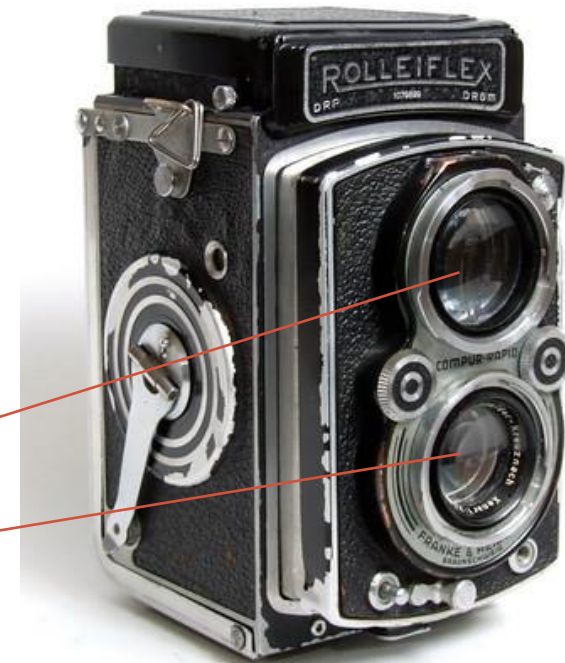


Kameratypen

Kameras

Systemkameras – Spiegelreflex

- **Single Lense** unterscheidet sich von zweiäugigen Spiegelreflexkameras wie der **Rolleiflex** von 1929 mit **zwei Linsensystemen**
- Ein Linsensystem für Sucher (TLR, Twin Lens Reflex)
- Hauptlinsensystem für das Foto
- Gemeinsame Fokuseinstellung



Quelle: <http://camera-wiki.org>

Kameratypen

Kameras

Systemkameras – Spiegelreflex

- Größe ab Bridgekamera, Profikameras noch größer
- Wechselobjektive, aktuell mit unübertroffener Auswahl
- Sensorgröße APSC bis Vollformat
- Vollumfängliche manuelle Bedienung und Automatik
- Sehr schnelle Bildfolgen und sehr schnelles Fokussieren
- Profikameras mit State-of-the-Art-Bildqualität
- Vollformat Optimale Bildqualität bei wenig Licht



Kameratypen

Kameras

Systemkameras – spiegellos (DSLM) Digital Single Lens Mirrorless

- Größe ab Bridgekamera, vergleichbar mit DSLR
- Elektronischer statt optischer Sucher, nur Live View
- Wechselobjektive mit neuem, veränderten Bajonett
- Sensorgröße MFT bis Mittelformat (Fuji)
- Vollumfängliche manuelle Bedienung und Automatik
- Bei Vollformat beste Bildqualität auch bei wenig Licht
- Profikameras mit State-of-the-Art-Bildqualität



Kameratypen

Kameras

Mittelformatkameras

- Größe vergleichbar mit Profi-DSLR
- Mittelformatsensor z.B. 48x33mm
- Unübertroffene Bildqualität
- Profisysteme für Produkt- und Landschaftsfotografie
- Zunehmend verfügbar und günstiger

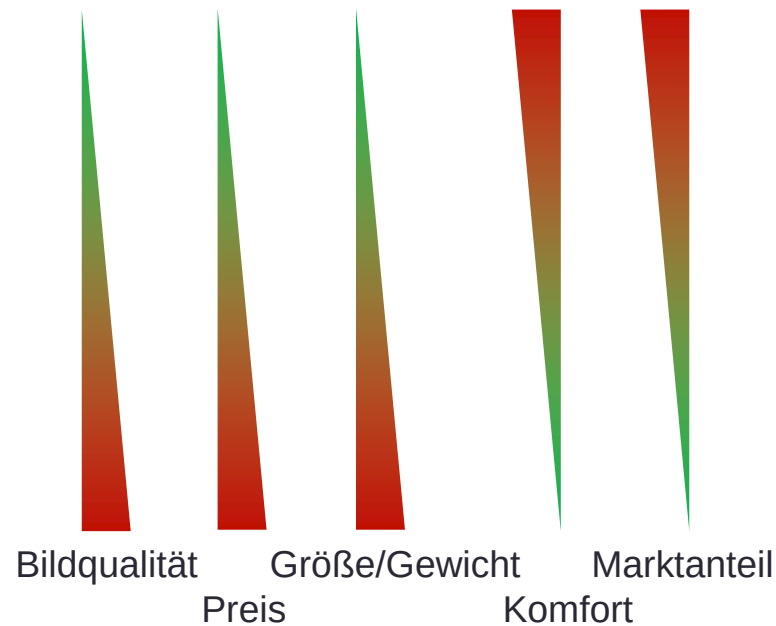


Quelle: hasselblad

Kameratypen

Kameras – Leistung und Qualität

- Smartphone-Kameras
- Kompakt- oder Pocket-Kameras
- Bridge- oder Megazoom-Kameras
- Systemkameras
 - Spiegellos
 - Spiegelreflex
- Mittelformatkameras
- Spezialkameras

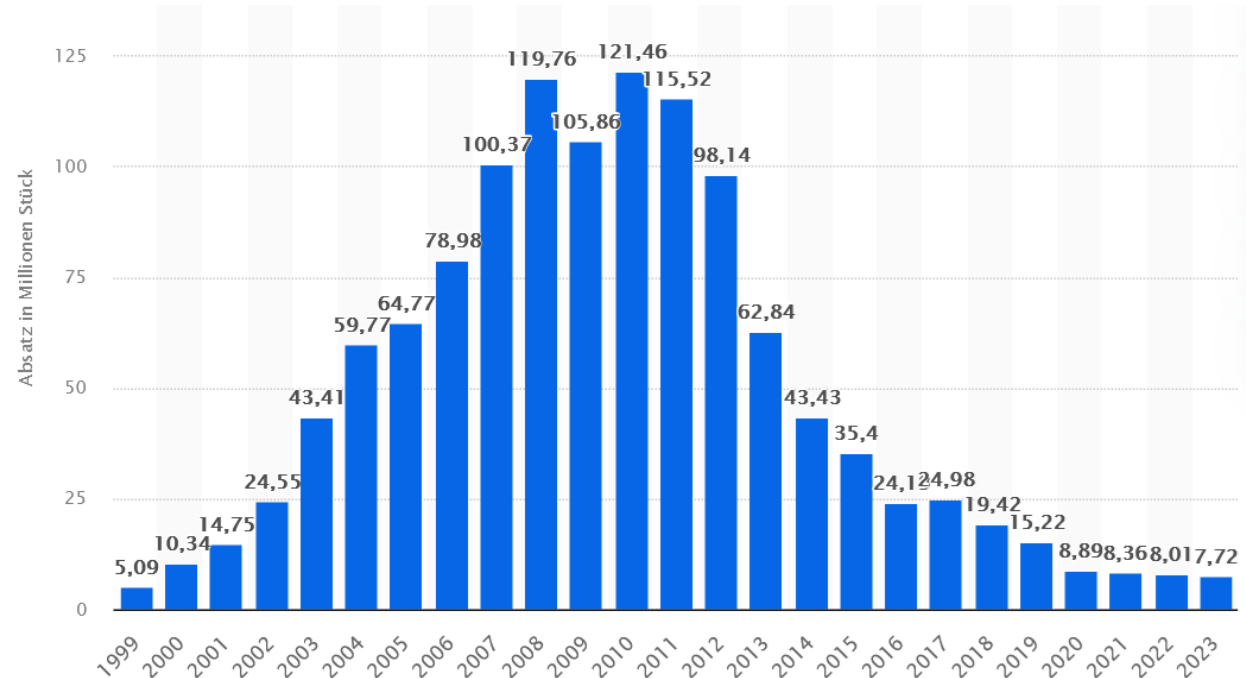


Kameratypen

Kameras – Entwicklung und Ausblick

Sterben echte Kameras aus?

- Digitalkamera-Verkaufszahlen insgesamt brechen seit 2010 stark ein



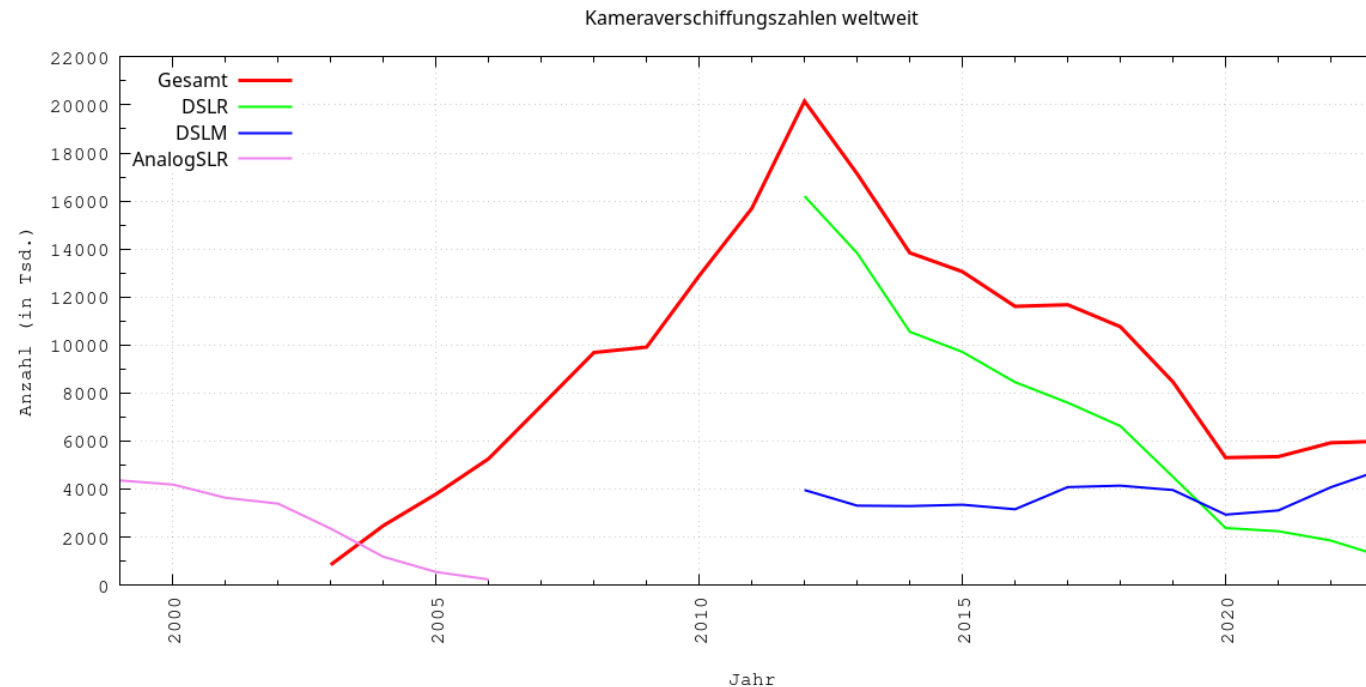
Quelle: de.statista.com

Kameratypen

Kameras – Aktuelle Entwicklung und Ausblick

Sterben echte Kameras aus? – genauer hinsehen

- Absatzzahlen nach Kameratypen: DSLR eingebrochen, DSLM leicht steigend

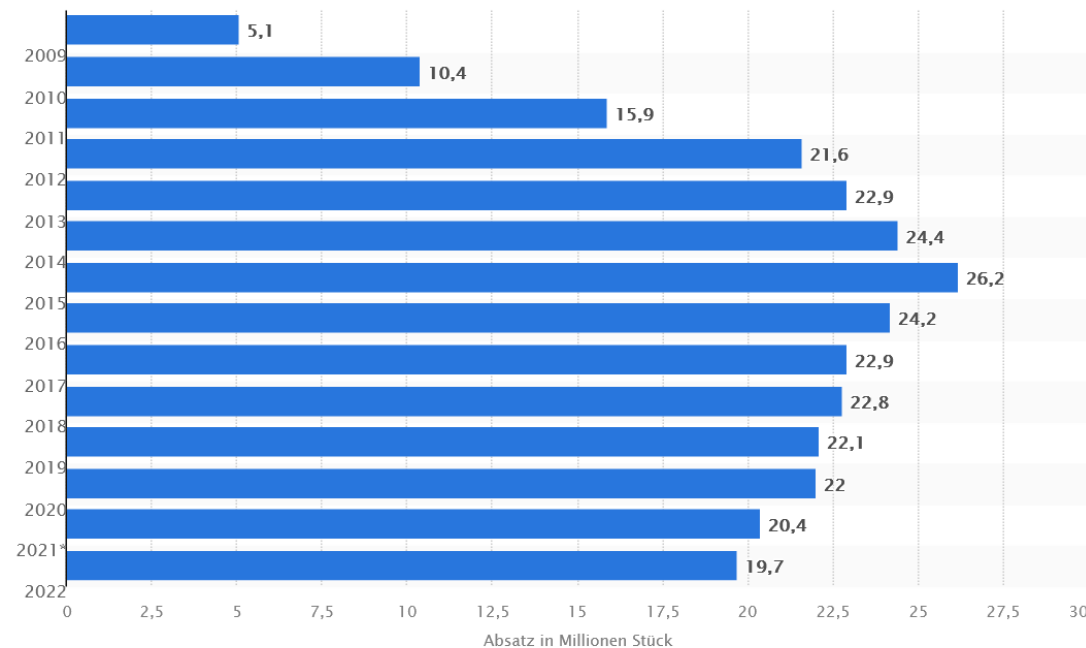


Kameratypen

Kameras – Aktuelle Entwicklung und Ausblick

Sterben echte Kameras aus? – Ursachen des Verkaufsrückgangs

- Smartphones wurden besser und lösten Kameras ab



Quelle: de.statista.com

Kameratypen

Kameras – Aktuelle Entwicklung und Ausblick

Es ergeben sich folgende Schlüsse:

- Sensoren bis MFT sind/werden von Smartphone überflügelt : Rechenpower und KI schlagen Sensorgröße für Point-and-Shoot
- Einfache Kompaktkameras für Consumer könnten überflüssig werden
- Systemkameras im Vollformat bieten erheblich mehr künstlerische Gestaltungsmöglichkeiten
- DSLR sind komplizierter als DSLM und nur noch wenig besser, ihr Marktanteil wird weiter sinken, der Gebrauchtwert aber spürbar langsamer
- Vollformat und Mittelformat in Profi-Systemkameras dürften erhalten bleiben

Kameratypen

Sensoren und Kameras -Zusammenfassung

- Digitalkameras gibt es aktuell in verschiedensten Qualitätsklassen
- CMOS-Sensoren mit Bayer-Filter sind Standard für Farbaufnahmen
- Point-and-Shoot mit Smartphone und Kompaktkamera
- Edelkompakte, Bridge- und kleinere Systemkameras mit 1" bis APSC-Sensor
- Profi-Systemkameras als DSLR und DSLM mit Vollformat
- Mittelformat für maximale Qualitätsanforderungen
- Auch wenn Smartphones immer bessere Kameras bekommen, können Sie zur Zeit das High End in Voll- und Mittelformat noch nicht erreichen, weder bei der Bildqualität noch bei der Bildgestaltung

Kameratypen

Fragen zum Selbststudium

- Die Klasse der Kompaktkameras umfasst die sog. „Edelkompakten“ Kameras. Worin unterscheiden sich diese von einfachen Kompaktkameras?
- Welche wesentlichen Konsequenzen hat der Verzicht auf einen Spiegel bei der SLM gegenüber der DSLR für die Arbeit von Fotografen?
- Was spricht gegen den Einsatz einer einfachen Kompaktkamera mit 24-400 mm Zoomobjektiv für professionelle Aufgaben?

Bildbearbeitung

Teil des Moduls 5CS-CGAN-50 im Studiengang Informatik

Teil 2

Referent: Hendrik Siegmund

Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- Sensortechnik und Kameras
 - CCD, CMOS, Farben und Farbaufzeichnung, Größe und Format
 - Kamerakomponenten und Kamerateypen
- **Bildgestaltung**
 - **Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen** und praktisch anwenden
- Bildbearbeitung und Bildverwaltung
 - Tools und praktische Vorgehensweisen

Bildgestaltung

- Bildgestaltung und Komposition
 - Motivauswahl
 - Bildausschnitt
 - Kameraposition und Perspektive
- Belichtung
- Fokus
- Abbildungsfehler

Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition – Vorgegebene Motivauswahl

- Kommerzielle Fotografie: Definition durch den Auftraggeber
- Produktfotos, Werbefotos,
- Nachrichten
- Illustrationen für Publikationen: Geo, National Geographic, Kalender
- Hochzeitsfotos
- Portraits, Familien-, Gruppen oder Klassenfotos
- ... you name it

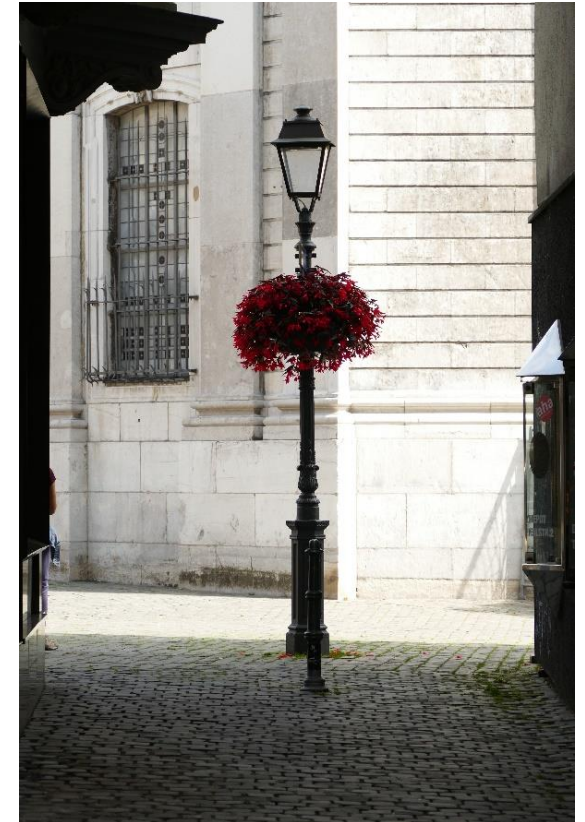
Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition – Freie Motivauswahl...

- interessante Objekte, Farben, Kontraste
- interessante Perspektiven
- besondere Lichtverhältnisse (blaue Stunde, Nebel, Dunkelheit)
- zu Publikations- und Dokumentationszwecken
- zur Erinnerung
- zum Teilen in sozialen Netzen
- ...

Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition – Freie Motivauswahl...



Bildgestaltung

...im Rahmen der Gesetze

- Persönlichkeitsrechte fotografiierter Personen
- Datenschutz
- Urheberrechte abgelichteter Werke
- Eigentumsrechte beim Betreten von Grundstücken
- Ausdrücklich ausgesprochenes Fotografierverbot
- ...

Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

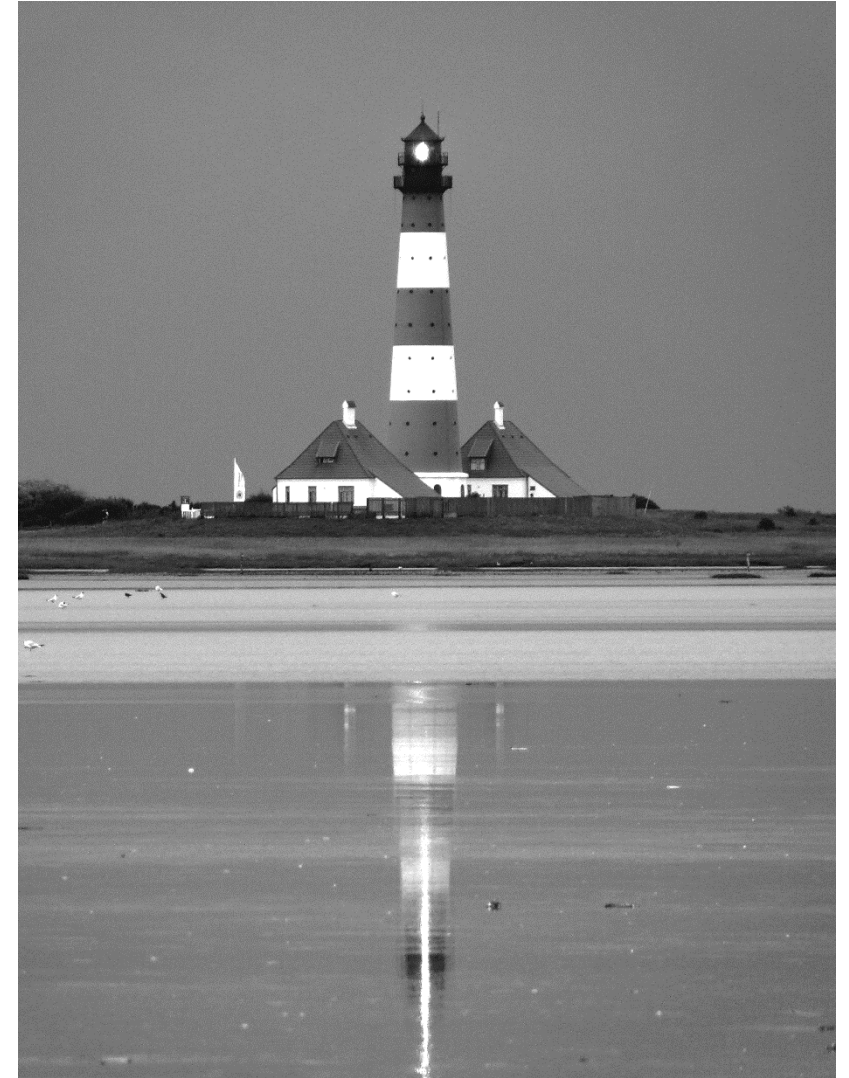
Für Bildausschnitt und Komposition gibt es einige allgemeine Stilmittel:

- Symmetrie und Asymmetrie – Ruhe und Spannung
- Aufteilung nach dem goldenen Schnitt oder
- Aufteilung in horizontale und vertikale Drittel
- Steigende und fallende Linien
- Arbeiten mit Licht und Schatten
- Arbeit mit Farben und Farbkontrasten
- Formenkontraste

Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- **Symmetrie** ist ein zentrales Gestaltungsmerkmal wenn das Motiv es zulässt



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- In vielen Fällen gilt aber: **Asymmetrie** ist das Mittel der Wahl



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Aufteilung nach dem goldenen Schnitt:

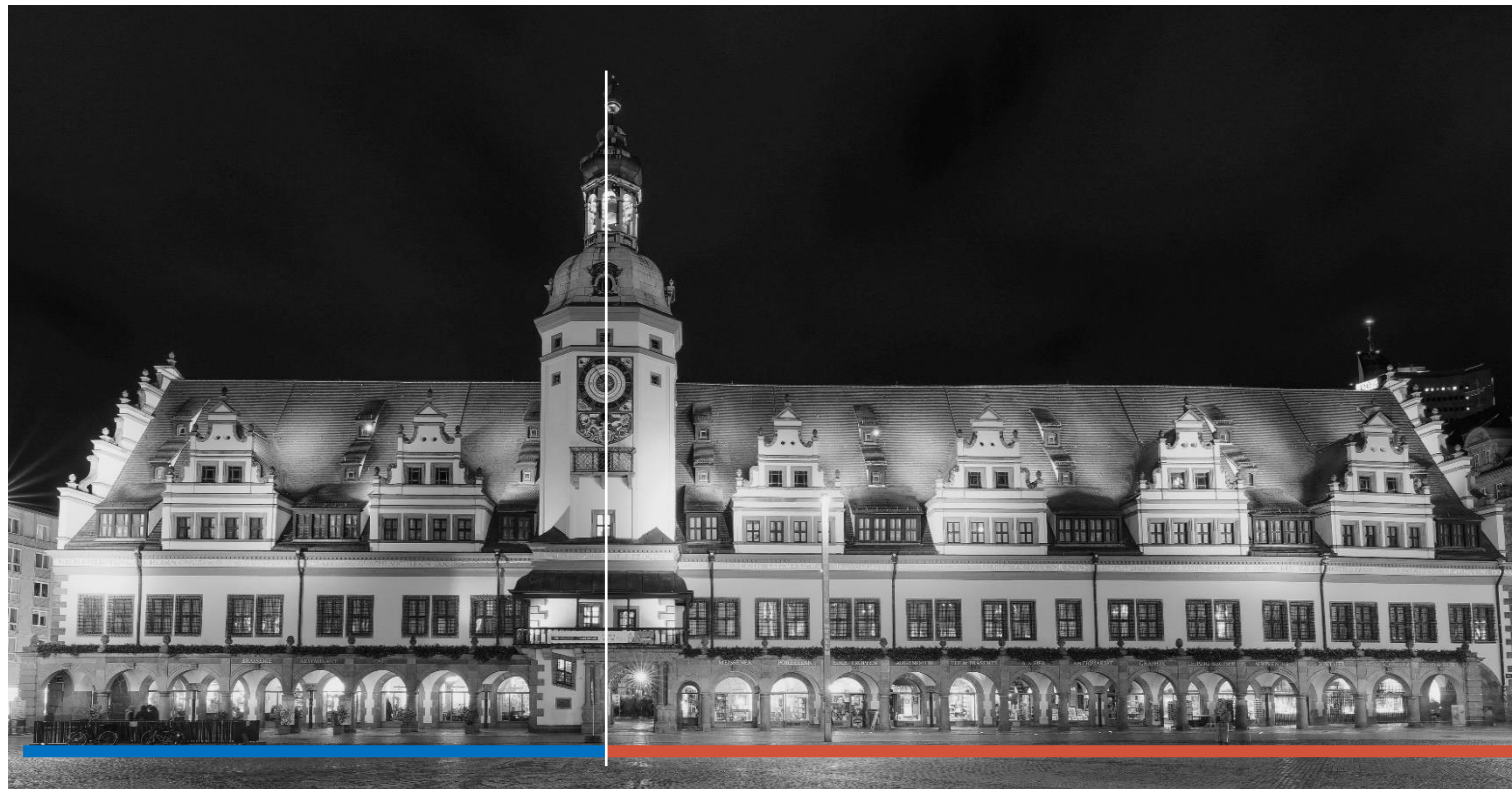


$$a/b = (a+b)/a = \text{etwa } 1,618$$

- Sowohl in der Horizontalen als auch in der Vertikalen anwendbar
- Dieses Verhältnis findet sich in Blüten, in Schneckenhäusern, Tiefdruckgebieten...
- ...in Kunstwerken und Gebäuden wieder
- Es gilt als besonders harmonisch

Bildgestaltung

Goldener Schnitt: Altes Leipziger Rathaus (nach Umbau im 16. Jahrhundert)



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Orientierung an horizontalen und vertikalen Dritteln statt Zentrum



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Geometrie: Steigende Linien...



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

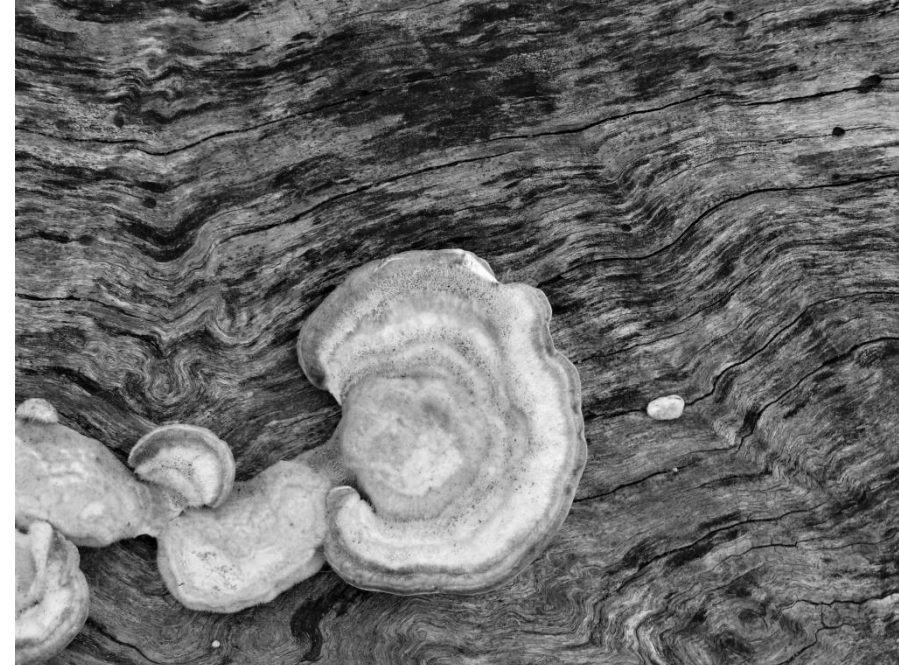
- Geometrie: ...oder fallende Linien



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Kontrasten 1: Strukturen in schwarzweiß



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

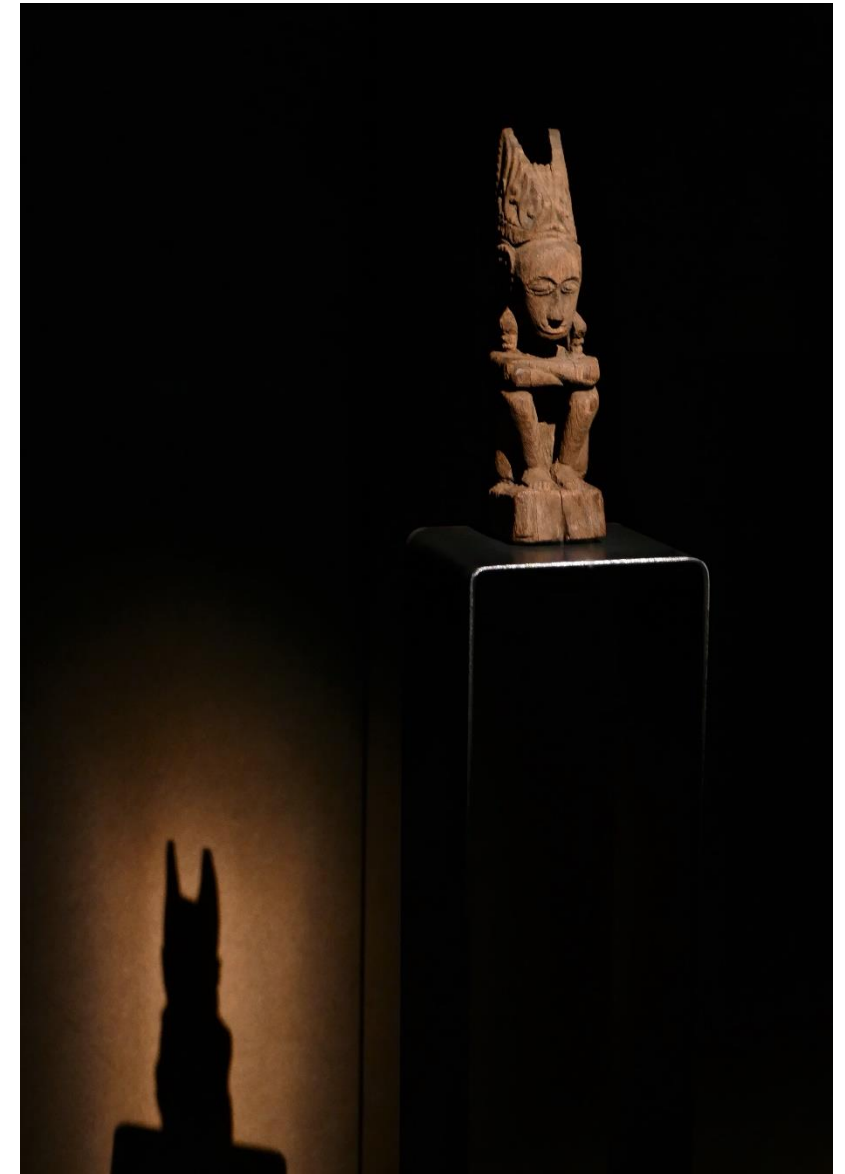
- Arbeiten mit Kontrasten 2: Strukturen mit etwas Farbe



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Kontrasten 3: Licht und Schatten



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Kontrasten 4: Ungewöhnliche Beleuchtung



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Kontrasten 5: „Blauen Stunde“



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Farben oder Farbkontrasten



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Perspektive 1: Tunnelblick oder Offenheit



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Perspektive 2: Bei Portraits



Bildgestaltung

- Bildgestaltung und Komposition
- **Belichtung**
 - Blende und Belichtungszeit
 - Lichtwert
 - Empfindlichkeit/Verstärkung
 - Beleuchten
 - Belichtungsmessung und automatische Belichtung
 - Bildstabilisierung für längere Belichtungszeiten
- Fokus
- Abbildungsfehler

Bildgestaltung

Bildgestaltung – Belichtung und ihre Wirkung

Die Belichtung wird neben dem Motiv durch zwei wesentliche Faktoren bestimmt:

- Belichtungszeit
- Blendeneinstellung
- Historische analoge und moderne digitale Fotografie arbeiten dabei mit **identischen Begriffen und Parametern**



Bildgestaltung

Bildgestaltung – Belichtung und ihre Wirkung

- Die **Blende** steuert die Lichtmenge durch eine mehr oder weniger große Öffnung im Objektiv
- Die **Belichtungszeit** ist die Dauer, während der bei einer Aufnahme der Verschluss geöffnet ist und Photonen den Sensor bzw. Film erreichen können
- Die **Wirkung** der Lichtmenge kann zusätzlich durch die **Empfindlichkeit** beeinflusst werden



Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

- Jedes Objektiv besitzt konstruktionsbedingt eine größte Blendenöffnung, bei der es die maximale Lichtmenge passieren lässt
- Für diese größte Blendenöffnung des Objektivs kann eine **maximale Lichtstärke** angegeben werden
- Mathematisch ist die **Lichtstärke F** das **Öffnungsverhältnis** eines Objektivs:

$$F = \frac{\text{Brennweite } f}{\text{Durchmesser der Eintrittspupille } D} = f/D$$

In der deutschen Literatur findet sich häufig auch die inverse rechnerische Definition D/f

Bildgestaltung

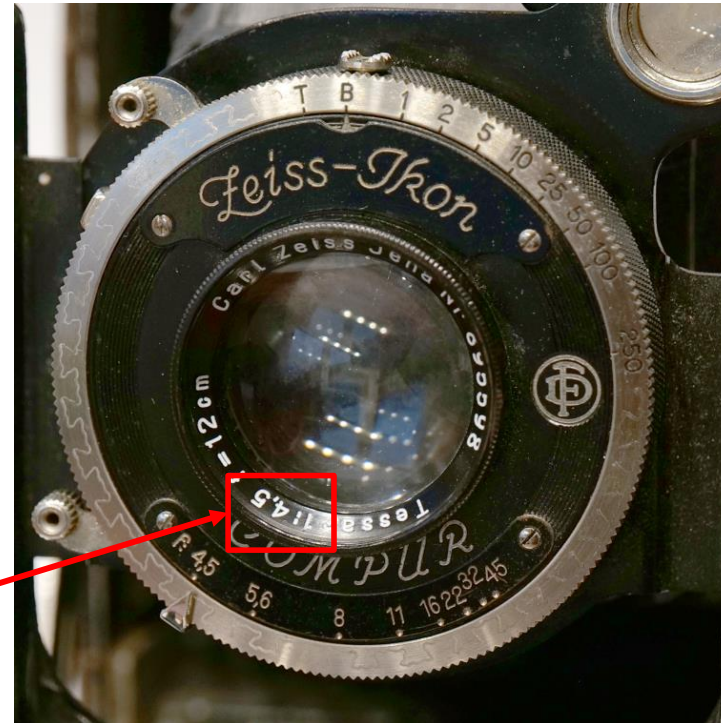
Belichtung – Blendeneinstellung

- Beispiel:

$$\frac{120 \text{ mm Brennweite}}{26,7 \text{ mm Durchmesser}} = 4,5$$

- Die **Lichtstärke** wird meist mit ihrem Kehrwert oder als Stammbruch mit dem Zähler 1 auf dem Objektiv angegeben, z.B.:

f=1:4,5 oder **f/4,5**



Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

- Für das Öffnungsverhältnis gibt es im englischen Sprachraum die Bezeichnung **Aperture** mit der Abkürzung A
- In diesem Beispiel **f: 4,5**
- Dies ist auch die größtmögliche Blendenöffnung oder **Offenblende** des Objektivs

Für Video- oder Cine-Objektive wird die Lichtstärke mit **T** gekennzeichnet, wobei die Dämpfung durch die Linsen mit berücksichtigt ist



Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

- Die Lichtstärke kann sich bei Objektiven mit einstellbarer Brennweite, also Zoomobjektiven, mit der Brennweiten-einstellung verändern
- Bei diesen Zoomobjektiven ist deshalb eine Angabe der **Lichtstärke als Bereich** nicht unüblich:
- Im Beispiel rechts **18-70mm/3,5-4,5**



Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

- Die Lichtmenge, die durch ein Objektiv tritt, kann durch **Abblenden** reduziert werden
- Ausgehend von der größten Öffnung mit größter Lichtstärke und kleinster Blendenzahl wird die Öffnung in **Stufen** einer **Blendenreihe** verkleinert
- Zwischenwerte sind möglich



Quelle: de.wikipedia.org

Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

Blendenreihe

- Die Abstufung der Blendenreihe ist festgelegt
- Abblenden bzw. Öffnen um eine Stufe entsprechen einer Halbierung bzw. einer Verdoppelung der Lichtmenge

f/	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22	32
----	---	-----	---	-----	---	-----	---	----	----	----	----

- Diese Blendenreihe wird durch Multiplikation mit dem Faktor $\sqrt{2}$ bzw. gerundet 1,4 berechnet

Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

Blendenreihe

- Prinzipiell bedeutet eine hohe Lichtstärke große Objektivdurchmesser und hohe Preise
- Objektive der Einstiegs- und Mittelklasse besitzen deshalb Lichtstärken um 3,5 - 4, bei Telebrennweiten auch ab 5,6
- Hochwertige Objektive kleiner und mittlerer Brennweiten können bei 1,4 -1,8 liegen
- Es gibt auch sehr teure, lichtstarke Objektive mit einem Öffnungsverhältnis <1



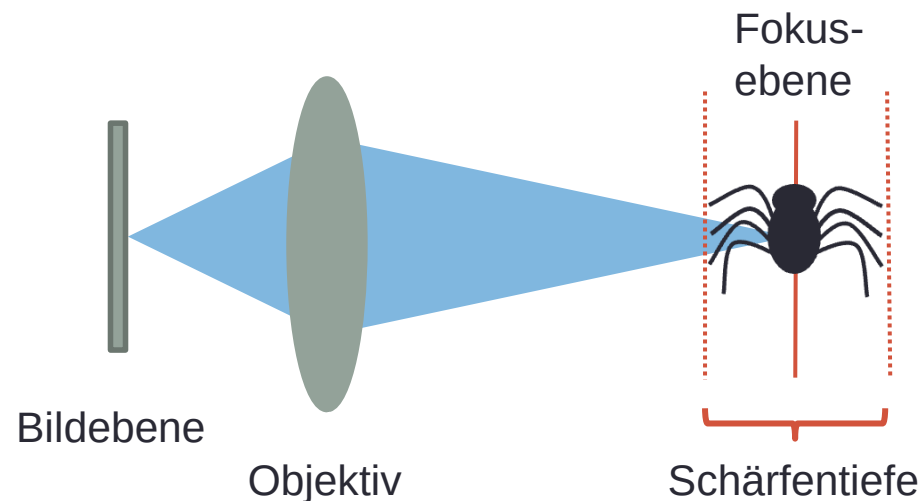
Quelle: Nikon

Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

Schärfentiefe

- Die **Blende** steuert nicht nur die **Lichtmenge**, die durch ein Objektiv tritt, sondern auch den Entfernungsbereich, der auf einem Motiv scharf abgebildet wird, die **Schärfentiefe**

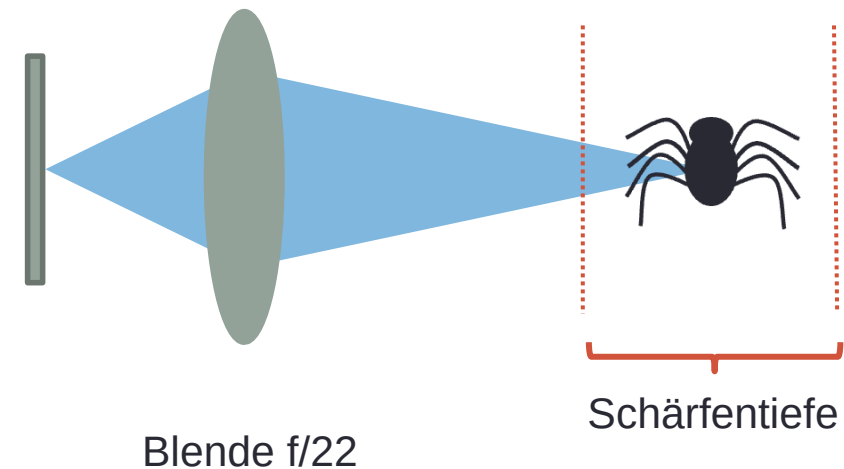
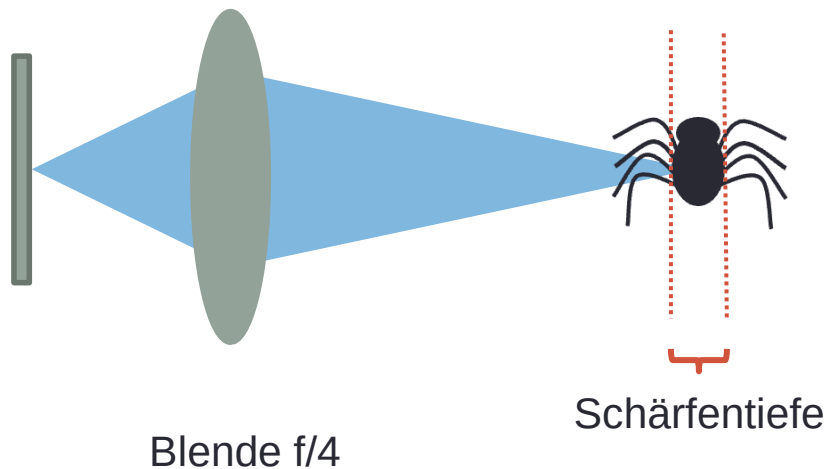


Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

Schärfentiefe

- Die Schärfentiefe ist bei großer Blendenöffnung gering, kann aber durch Abblenden beträchtlich erhöht werden



Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

- Je höher die Blendenzahl, umso größer ist der Entfernungsbereich vor und hinter dem Motiv, der scharf abgebildet werden kann
- Der Effekt ist besonders bei größeren Sensoren ausgeprägt und eines der wichtigsten fotografischen Gestaltungsmittel



Blende f/4

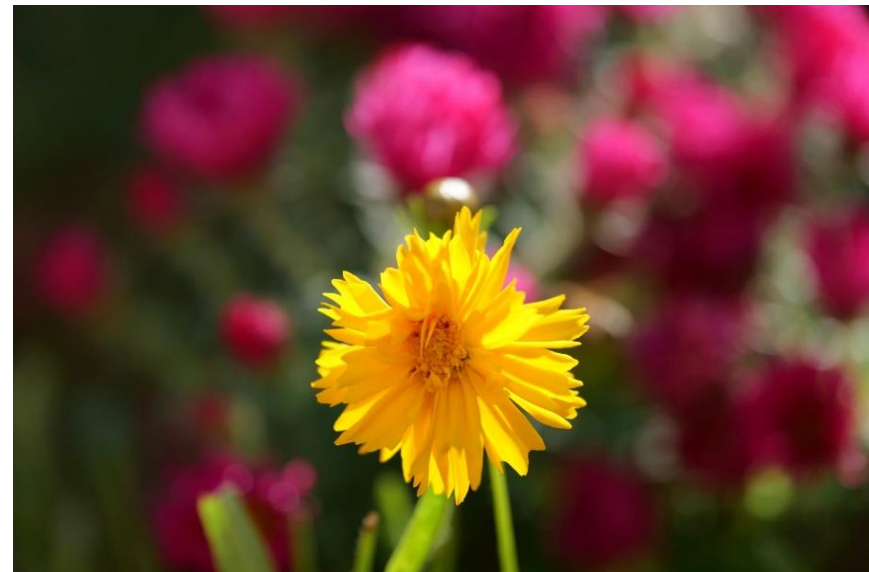


Blende f/22

Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

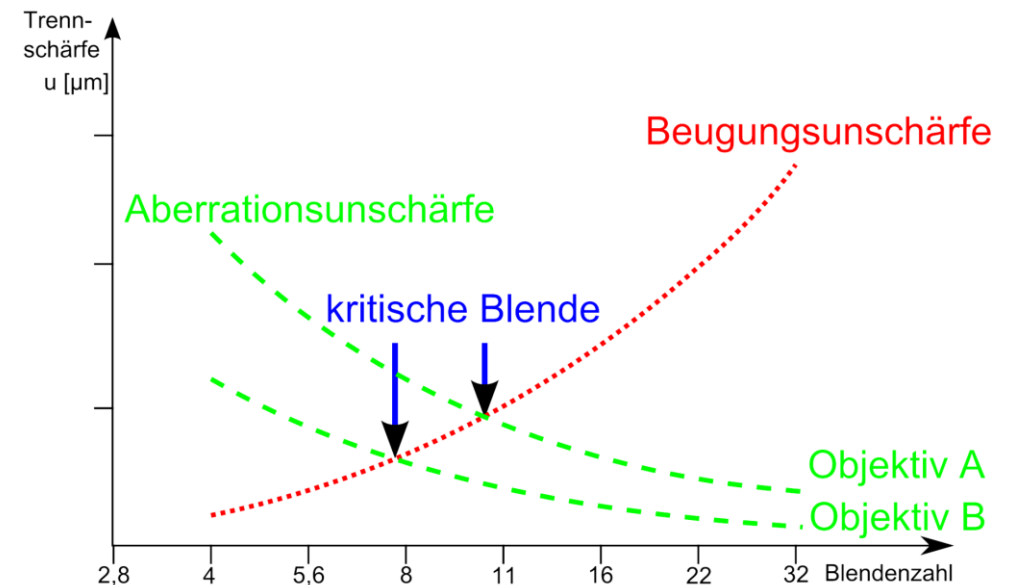
- Lichtstarke Objektive können nahe Objekte aus einem entfernten, unscharfen Hintergrund herausarbeiten
- Eine weiche, visuell angenehme Darstellung des unscharfen Hintergrundes (Bokeh) ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal für Objektive



Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

- Das Abblenden vermindert zunächst objektivbedingte Abbildungsfehler
- Mit zunehmendem Abblenden tritt an der Blendenöffnung jedoch **Beugung** auf, die sich als Unschärfe bemerkbar macht
- Objektive besitzen deshalb eine hinsichtlich der Schärfe optimale Blende, die **kritische Blende**

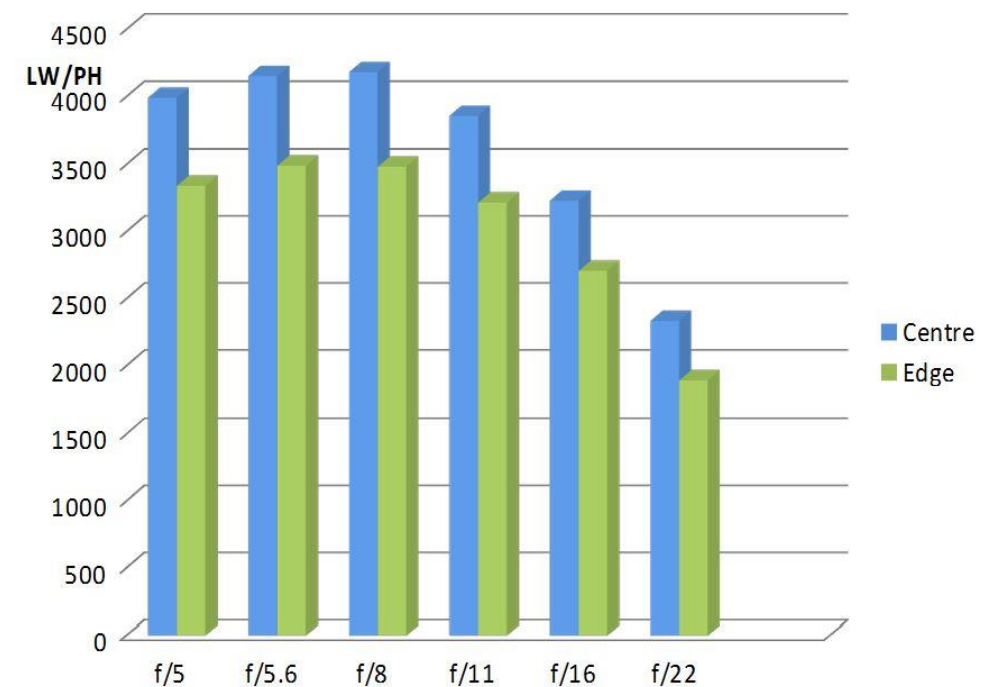


Quelle: de.wikipedia.org

Bildgestaltung

Belichtung – Blendeneinstellung

- Die höhere Auflösung bei der kritischen Blende ist messbar und zeigt sich auch in Tests
- Das Optimum liegt meist ein bis zwei Blendenstufen oberhalb der Offenblende
- Rand und Zentrum des Bildes müssen nicht bei der gleichen Blende das Auflösungsoptimum erreichen



Quelle: www.ephotozine.com

Bildgestaltung

Belichtung – Belichtungszeit

- Der Verschluss steuert über die **Belichtungszeit** ebenfalls die auf den Sensor fallende Lichtmenge
- Zwischen Belichtungszeit und Lichtmenge besteht ein linearer Zusammenhang, eine Verdoppelung der Belichtungszeit verdoppelt die Lichtmenge
- Kurze Verschlusszeiten werden benötigt, um schnelle Bewegungen scharf abzubilden (Vermeidung der Bewegungsunschärfe)
- Für kurze Verschlusszeiten eignen sich lichtstarke Objektive

Bildgestaltung

Belichtung – Belichtungszeit

- Schnelle Bewegungen in Natur, Sport und Action müssen oft mit Belichtungszeiten deutlich unter 1/1000 Sek. aufgenommen werden



Fake: Der Propeller links steht still, der Vergleich zeigt aber den Effekt

Bildgestaltung

Belichtung – Belichtungszeit

- Schnelle Bewegungen in Natur, Sport und Action müssen oft mit Belichtungszeiten deutlich unter 1/1000 Sek. aufgenommen werden



Bildgestaltung

Belichtung – Belichtungszeit

- Bei schnellen Motiven und kurzen Belichtungszeiten kann ein technisches Problem störend erkennbar werden:
- Der **Rolling Shutter-Effekt**
- Tritt bei CMOS-Sensoren mit zeilenweisem Auslesen auf
- Während der Belichtung bewegt sich das Motiv weiter
- Jede der ausgelesenen Zeilen gibt eine andere Positionen des Motivs wieder



Quelle: www.fotomagazin.de



Bildgestaltung

Belichtung – Belichtungszeit

- Ein Rolling Shutter-Effekt kann sich auch bei Beleuchtung mit künstlichen Lichtquellen zeigen:
- PWM-gesteuerte LEDs flackern mit normalerweise nicht wahrnehmbaren Frequenzen
- Liegen Auslesefrequenz des CMOS-Sensors und PWM-Frequenz nahe beieinander, können störende Muster im Bild entstehen



Bildgestaltung

Belichtung – Belichtungszeit

Rolling Shutter-Effekte sind nicht immer vollständig zu vermeiden:

- Kamera mit mechanischem Verschluss verwenden
- Falls möglich auf Auslesefunktion „Global Shutter“ umschalten

Wenn diese Funktionen nicht verfügbar sind:

- Stark abblenden, um Belichtungszeiten zu verlängern
- ND-Filter verwenden (Neutral Density, verlängert Belichtungszeit)
- Korrekturversuche in der Nachbearbeitung unternehmen
- Keine Motive fotografieren, in denen der Effekt sichtbar werden könnte

Bildgestaltung

Belichtung – Belichtungszeit

- Für spezielle Effekte wie Lichtmalerei, Blitze usw. braucht es lange Belichtungszeiten bis zu mehreren Minuten



Quelle: digitalfotoschule.de



Bildgestaltung

Belichtung – Belichtungszeit

- Mit langen Belichtungszeiten lassen sich statische von beweglichen Motiven trennen: Personen werden ohne Nachbearbeitung aus dem Bild „gezaubert“



F 2,8
1/6 sec.



F 16
30 sec.

Bildgestaltung

Belichtung – Lichtwert

- Blendeneinstellung und Belichtungszeit steuern unabhängig voneinander die auf dem Sensor eintreffende Lichtmenge
- Für diese Lichtmenge gibt es eine Messgröße, den **Lichtwert (LW)** oder Engl. **Exposure Value (EV)**
- Der Lichtwert fasst die beiden Faktoren Blendeneinstellung und Belichtungszeit zusammen und stellt sie als Logarithmus zur Basis 2 dar:

$$LW = \log_2 \frac{k^2}{t}$$

k = Blendenzahl
 t = Belichtungszeit

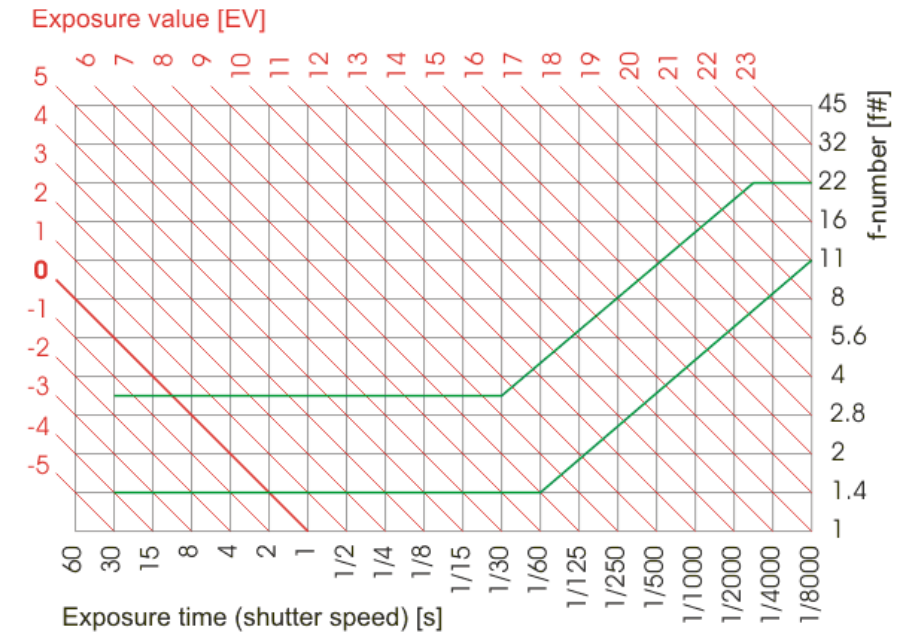
Bildgestaltung

Belichtung – Lichtwert

- Ein Lichtwert **LW = 0** ist wie folgt definiert:

Eine Belichtungszeit von **1 s** bei **Blende 1**

- Für die korrekte Belichtung ist ein bestimmter Lichtwert erforderlich
- Dieser Wert ist in der analogen Fotografie von der Filmempfindlichkeit und in der Digitalfotografie von der Verstärkung abhängig
- Für die Praxis relevant ist:
 - Die Änderung der Blende um eine Stufe oder die Verdoppelung/Halbierung der Belichtungszeit ändert den Lichtwert um eine Stufe
 - Eine Korrektur der Belichtung wird in Stufen des Lichtwertes angegeben



Quelle: en.wikipedia.org

Bildgestaltung

Belichtung – Empfindlichkeit, Verstärkung

- Nicht immer ist für die gewünschte Blende oder Belichtungszeit genügend Licht vorhanden
- In der analogen Fotografie wurden deshalb Filme mit unterschiedlicher **Körnung** hergestellt:
 - Viele kleine Silberjodid-Körner für feine Details bei ausreichend Licht
 - Weniger große Körner für höhere Empfindlichkeit bei weniger Detail
- In der Digitalfotografie ist die **Verstärkung** das Äquivalent zur Körnung
- Mit der Verstärkung lassen sich ungünstige Lichtverhältnisse zum Teil ausgleichen, die **Empfindlichkeit** für Sensorelektronen steigt

Bildgestaltung

Belichtung – Empfindlichkeit, Verstärkung

- Die Verstärkung wird heute mit derselben „Einheit“ eingestellt wie zuvor die Filmempfindlichkeit: eine DIN- oder ISO-Skala:

ISO
...100 200 400 **800** 1600 3200...

- Wie im analogen Film bei der Empfindlichkeit besteht ein linearer Zusammenhang zwischen ISO-Wert und Verstärkungsfaktor
- Eine Blendenstufe Abblenden kann durch eine Verdoppelung der Empfindlichkeit von ISO 100 auf 200 kompensiert werden

Bildgestaltung

Belichtung – Empfindlichkeit, Verstärkung

- De facto wird durch mehr Verstärkung nur erreicht, dass weniger Elektronen vom Sensor im AD-Wandler in die gleiche Helligkeit umgerechnet werden

Das Problem:

1. Der Signal-Rauschabstand sinkt, weil das Rauschen ebenfalls verstärkt und dadurch sichtbar wird.
 2. Weniger Elektronen werden im AD-Wandler als die hellste mögliche Stufe interpretiert, die Gefahr der Überbelichtung steigt
- Höhere Verstärkung und damit scheinbar höhere Empfindlichkeit führt also nur wohl dosiert zu einer Verbesserung
 - Je nach Sensorgröße können 800-6400 ISO noch brauchbar sein

Bildgestaltung

Belichtung – Beleuchten

- Zwar genügt zumindest bei Außenaufnahmen am Tage das verfügbare Licht für viele Situationen, aber fast immer muss steuernd eingegriffen werden:
 - Bestimmte Motivbereiche gezielt aufhellen, z.B. Schatten
 - Schlag- und Streiflicht vermeiden oder mindern
 - Gegenlichtsituationen entschärfen
- Dazu werden in der Regel künstliche Lichtquellen eingesetzt

Bildgestaltung

Belichtung – Messung und Automatik

- Digitalkameras unterstützen die richtige Belichtung mit automatischer Belichtungsmessung und oft mit verschiedenen Motivprogrammen
- Standard ist eine automatische Belichtung mit:
 - **Zeitvorwahlautomatik S** (Shutter, Verschlusszeit wird vom Benutzer eingestellt)
 - **Blendenvorwahlautomatik A** (Aperture, Blende wird vom Benutzer eingestellt)
 - **Programmautomatik P** (Program, Kamera legt beides situationsabhängig automatisch fest)
 - Auch das manuelle Einstellen kann möglich sein (M)



Bildgestaltung

Belichtung – Messung und Automatik

- Grundannahme der Belichtungsmessung ist, dass die gesamte Lichtmenge eines gleichmäßig beleuchteten, kontrastarmen Motivs einer **mittleren Helligkeit** entspricht
- Die korrekte Belichtung soll deshalb ein **mittleres Grau mit 18% Intensität** erzielen (logarithmischer Maßstab)
- Die Helligkeitsverteilung hat dann sowohl für dunkle als auch für helle Bildbereiche ausreichend Dynamikspielraum
- **Nachteil:** Durch die Mittelwertbildung werden kleinere sehr dunkle oder sehr helle Objekte im Bild **falsch belichtet**, die korrekte Belichtung muss z.B. manuell ermittelt werden



Mittelwert = grau
Mond überbelichtet

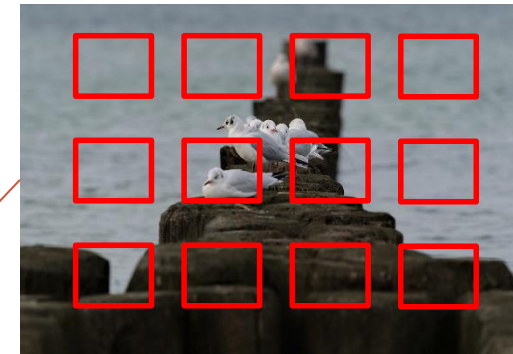


Manuell korrekt belichtet

Bildgestaltung

Belichtung – Messung und Automatik

- Um in verschiedenen Szenen eine jeweils optimale Belichtungsmessung zu erzielen, bieten die Kameras verschiedene Messmethoden und Messpunkte:
- **Matrix- oder Mehrfeldmessung**
- **Spot-Messung**
- **Mittenbetonte Integralmessung**



Bildgestaltung

Belichtung – Messung und Automatik

- Die **Matrix- oder Mehrfeldbelichtung** ist meist voreingestellt und soll ausgewogene Ergebnisse liefern
- Das gelingt – ebenso wie bei der ehemaligen mittenbetonten Integralmessung – nur bei begrenztem Kontrastumfang im Motiv und führt andernfalls leicht zu Fehlern

Bildgestaltung

Belichtung – Messung und Automatik

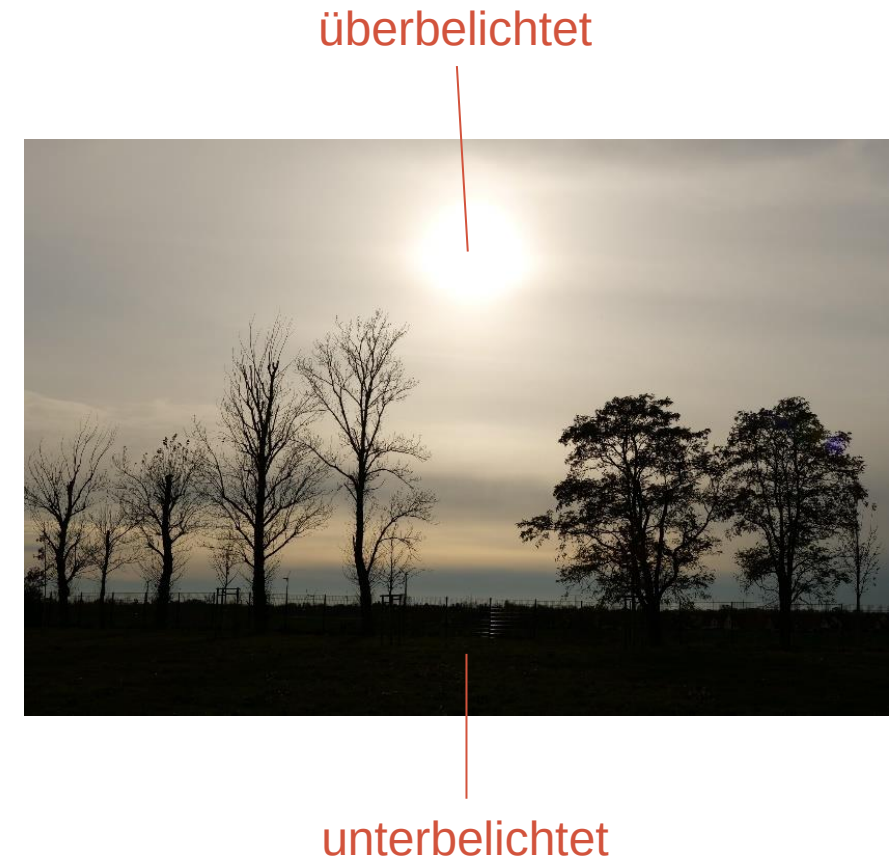
- Bei **Spot-Messung** kann der Messpunkt oft an eine beliebige Stelle im Bild gelegt werden, etwa dorthin, wo auch der Fokus liegen soll
- Gelingt dennoch keine zufrieden stellende Belichtung, kann ein mit anderem Bildausschnitt ermittelter Belichtungswert auch gespeichert und nach Wahl des endgültigen Bildausschnitts verwendet werden
- Alternativ können Motivprogramme gewählt werden

Bildgestaltung

Belichtung – Messung und Automatik

Ein weiteres Problem der korrekten Belichtung ist, dass der **Dynamikumfang** realer Szenen und des menschlichen Auge höher ist derjenige von Digitalkameras

- Motive können so kontrastreich sein, dass dunkle und helle Bereiche nicht beide korrekt belichtet werden
- Dies gilt besonders für Situationen mit **Gegenlicht**: von hinten beleuchtet Motive



Bildgestaltung

Belichtung – Messung und Automatik

Der Dynamikumfang wird in Blendenstufen angegeben

- Motive im Gegenlicht liefern bis zu 25 Blendenstufen Dynamik
- Das menschliche Auge verarbeitet etwa 20 Blendenstufen
- Neue Digitalkameras beherrschen 12-15 Blendenstufen

Lösung bei älteren Kameras:

- Aufhellblitz verwenden
- HDR-Serienaufnahme – Mehrere unterschiedlich belichtete Aufnahmen zu einem einzigen Bild mit hoher Dynamik verrechnen
- Das ist ein Teil der Automatikfunktion in der KI vieler Smartphones

HDR = High Dynamic Range

Bildgestaltung

Belichtung – Messung und Automatik

Fotograf und/oder Bildprozessor entscheiden, welche Bereiche unter- oder überbelichtet werden. Es gilt:

- Überbelichtete Bereiche verlieren alle Details
- Das Aufhellen unterbelichteter Bereiche ist bei aktuellen Sensoren in gewissen Grenzen ohne störendes Rauschen möglich
- Aktuelle mehrschichtige Sensoren (stacked) können mit nichtlinearen Kennlinien einen größeren Dynamikbereich abbilden



Bildgestaltung

Bildstabilisierung

Längere Belichtungszeiten und höhere Brennweiten

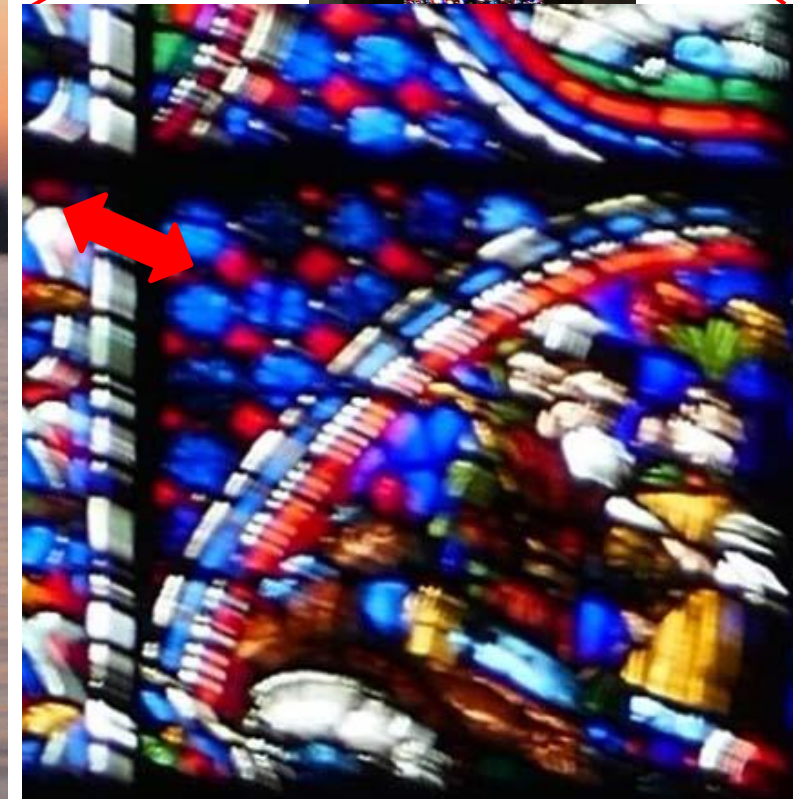
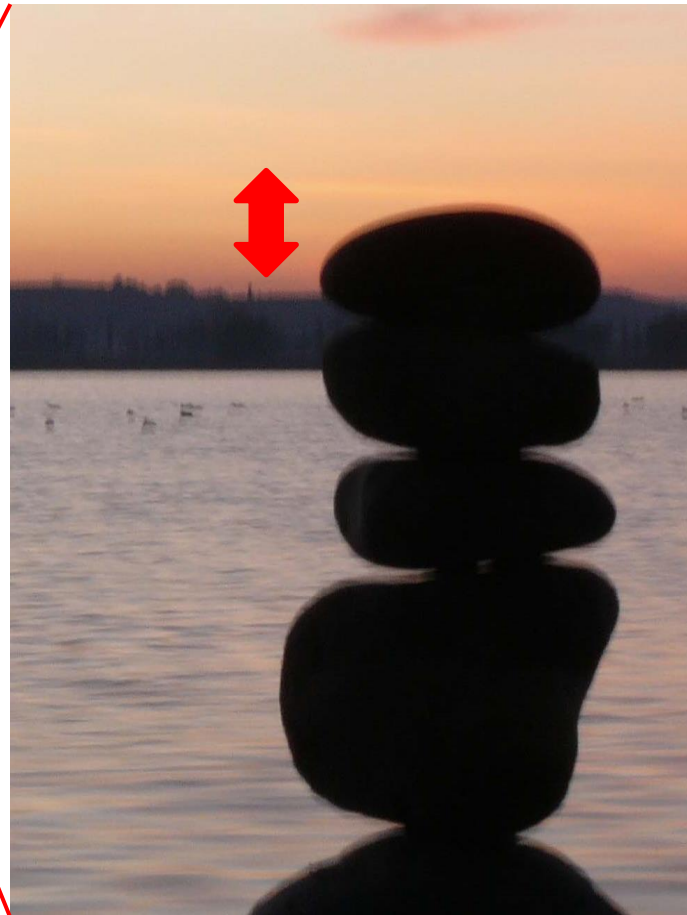
- Werden Kameras ohne Stativ eingesetzt, besteht die Gefahr, dass Aufnahmen durch ungewollte Kamerabewegungen **verwackeln** und das Motiv damit nicht scharf abgebildet wird
- Es entsteht typische **Verwackelungsunschärfe**, vergleichbar mit der Bewegungsunschärfe, die spätestens bei genauer Betrachtung störend in Erscheinung tritt



Bildgestaltung

Bildstabilisierung

Verwackelungsunschärfe



Bildgestaltung

Bildstabilisierung

- Das Risiko des Verwackelns wird mit längerer Belichtungszeit und größerer Brennweite höher
 - Lange Zeit galt daher die Faustregel „Verwende ohne Stativ keine Belichtungszeiten größer als der Kehrwert der Brennweite“
 - Mit einem Teleobjektiv von **500mm Brennweite** nur mit Belichtungszeiten **kürzer als 1/500** fotografieren
- Diese Belichtungszeiten sind nur mit sehr teuren, lichtstarken Objektiven und bei guter Beleuchtung realisierbar
- Neuere Digitalkameras verfügen daher über verschiedene Methoden zur Bildstabilisierung, entweder optisch oder mittels Bildprozessor

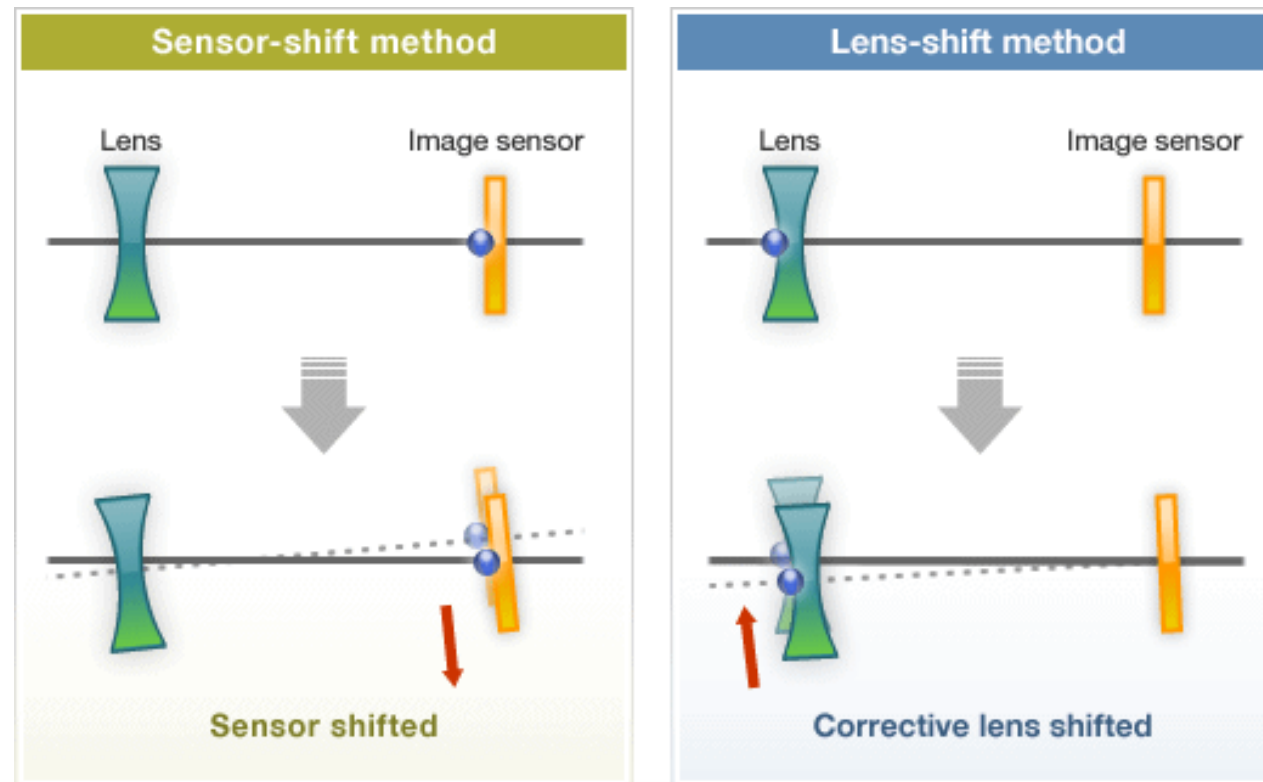
Bildgestaltung

Bildstabilisierung

- Die Hardware-Lösung: **Optische Bildstabilisierung**
- Beschleunigungssensoren messen unerwünschte Bewegungen der Kamera, die dann mechanisch ausgeglichen werden können
- Das wird gegenwärtig auf zweierlei Weise realisiert:
 1. **Objektive** mit Beschleunigungs- und Rotationssensor bewegen einen Teil der Linsen zum Ausgleich
 2. **Kameragehäuse** mit Beschleunigungs- und Rotationssensor **bewegen den Bildsensor** (IBIS, In-Body Image Stabilization)

Bildgestaltung

Bildstabilisierung



Quelle: Sony

Bildgestaltung

Bildstabilisierung

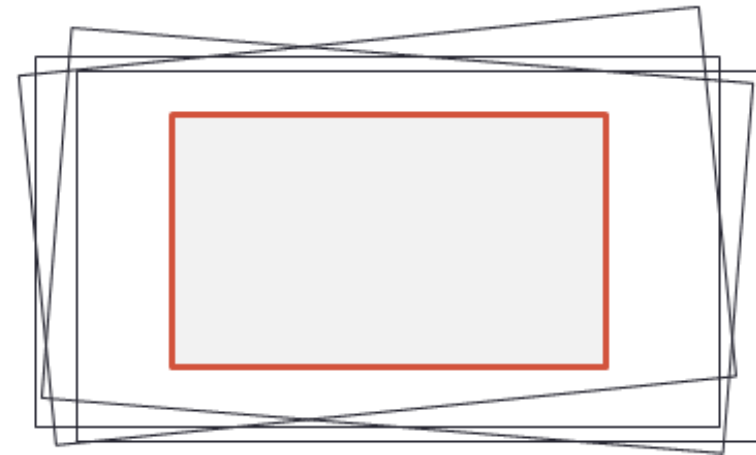
- Die Kamera- und Objektivhersteller verwenden diese Verfahren uneinheitlich
- Manche Hersteller kombinieren beides, sofern die Objektive dies unterstützen (gleicher Hersteller von Kamera und Objektiv oder Allianz, wie z.B. für den L-Mount von Leica, Panasonic, Sigma und neuerdings auch Samyang)
- Hersteller geben bis zu 8 Blendenstufen längere Belichtungszeiten mit Stabilisierung an, zuverlässig nutzbar sind meist 2-4 Blendenstufen
- Die **Optical Image Stabilization** OIS ist in der Regel abschaltbar, weil sie bei Stativaufnahmen entweder nutzlos ist oder sogar zu Artefakten führt

Bildgestaltung

Bildstabilisierung

Die Software-Lösung: Korrektur durch Bildprozessor

- Smartphone- und Videokameras bieten **Electronic Image Stabilization** EIS auf Softwarebasis bei Videoaufzeichnung
- Der aufgezeichnete Bildausschnitt ist kleiner als der Sensor
- Zur Korrektur der Verwackelung wird der Bildausschnitt von Frame zu Frame in der Lage angepasst

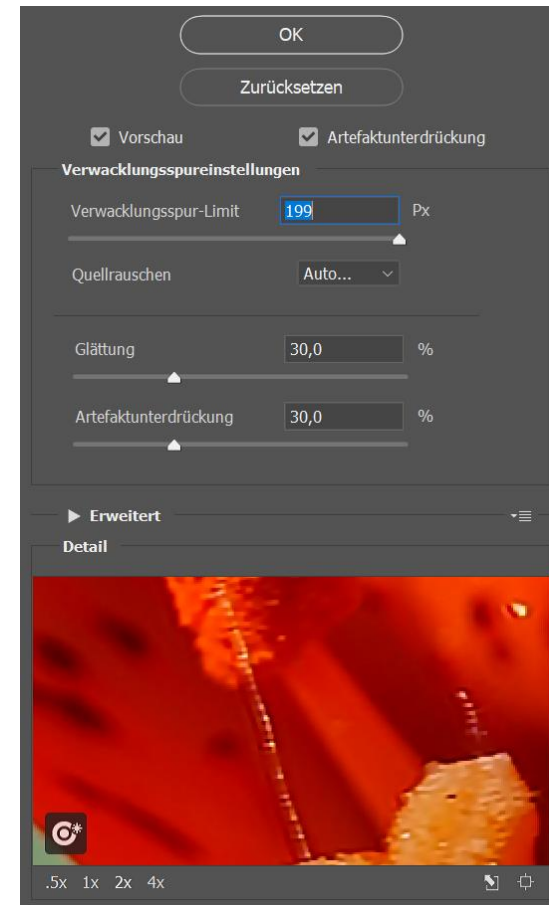


Bildgestaltung

Bildstabilisierung

Korrektur in der Nachbearbeitung:

- Die Korrektur von Verwackelungsunschärfe ist eingeschränkt auch noch in der Nachbearbeitung möglich, Photoshop bietet entsprechende Optionen beim Einstellen der Schärfe
- Die Ergebnisse sind nicht zwingend völlig überzeugend...



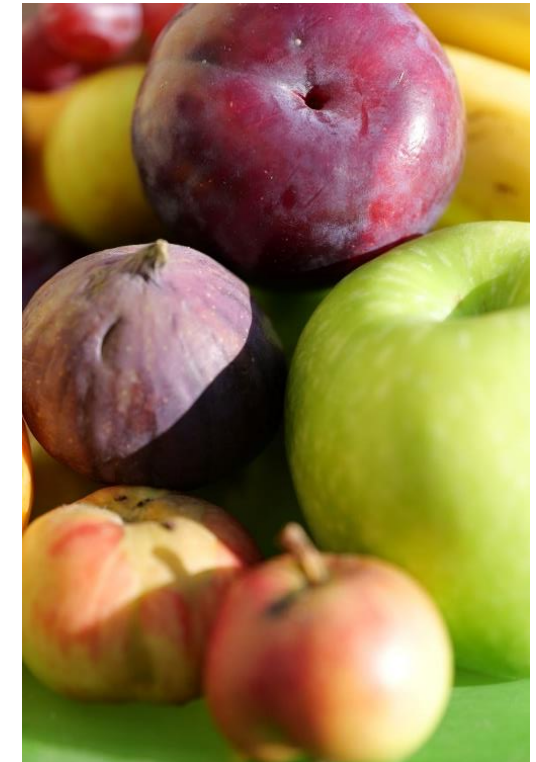
Bildgestaltung

- Bildgestaltung und Komposition
- Belichtung
- Fokus
 - Begriff
 - Vorgehensweise
 - Autofokussysteme
 - Manuelles Fokussieren
- Abbildungsfehler

Bildgestaltung

Fokus

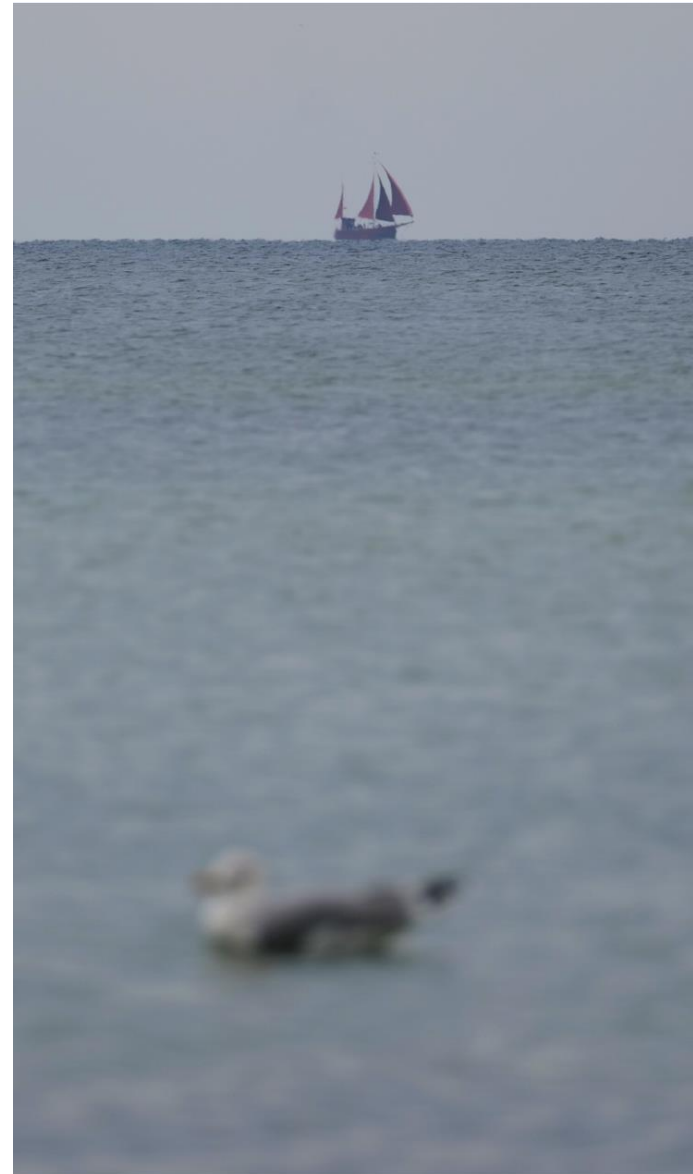
- Der Begriff **Fokus** bezeichnet den Bereich eines Bildes, der scharf abgebildet wird
- Der Fokus setzt den Akzent für das Bild
- Bei mehreren gleichrangigen Objekten auf einem Foto bestimmt der Fokuspunkt, wohin der Betrachter blicken soll – auch dann, wenn das fokussierte Objekt nicht im Vordergrund oder im Bildzentrum liegt



Bildgestaltung

Fokus

- Fotografen können bei der Bildgestaltung frei wählen, auf welchen Teil des Motivs fokussiert wird...



Bildgestaltung

Fokus

- ...Betrachter haben aber eine gewisse Erwartungshaltung:
- Bei Portraits sieht man den Portraitierten in die Augen

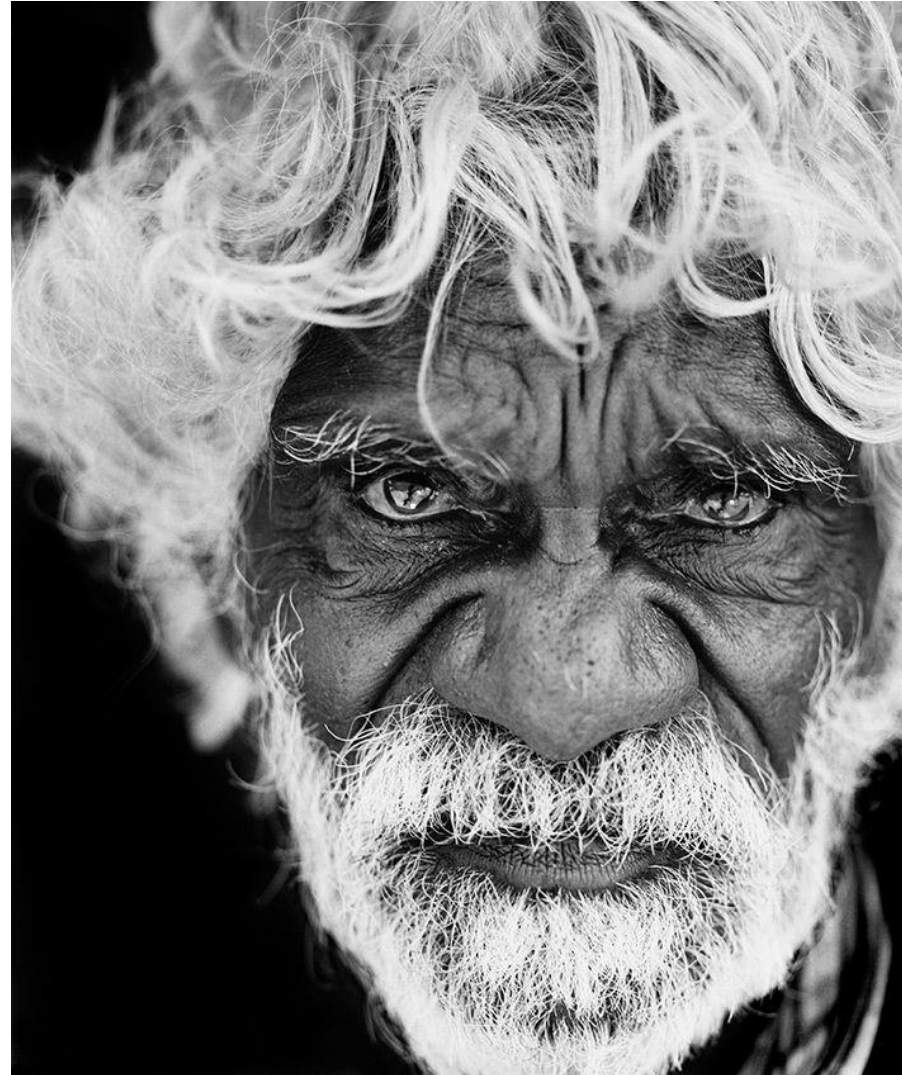


Quelle: static.nationalgeographic.nl
Fotograf: Steve McCurry

Bildgestaltung

Fokus

- Bei Porträtaufnahmen wird daher üblicherweise auf die Augen fokussiert...



Quelle: www.frewenarts.com
Fotograf: Tobias Titz

Bildgestaltung

Fokus

- ...auch bei Portraits von Skulpturen – oder Tieren



Bildgestaltung

Fokus

- Aber: Bei Makroaufnahmen soll das gesamte Motiv scharf abgebildet sein



Bildgestaltung

Fokus

- Die Schärfentiefe, also der Entfernungsbereich um die Fokusebene, der scharf abgebildet wird, lässt sich durch abblenden beträchtlich erhöhen
- Zusätzliche Unterstützung bietet in modernen Kameras noch die Funktion **Focus Bracketing**, aka **Focus Stacking**
- Mit ihr lassen sich mehrere Aufnahmen des Motivs mit schrittweise verschobenem Fokus erstellen, die dann in der Kamera oder in der Nachbearbeitung zu einem Bild mit hoher Schärfentiefe kombiniert werden
- In jedem Fall bleibt das korrekte und bewusste Fokussieren eine der zentralen Aufgaben der Fotografie...

Bildgestaltung

Fragen zum Selbststudium

- Beschreiben Sie wichtige Stilmittel, mit denen Sie ein Bild gestalterisch aufwerten können (geometrisch, strukturell, farbig...)
- Welche zwei Parameter bestimmen zusammen den Lichtwert?
- Welche Belichtungszeiten wählen Sie für Action-Fotografie?
- Welche Objektive und Blendeneinstellungen sind geeignet zur optischen Freistellung eines Motivs?
- Was beschreibt der Begriff Fokus in der Fotografie? Wo sollte der Fokus für Portraits oder Makroaufnahmen positioniert werden?
- Warum sollte mit der Steigerung der ISO-Empfindlichkeit bei der Aufnahme sehr bedacht umgegangen werden?

Bildgestaltung

Autofokus

- Exakte Fokussierung und Belichtung zur Bildgestaltung werden von modernen Kameras technisch unterstützt:
- **Autofokussysteme** fokussieren schnell und automatisch den gewünschten Ausschnitt des Motivs
- Die Belichtung wird durch variable, voreinstellbare und beeinflussbare **Belichtungsprogramme** unterstützt
- In Kamera und/oder Objektiv integrierte **Bildstabilisatoren** ermöglichen längere Belichtungszeiten ohne die Gefahr des „Verwackelns“
- Diese Funktionen stehen als **Hilfssysteme** in Digitalkameras zur Verfügung

Bildgestaltung

Autofokus

- Zu unterscheiden ist zwischen **aktivem** und **passivem Autofokus**
- Bei aktivem AF misst die Kamera die Entfernung zum Motiv, entweder per Infrarot oder **Ultraschall**
- Funktioniert bei mäßigen Entfernungen, ist jedoch nicht für Teleaufnahmen oder durch Hindernisse wie Glasscheiben hindurch möglich (Ultraschall)
- Eingesetzt in analogen Kameras, hier in einer Sofortbildkamera von ca. 1995



Bildgestaltung

Autofokus

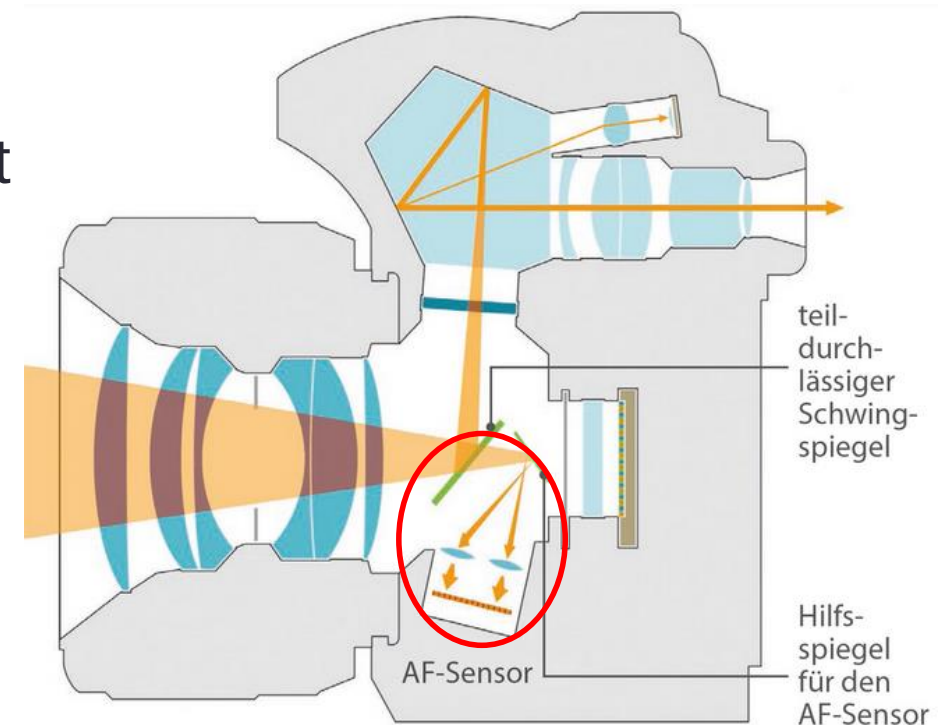
- Aktuelle Digitalkameras arbeiten zur automatischen Fokussierung mit zwei möglichen **passiven AF-Varianten** oder deren Kombination:
- Phasenvergleichs-Autofokus
- Kontrast-Autofokus
- Hybrid-AF

Bildgestaltung

Autofokus

Phasenvergleichs-Autofokus

- Ursprünglicher Phasenvergleichs-AF benötigt spezielle Fokus-Sensoren und wurde so in DSLR-Kameras eingesetzt
- Vor der Auslösung wird das Licht durch das Objektiv über einen Hilfsspiegel auf mindestens zwei gegeneinander versetzte Sensoren geschickt



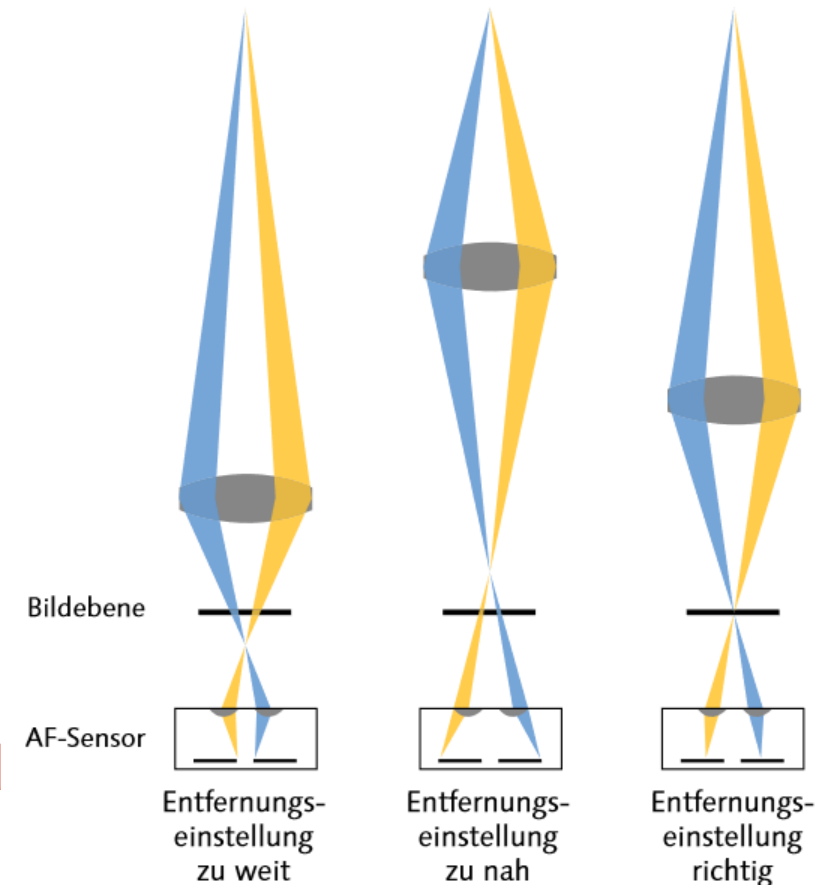
Quelle: www.oreilly.com

Bildgestaltung

Autofokus

Phasenvergleichs-Autofokus

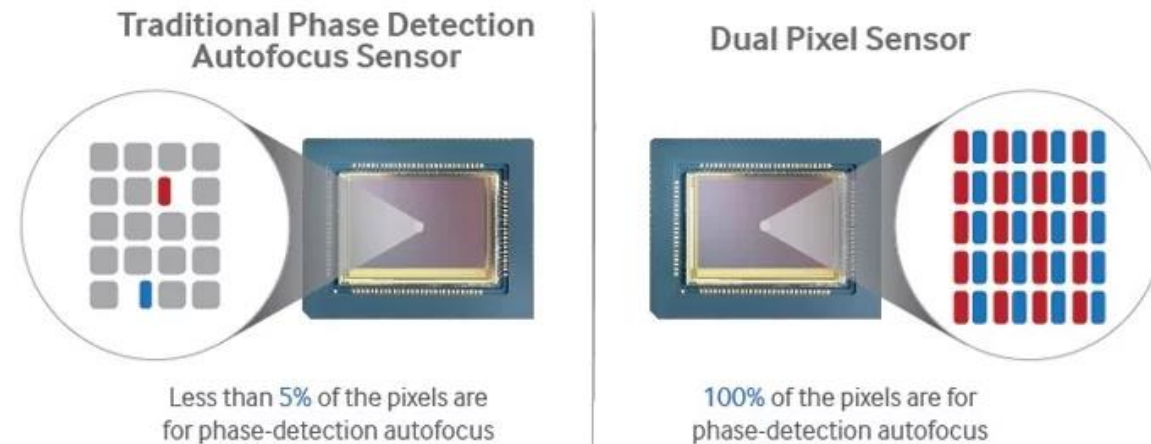
- Die AF-Sensoren erkennen drei Fälle und können daraus Betrag und Richtung der erforderlichen Korrektur am Objektiv errechnen, um das Motiv zu fokussieren
- Links: Näher fokussieren
- Mitte: Weiter entfernt fokussieren
- **Rechts: korrekte Einstellung, beide Bilder sind deckungsgleich**



Bildgestaltung

Autofokus

Phasenvergleichs-Autofokus



Quelle: Samsung

- In neueren Kameras findet die Phasenvergleichsmessung jedoch bereits auf dem Sensor statt, zunächst nur in einzelnen, speziellen Pixeln
- Aktuelle Variante: **Dual Pixel Sensor**, (Samsung, Sony, Canon...):
- Hinter jeder Mikrolinse sitzen zwei separat auslesbare Pixel
- Die Summe beider Pixel liefert den Helligkeitswert für die RAW-Datei
- Die Differenz dient zur Phasenvergleichs-Autofokussmessung

Halbe Pixel, für Fokus.
Sind beide Pixel gleich hell,
ist fokussiert.
Phasenvergleich auf Sensor

Bildgestaltung

Autofokus

Phasenvergleichs-Autofokus

Pro

- Phasenvergleichs-AF ist konkurrenzlos schnell, weil der korrekte Fokuspunkt theoretisch direkt und exakt angefahren werden kann

Contra

- Er ist jedoch teilweise von exakter Kalibrierung abhängig, weil AF-Messung und Aufnahme nicht zwingend auf dem gleichen Sensor stattfinden
- Phasen-AF funktioniert nur bei genügend lichtstarken Objektiven mit einem Öffnungsverhältnis von f5,6 oder weniger (teilweise auch f8)

Bildgestaltung

Autofokus

Kontrast-Autofokus

- Kontrast-Autofokus misst den Kontrast an Kanten des Motivs. Der Kantenkontrast erreicht ein Maximum bei optimal eingestelltem Fokus
- Zur Messung wird zunächst ermittelt, in welche Richtung das Objektiv eingestellt werden muss, um den Kontrast zu erhöhen
- Ist die korrekte Richtung gefunden, wird solange verändert, bis der Kontrast nach einem Maximum wieder geringer wird
- Abschließend wird auf das Maximum zurück gefahren

Misst Kante an Hell Dunkel Übergängen.

Dort wo Kontrast am größten = scharf

Man muss aber mehrere Bilder vergleichen, wann es scharf ist.

Muss probieren.

Dauert länger als Phasenfokus.

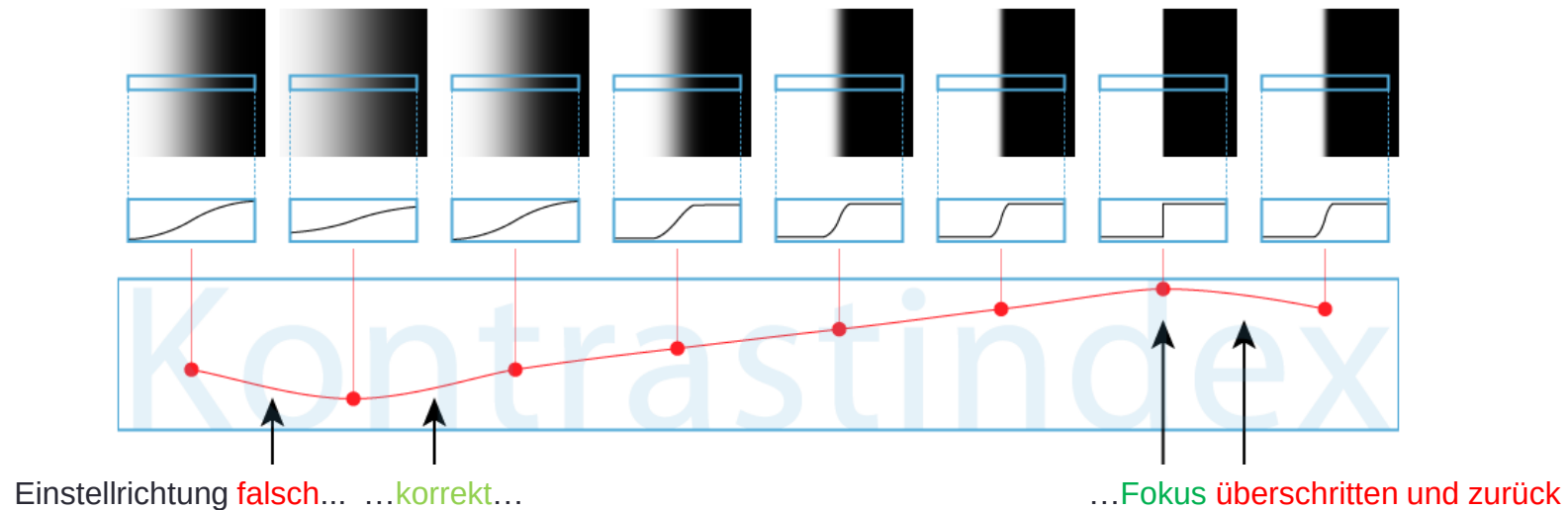
Geht aber mit jedem Sensor.

Bildgestaltung

Autofokus

Kontrast-Autofokus

- Kontrast-Autofokus misst den Kontrast an Kanten des Motivs. Der Kantenkontrast erreicht ein Maximum bei optimal eingestelltem Fokus



Bildgestaltung

Autofokus

Kontrast-Autofokus

Pro

- Die Kontrastmessung findet auf dem Bildsensor selbst statt, es gibt also keine Kalibrierungsfehler
- Aktuell ist die Leistung für Einzelbilder meist vergleichbar mit Phasen-AF

Contra

- Bei schlechten Lichtverhältnissen bzw. bei Motiven mit geringem Kontrast wird „Pumpen“ sichtbar, bis das Motiv fokussiert ist
- Nicht mit Phasen-AF vergleichbare Leistung bei Serienbildern

Bildgestaltung

Autofokus

Voraussetzungen für Autofokus

- Die Kamera muss zur automatischen Fokussierung mehrere Linsen im Objektiv bewegen können:
 1. Über einen **Antrieb im Kameragehäuse**, der auf das Objektiv wirkt (veraltet)
 2. Über einen im **Objektiv integrierten Motor**
- Dies setzt spezielle AF-Objektive voraus
- Aktuelle Objektive besitzen einen internen Motor, der fast geräuschlos und sehr schnell die Scharfstellung erledigt (Ultraschall- oder Schrittmotor)

Bildgestaltung

Autofokus

Voraussetzungen für Autofokus

- Autofokus-Objektive sind in der Regel durch einen Aufdruck wie etwa **AF** gekennzeichnet
- AF ist meist am Objektiv abschaltbar
- Die Hersteller haben außerdem dafür gesorgt, dass ältere oder einfachere Objektive ohne Autofokus trotzdem weiter an neuen Kameras verwendet werden können, dann jedoch nur mit manuellem Fokus



Bildgestaltung

Autofokus

Grenzen der Autofokussysteme und manuelle Fokussierung

- Alle passiven Autofokussysteme benötigen Licht und Kontraste im Motiv
- In Umgebungen mit wenig oder gar keinem Licht können sie nur mit einem **AF-Hilfslicht** in der Kamera eingesetzt werden
- Für manche Aufnahmen ist deshalb und aus gestalterischen Gründen nach wie vor manuelle Fokussierung wichtig:
 - Makrofotografie
 - Landschaftsfotografie
 - Available-Light-Fotografie
 - Astrofotografie

Bildgestaltung

Autofokus

Grenzen der Autofokussysteme und manuelle Fokussierung

- Zur Unterstützung des manuellen Fokussierens bieten Kameras Funktionen wie Vergrößerung des betreffenden Ausschnitts oder **Focus-Peaking** an, die das Scharfstellen deutlich erleichtern
- Focus-Peaking beleuchtet scharf abgebildete Motivteile und hebt sie so besonders hervor



Quelle: de.wikipedia.org

Bildgestaltung

- Bildgestaltung und Komposition
- Belichtung
- Fokus
- **Abbildungsfehler**
 - Durch das Objektiv verursachte Fehler
 - Durch Sensor und die Digitaltechnik verursachte Fehler

Bildgestaltung

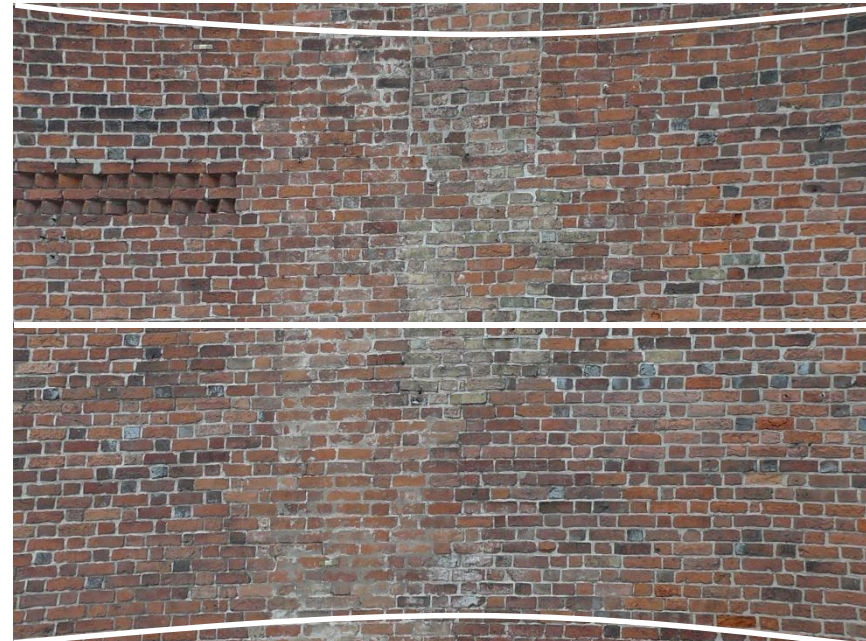
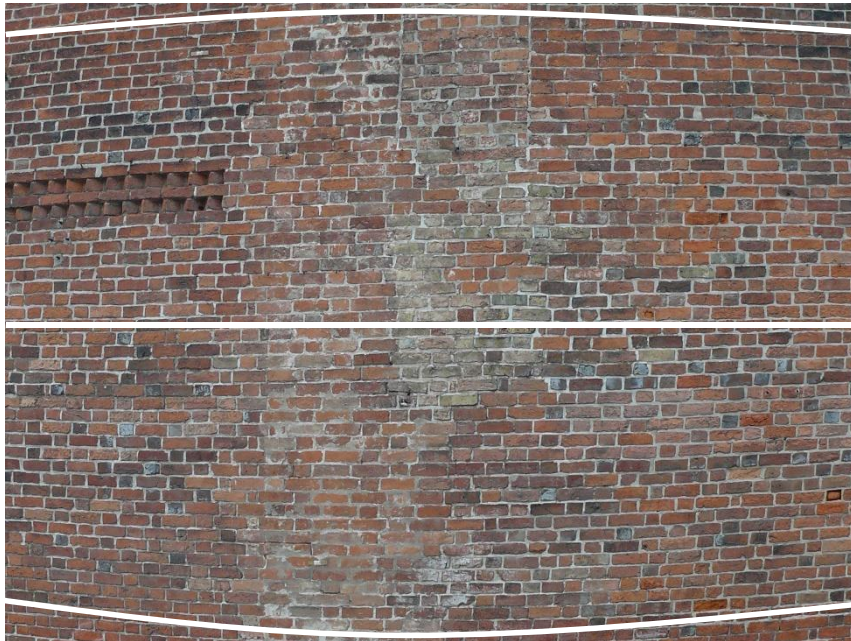
Abbildungsfehler

- Verzeichnung: Geometrische Abbildungsfehler
 - Vignettierung: Helligkeitsabfall zu den Bildecken
 - Chromatische Aberrationen: Farbränder
 - Rauschen bei zu wenig Licht
 - Sättigung und Detailverlust bei Überbelichtung
- } Objektivfehler
- } Sensorfehler
- Korrekturmöglichkeiten:
 - In der Kamera
 - In der Nachbearbeitung

Bildgestaltung

Verzeichnung: Geometrische Abbildungsfehler

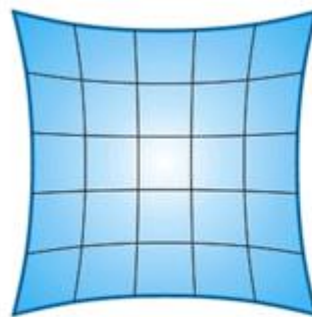
- Tonnen- oder Kissenförmige Verzerrungen



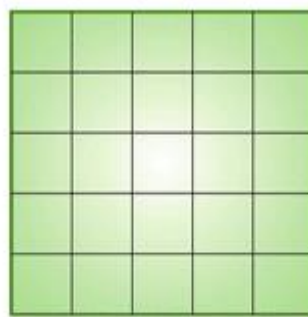
Bildgestaltung

Verzeichnung: Geometrische Abbildungsfehler

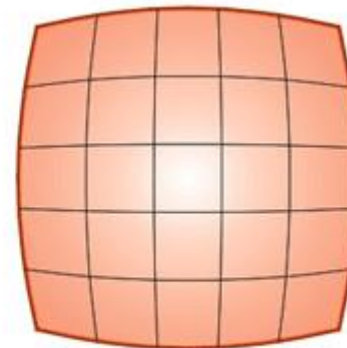
- Im Objektiv verändert sich die Vergrößerung mit zunehmendem Abstand von der Optischen Achse
- Je nach Objektivkonstruktion und Lage der Blende entstehen tonnen- oder kissenförmige Verzerrungen



kissenförmige
Verzeichnung



verzerrungsfreie
Abbildung

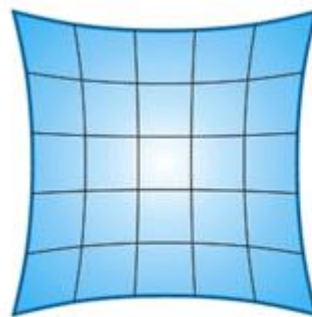


tonnenförmige
Verzeichnung

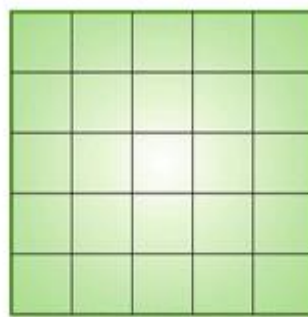
Bildgestaltung

Verzeichnung: Geometrische Abbildungsfehler

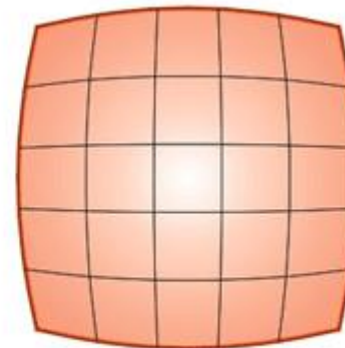
- Bei Zoomobjektiven oft abhängig von der eingestellten Brennweite
- Korrektur im Objektiv durch entsprechende Berechnung und Konstruktion
- Bei hochwertigen Objektiven bis unter eine Toleranzschwelle korrigiert



kissenförmige
Verzeichnung



verzerrungsfreie
Abbildung



tonnenförmige
Verzeichnung

Bildgestaltung

Vignettierung: Helligkeitsabfall zu den Bildecken



Bildgestaltung

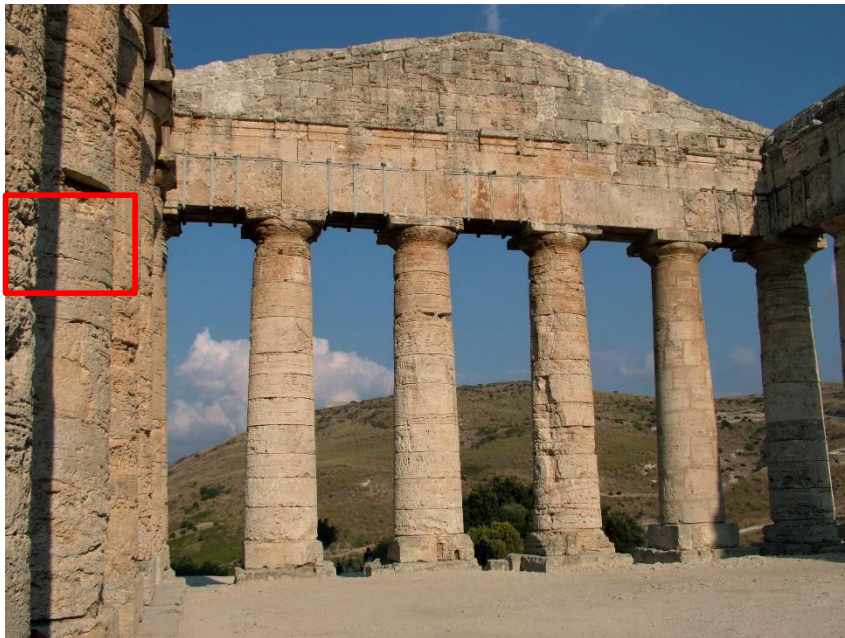
Vignettierung: Helligkeitsabfall zu den Bildecken

- Teilweise durch einen natürlichen, nicht beeinflussbaren Randlichtabfall bedingt
- Größtenteils verursacht durch Objektivkonstruktion:
 - Randabschattung durch Elemente in oder vor dem Objektiv (Filtervorsätze)
 - Verhältnis Objektivgröße zu Sensorgröße: Bei gegebenem Objektivdurchmesser fällt Vignettierung bei kleinerem Sensor weniger stark aus, kleinerer Anteil der Randbereiche am Bildausschnitt
- Vignettierung kann durch Abblenden reduziert, oft sogar vollständig entfernt werden

Bildgestaltung

Chromatische Aberrationen: Farbränder

Laterale chromatische Aberration, **rot** und **grün** nicht konvergent



Bildgestaltung

Chromatische Aberrationen: Farbränder

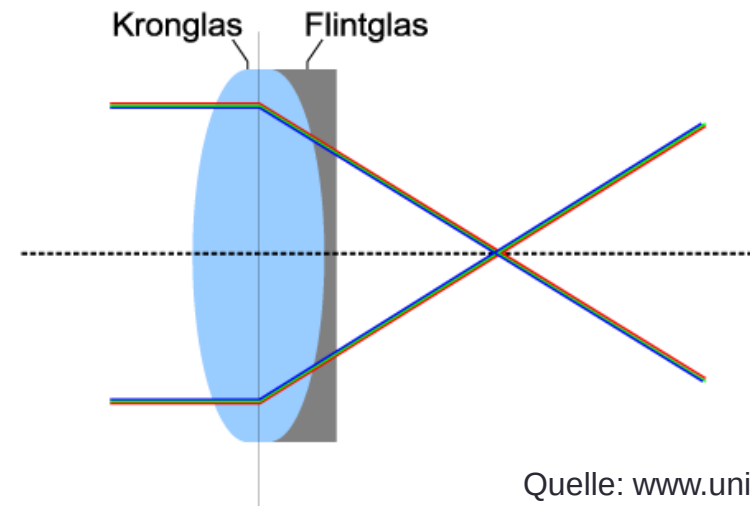
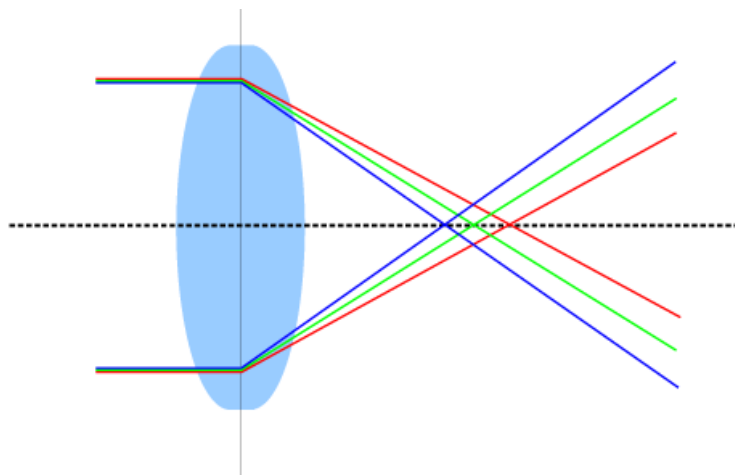
Longitudinale CA, blau oder violett nicht in der Fokusebene, Purple Fringing



Bildgestaltung

Chromatische Aberrationen: Farbränder

- Korrektur durch **achromatische** oder **apochromatische** Linsen
- Achromatische Linsen korrigieren für zwei, apochromatische Linsen für drei Wellenlängenbereiche
- Objektive mit Linsen aus Glas mit „**extra low dispersion**“, ED-Linsen



Bildgestaltung

Digitale Korrektur der Objektivfehler

Objektivfehler können zum Teil digital korrigiert werden:

Geometrie, Vignettierung und chromatische Aberration

- In Kompakt- und Bridgekameras schon im Bildprozessor, oft weder als Funktion benannt noch abschaltbar: Bildprozessor verarbeitet einen größeren Bildausschnitt und korrigiert durch Verschieben und Helligkeit von Pixeln
- Kann sich auf RAW- und oder JPEG-Dateien auswirken
- In hochwertigen Kameras sind diese Korrekturen im Bildprozessor abschaltbar, zumindest für RAW-Dateien

Bildgestaltung

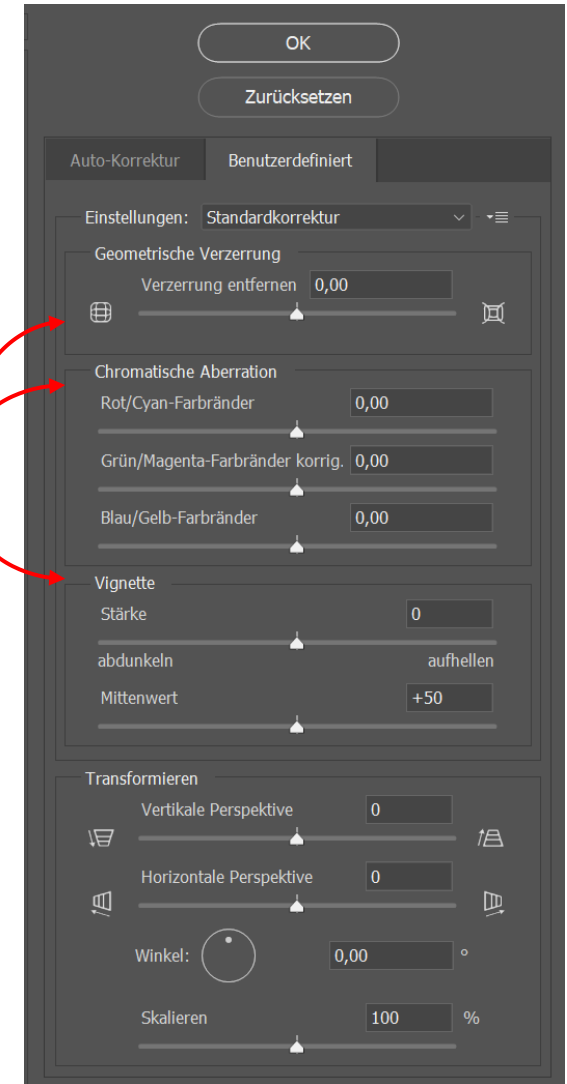
Digitale Korrektur der Objektivfehler

Objektivfehler können zum Teil digital korrigiert werden:

Geometrie, Vignettierung und chromatische Aberration

- Automatisch mit Hilfe von Objektivprofilen oder manuell in der digitalen Nachbearbeitung

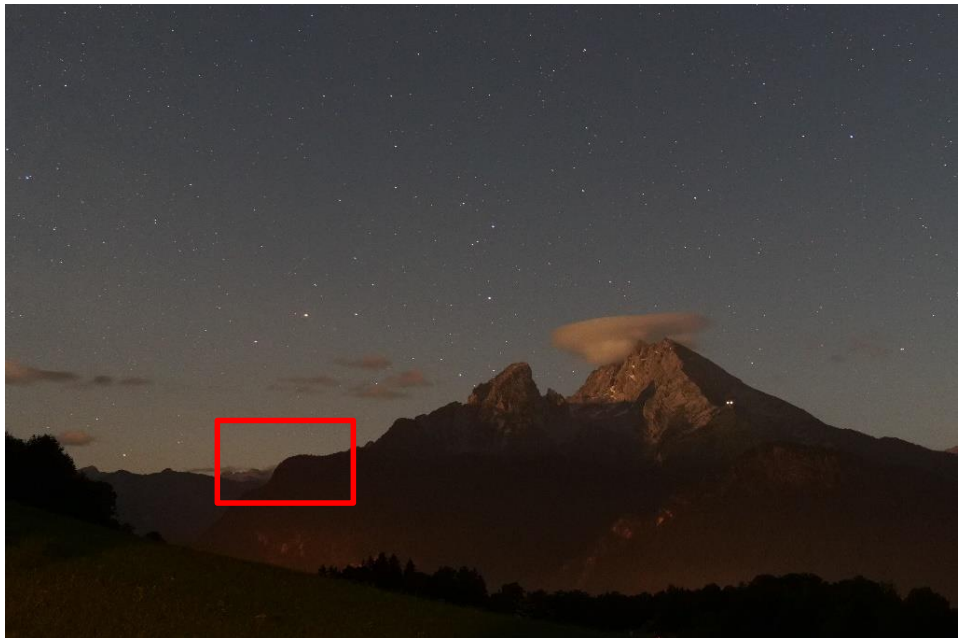
Photoshop bietet die Korrektur chromatischer Aberration nur in der Abo-pflichtigen Vollversion, Photoshop Elements korrigiert nur Geometrie und Vignettierung und kann auch nicht mit Objektivprofilen umgehen



Bildgestaltung

Rauschen bei zu wenig Licht

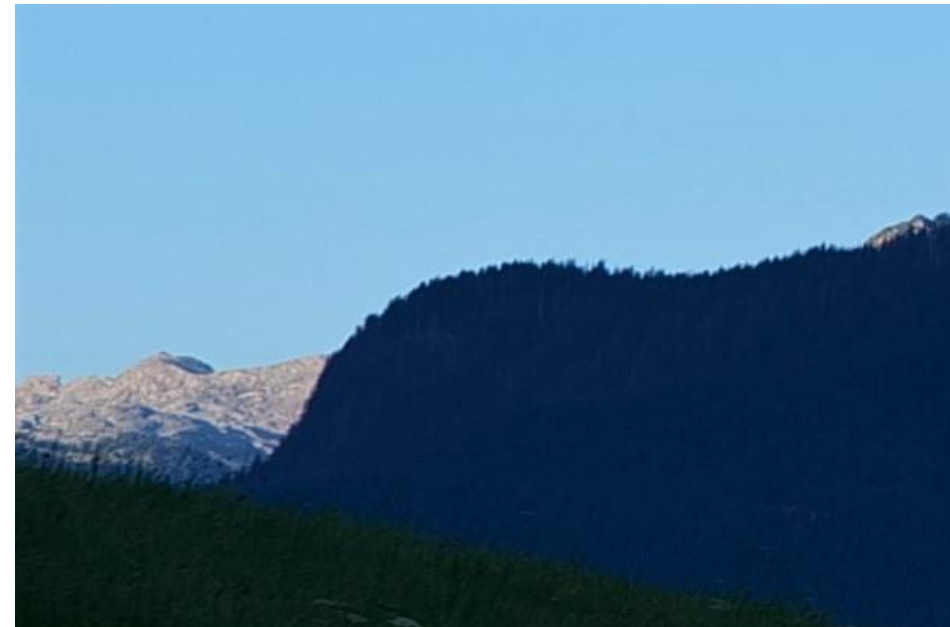
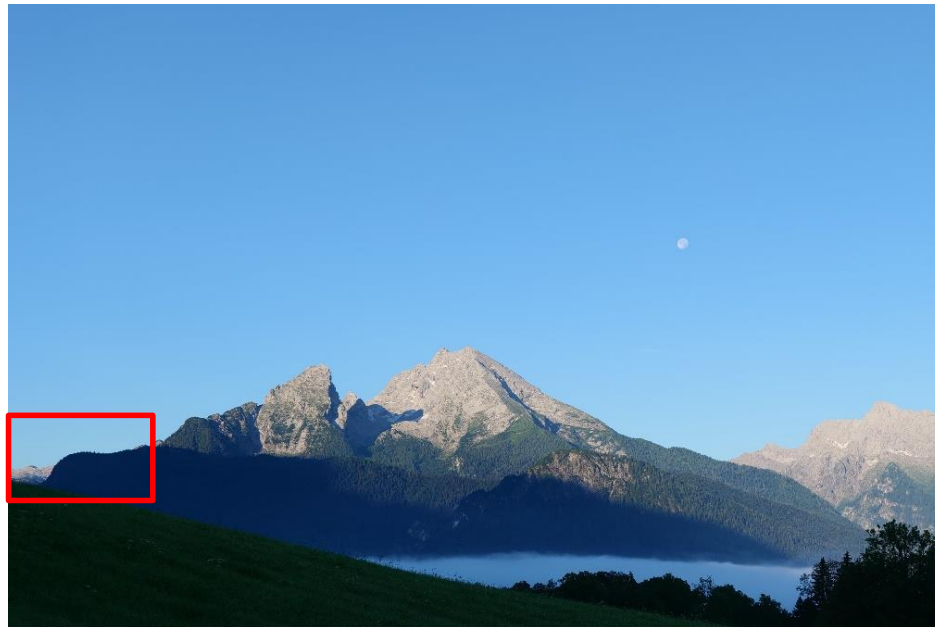
Die Verstärkung (ISO 6400) ist so hoch, dass Rauschen sichtbar wird



Bildgestaltung

Rauschen bei zu wenig Licht

Tagsüber mit ISO 100 ist Rauschen nicht sichtbar



Bildgestaltung

Rauschen bei zu wenig Licht

- Ausmaß des Rauschens abhängig von Sensorgröße und Qualität
- Minimiert durch Wahl lichtstarker Objektive, möglichst großer Blendenöffnung, langer Belichtung und geringer Verstärkung/ISO-Einstellung
- Korrektur mit Rauschfiltern in der Bildverarbeitung für JPEG schon in der Kamera
- Bei der Nachbearbeitung von RAW-Dateien mehrere Techniken und deutlich mehr Spielraum, aber teilweise auf Kosten der Schärfe

Bildgestaltung

Sättigung und Detailverlust bei Überbelichtung

- Helle Bereiche sind überstrahlt, Struktur (Zeichnung) geht vollständig verloren

OK



X

Bildgestaltung

Sättigung und Detailverlust bei Überbelichtung

- Kann in gewissem Umfang durch Veränderung der Belichtungswerte in der Nachbearbeitung korrigiert werden
- Belichtung anpassen:
 - Abblenden, Belichtungszeit verkürzen
 - Verstärkung/ISO-Empfindlichkeit reduzieren
 - ND-Filter oder Polarisationsfilter einsetzen, die die Lichtmenge reduzieren
- Besser: Mit kamerainterner Messung und Anzeige in **Histogrammen** oder betonten **Spitzenlichtern** schon beim Fotografieren vermeiden
- HDR-Programm der Kamera nutzen (Belichtungsreihe)
- Bei modernen Sensoren nichtlineare Kennlinie nutzen, Log-Profile

Bildgestaltung

Fragen zum Selbststudium

- Digitalkameras besitzen üblicherweise Autofokussysteme. Wozu dient ein Autofokus?
- Beschreiben Sie die wichtigsten Varianten von Autofokussystemen
- Unter welchen Bedingungen ist manuelles Fokussieren besser geeignet oder sogar die einzige Option für eine gute Aufnahme?
- Was sind Kissen- oder tonnenförmige Verzeichnungen und was kann dagegen unternommen werden?
- Welche Möglichkeiten werden genutzt, um Objektive mit möglichst wenig chromatischen Aberrationen herzustellen?

Bildgestaltung

Fragen zum Selbststudium

- Was bezeichnet bei einer Kamera der Begriff Dynamikumfang und in welchen Situationen ist ein hoher Dynamikumfang hilfreich?
- Warum kann in der Digitalfotografie besser mit unterbelichteten Bildern gearbeitet werden als mit überbelichteten?
- Warum dürfen Sie bei Kameras mit beweglich angebrachtem Sensor und/oder Objektiven mit einer kippbaren Linse die alte Regel „nicht länger belichten als der Kehrwert der Brennweite“ ignorieren, wenn Sie die entsprechende Hilfsfunktion aktivieren?

Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- Sensortechnik und Kameras
 - CCD, CMOS, Farben und Farbaufzeichnung, Größe und Format
 - Kamerakomponenten und Kamerateypen
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildbearbeitung und Bildverwaltung
 - Tools und praktische Vorgehensweisen

Bildbearbeitung

Teil des Moduls 5CS-CGAN-50 im Studiengang Informatik

Teil 3

Referent: Hendrik Siegmund

Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- Sensortechnik und Kameras
 - CCD, CMOS, Farben und Farbaufzeichnung, Größe und Format
 - Kamerakomponenten und Kamerateypen
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- **Bildbearbeitung und Bildverwaltung**
 - **Tools, Techniken und praktische Vorgehensweisen**

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung – warum und womit?

- Kameras und Smartphones liefern oft bereits „out-of-camera“ mehr als eindrucksvolle Bilder – **warum Nachbearbeitung?**
- Optimierung
- Kreative Veränderungen
- Anpassung an Kundenwünsche
- Eintragung von Zusatzinformationen
- ...
- Diese Aufgaben übernimmt spezielle **Bildbearbeitungssoftware**

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung – welche Software?

Abhängig von den eigenen Anforderungen stellt sich die Frage nach Kosten und Leistungsfähigkeit des benötigten Software-Tools

- Bildbearbeitung **kostenlos**
- Bildbearbeitung und -verwaltung für **Heimanwender**
- **Professionelle Bildbearbeitung** (und ggf. -verwaltung)
- Beispiele siehe Tabelle

Bildbearbeitung

Software-Beispiele

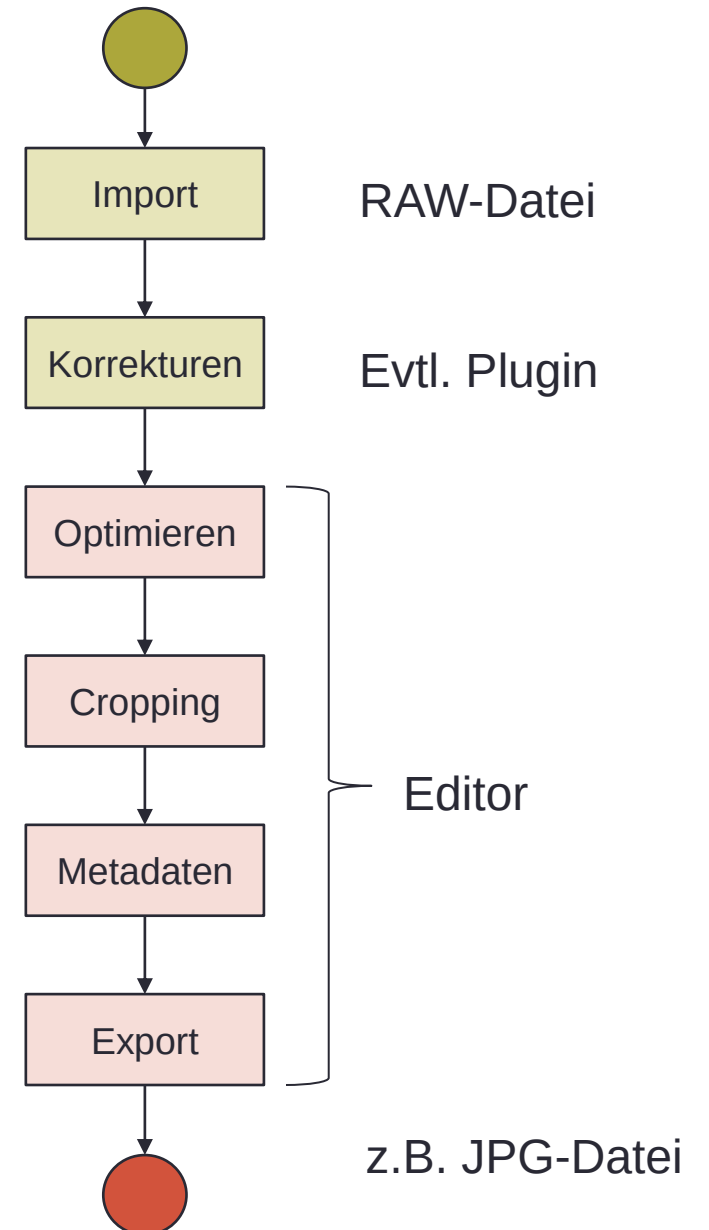
- Bildbearbeitung kostenlos
- Bildbearbeitung und -verwaltung für Heimanwender
- Professionelle Bildbearbeitung (und ggf. Bildverwaltung)
- **Hier betrachtet: Professionelle Software**

Software	Preis	Bilder bearbeiten	Bilder verwalten	Funktions-Level
Adobe Lightroom (Lr)	12,- € pro Monat	Ja (beschränkt)	Ja	Profi (nur mit Ps)
Adobe Photoshop (Ps)	24,- € pro Monat	ja	Nein	Profi
Adobe Photoshop Elements	80,- €	ja, mit Editor	ja, mit Organizer	Heim-anwender
Ashampoo Photo Commander 16	50,- €	ja	ja	Heim-anwender
GIMP	-	ja	nein	Semi-Profi
Microsoft Fotos	-	ja	ja	Heim-anwender

Bildbearbeitung

Workflow der Bildbearbeitung

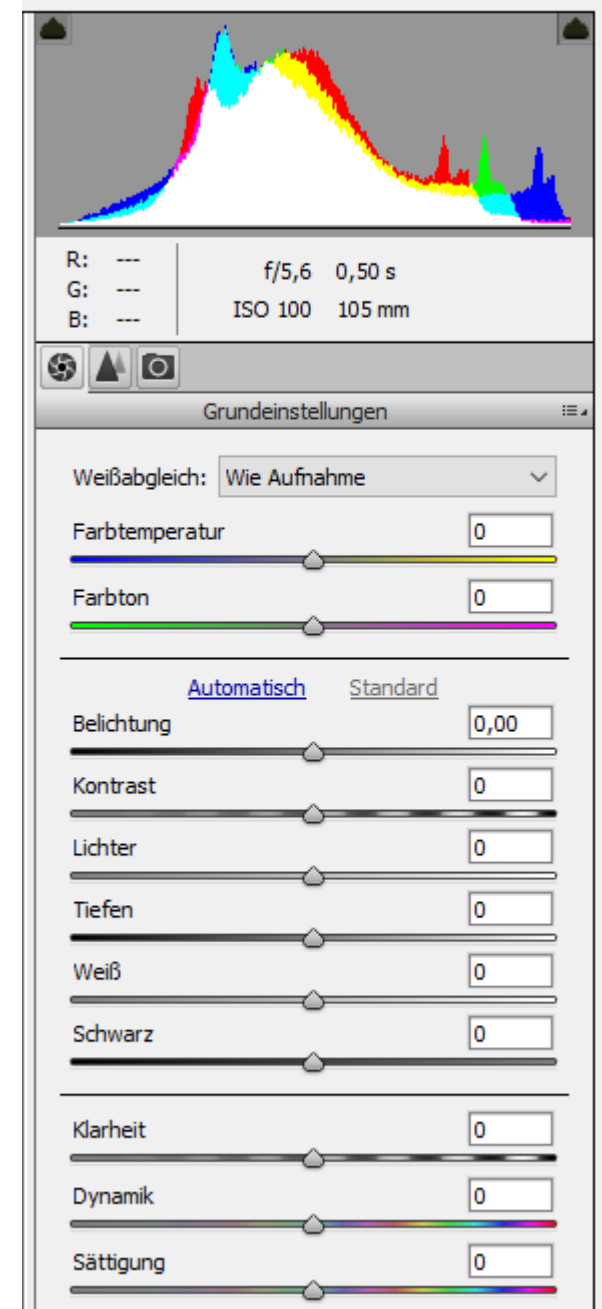
- Import von Rohbildern in eine Software
- Fehler beheben (Geometrie, Belichtung...)
- Künstlerische Effekte anwenden, Retusche
- Optimieren (Farbe, Schärfe...)
- Ausschnitt ändern (Crop)
- Metadaten bearbeiten: Aufnahmedaten, Urheber usw. (EXIF, IPTC)
- Dateiformat und Ausgabeauflösung ändern



Bildbearbeitung

Workflow – Importieren: RAW-Dateien manuell bearbeiten

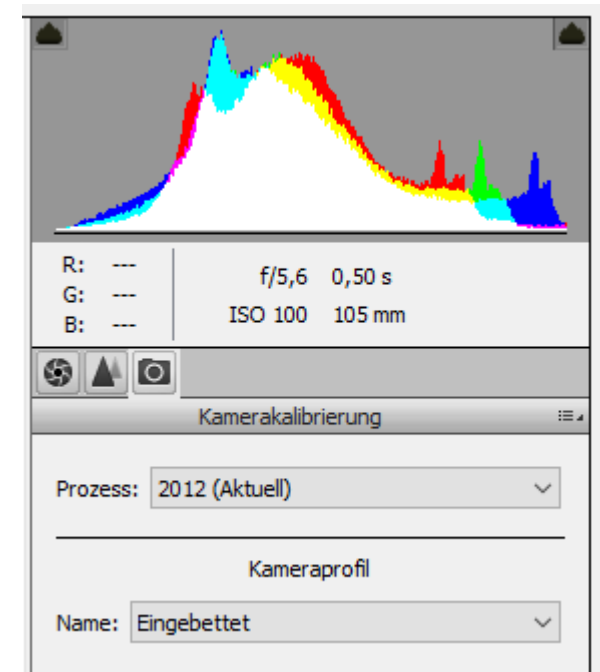
- Bilddatei z.B. über Photoshop-Plugin **Camera Raw** öffnen
- Manuell Grundeinstellungen vornehmen für
- Weißabgleich, Belichtung
- Schärfe, Rauschen
- Objektivfehler korrigieren (chromatische Aberrationen, Vignettierung)
- Einstellungen speichern, für alle zukünftigen Importe



Bildbearbeitung

Workflow – Importieren: RAW-Dateien automatisch optimieren

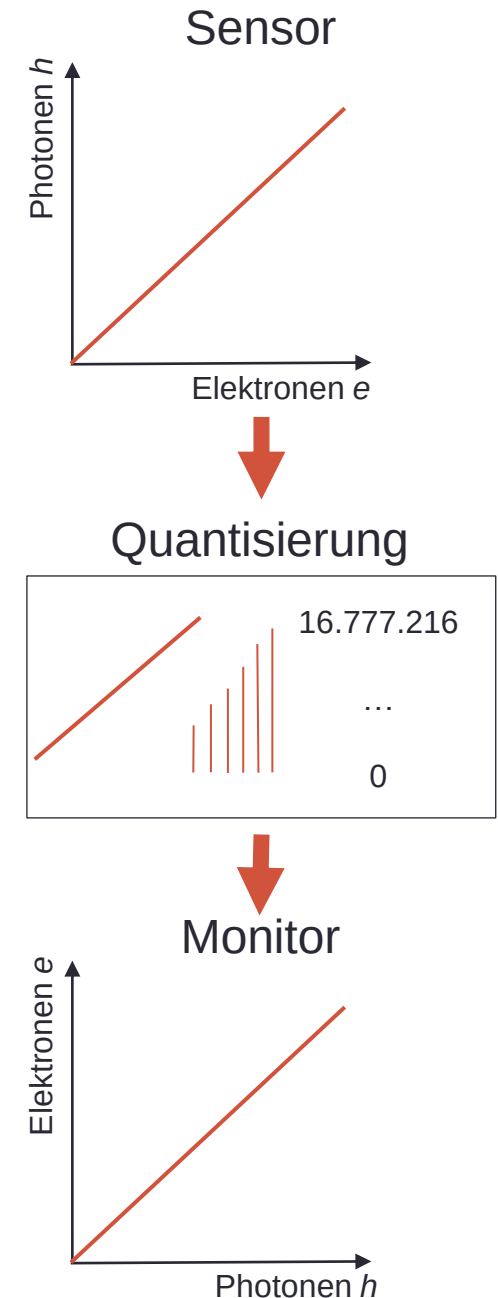
- Bilddatei z.B. über Photoshop-Plugin **Camera Raw** öffnen
- **Kamerakalibrierung** verwenden: Profile der Kamera und des Objektivs anwenden
- Korrigiert Fehler auf Basis der Korrekturprofile des Herstellers oder selbst angefertigter Profile automatisch
- Abschließend korrigiertes Bild speichern oder zur weiteren Bearbeitung im Editor öffnen



Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast – der Prozess

- Im Bildsensor werden Photonen aus unterschiedlich hellen Motivbereichen proportional in Elektronenzahlen umgewandelt
- Die Elektronenzahl je Pixel wird quantisiert und damit digital zu bearbeiten und zu speichern
- Digitale Bilddaten werden schließlich im Monitor in analoge Informationen zurückverwandelt und als sichtbare Photonen abgegeben
- Der gesamte Verarbeitungsvorgang basiert im Idealfall auf linearen Kennlinien

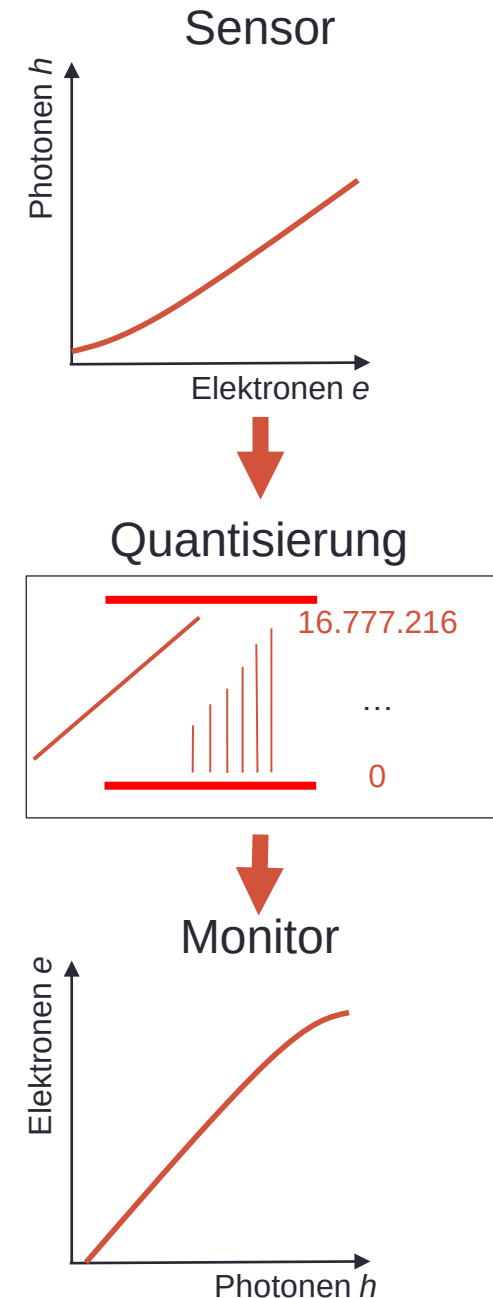


Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast – der Prozess

In der Realität ist das aber nicht so:

- Die Kennlinien (Übertragungsfunktionen) des Sensors und des Monitors sind **weder linear noch exakt komplementär**
- Aufnahmen sind oft **nicht korrekt belichtet**
- Der **Dynamikbereich** von Sensor, Analog-Digital-Wandler und Monitor ist **begrenzt**



Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast – Begrenzter Dynamikbereich

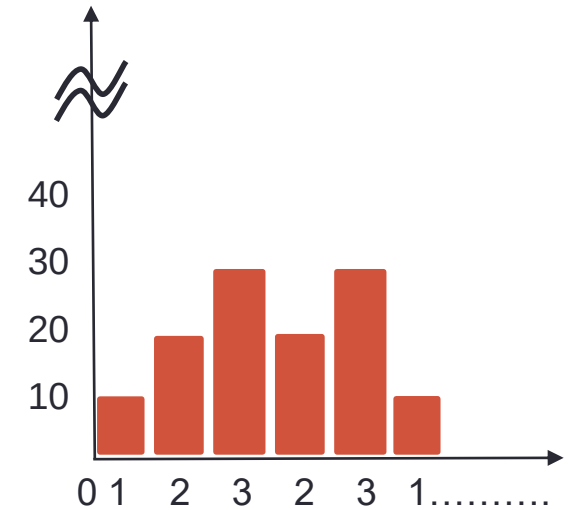
Im Sensor gilt:

- **Schwarz** = null Elektronen im Pixel plus/minus Rauschen
- **Weiß** = maximale Elektronenzahl oder **full well capacity** eines Pixels

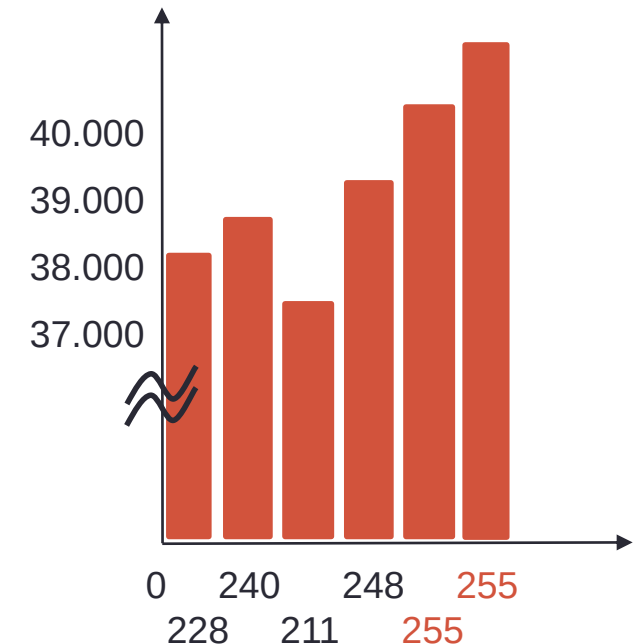
Bei der Quantisierung mit 8 Bit je Farbkanal ergibt sich:

- **Schwarz** = digital 0
- **Weiß** = digital **255r** + **255g** + **255b**

Elektronen e



Elektronen e



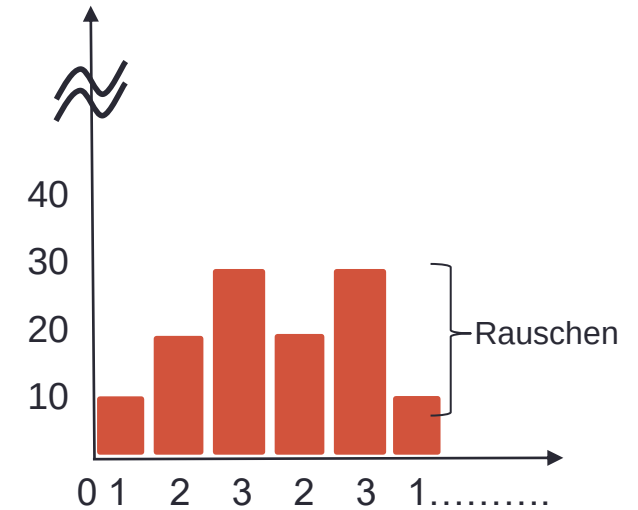
Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast – Begrenzter Dynamikbereich

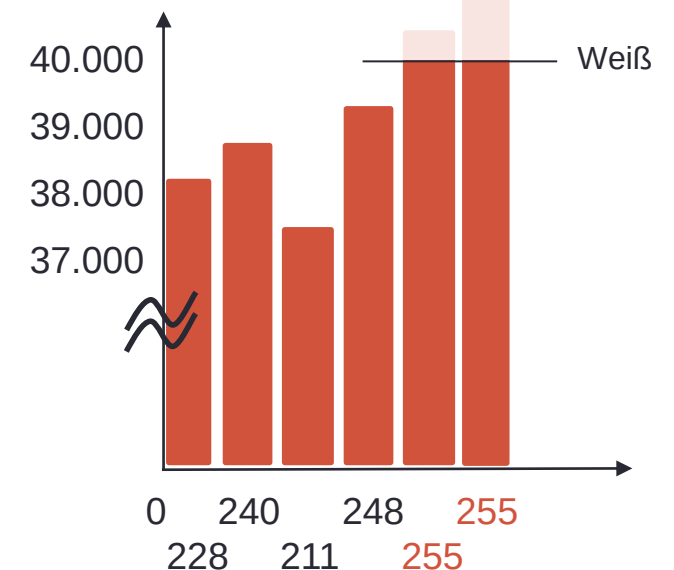
Konsequenzen:

- Im Bereich der Tiefen führen schon wenige weitere Elektronen zu erkennbaren Helligkeitsunterschieden, Rauschen kann sichtbar werden
- Im Bereich der Lichter bildet die full well capacity eine erste Grenze, mehr Licht wird nicht ausgewertet, weitere Details sind nicht erfassbar
- Das entscheidende Limit ist das Digitalwort für weiß, das nicht mit der full well capacity identisch sein muss

Elektronen e



Elektronen e



Bildbearbeitung

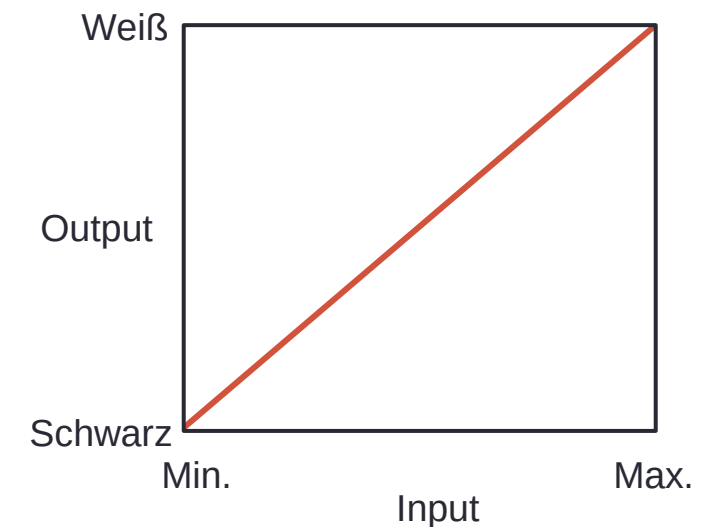
Belichtung, Helligkeit, Kontrast – Korrekturmöglichkeiten

- Der Bildprozessor der Kamera festgelegte Quantisierung der Sensordaten, die nachträglich nicht mehr veränderbar ist
- Korrekturen können nur noch auf der digitalen Ebene und bei der Wandlung am Monitor vorgenommen werden
- Der Monitor wird aber gar nicht oder nur selten korrekt eingestellt
- Die Bildbearbeitung beschränkt sich damit auf die digitale Ebene: Veränderung der **Gradations-** oder **Tonwertkurve**

Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast – Korrekturmöglichkeiten

- Die **Gradations-** oder **Tonwertkurve** stellt den Zusammenhang zwischen **Input** und **Output** einer Signalverarbeitung als Funktion dar, in Sensor und Monitor die Gamma-Kurve
- Bei Graustufen: Eingabehelligkeit gegenüber Ausgabehelligkeit
- Bei Farbaufnahmen: Dasselbe für jeden Farbkanal R,G oder B einzeln

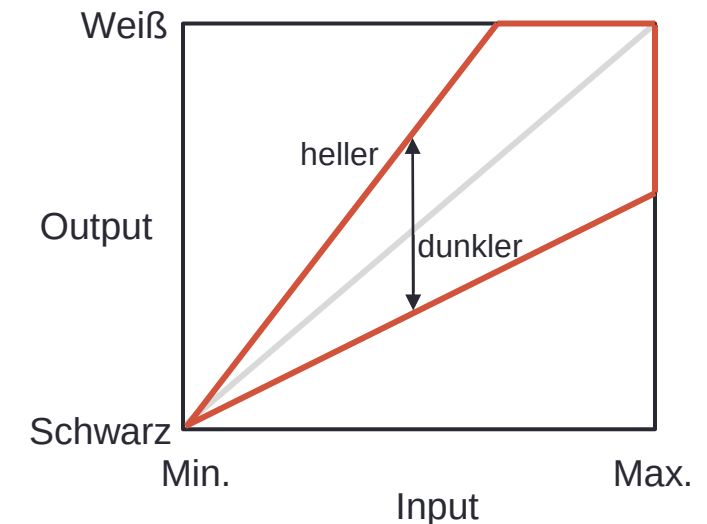
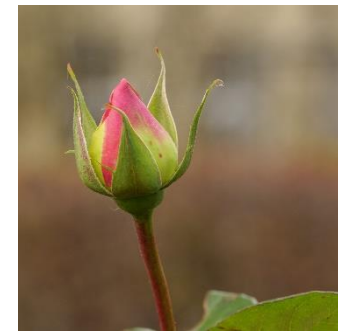
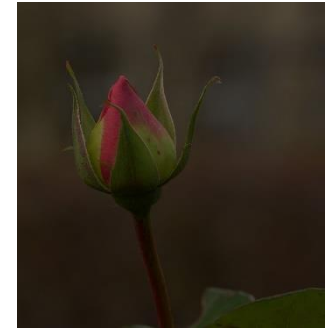


Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast – Korrekturmöglichkeiten

Die Korrektur kann die scheinbare **Belichtung** ändern:

- Jeder Pixelwert wird **multiplikativ** um einen **festen Faktor** verändert
- Die Steigung der Kurve verändert sich, der Nulldurchgang bleibt gleich
- Das obere Ende der Kurve erreicht zu früh oder gar nicht die maximale Helligkeit, das Resultat kann zu dunkel oder zu hell werden

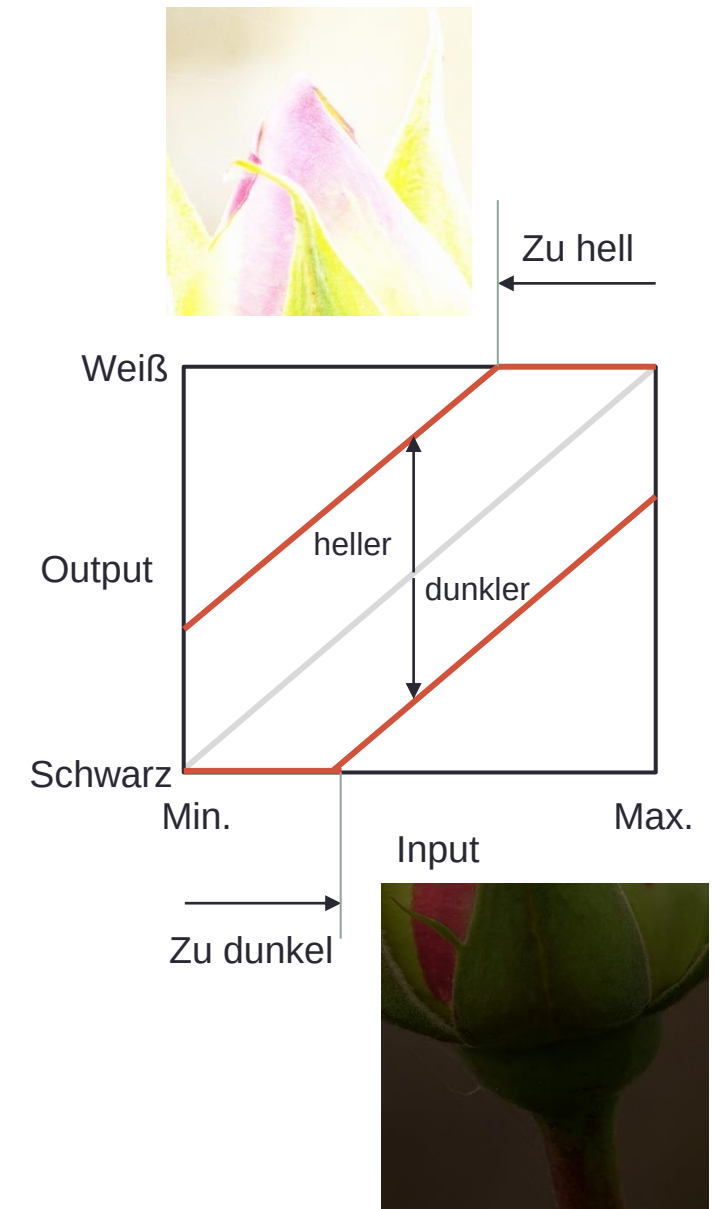


Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast – Korrekturmöglichkeiten

Die Korrektur kann die **Helligkeit** ändern:

- Jeder Pixelwert wird **additiv** um einen **festen Betrag** verändert
- Dabei verändern sich auch **Schwarz-** und **Weißpunkt**, weil sie durch die Quantisierung festgelegt sind
- Helle Bereiche überstrahlen
- Dunkle Bereiche „saufen ab“

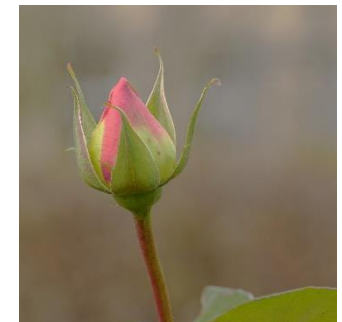
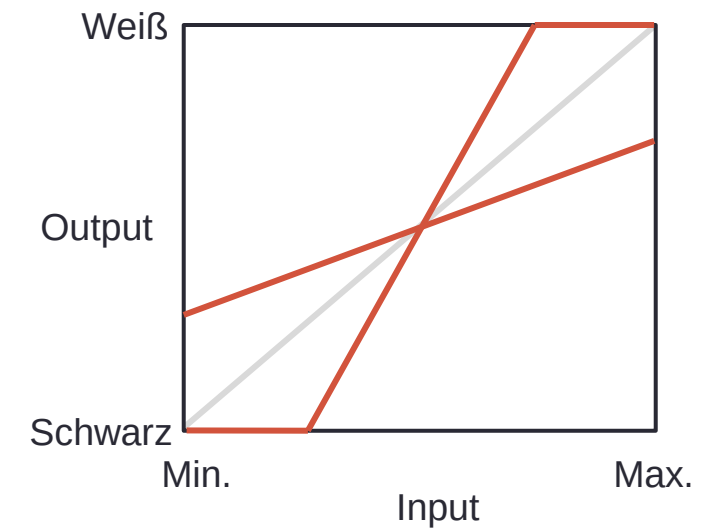
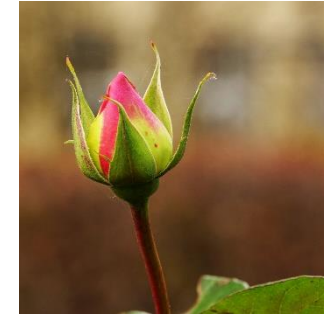


Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast – Korrekturmöglichkeiten

Die Korrektur kann den **Kontrast** ändern:

- Kontrast ist in diesem Zusammenhang die Differenz zwischen dem hellsten und dunkelsten Pixel des vorliegenden Bildes
- Die Steigung der Kurve wird um den Mittelpunkt verändert
- Auch dabei kann es zu Über- und Untersteuerung kommen

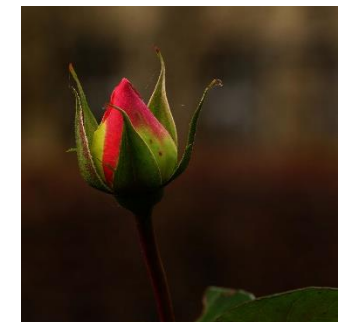
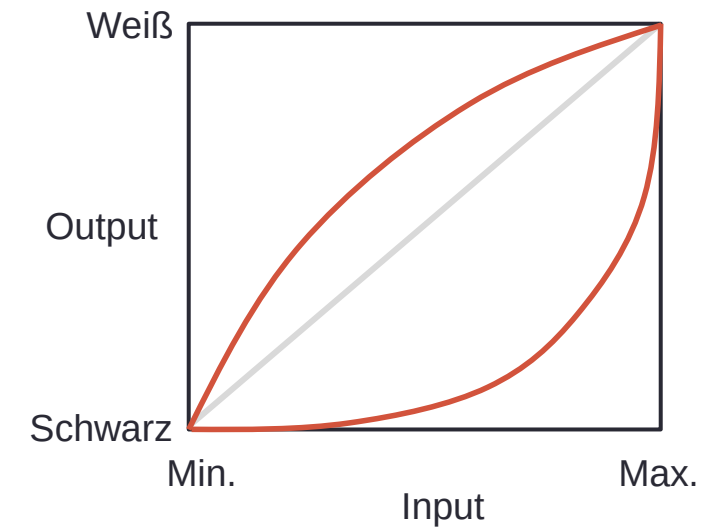
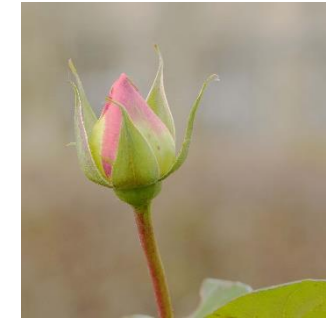


Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast – Korrekturmöglichkeiten

Die Korrektur kann das **Gamma γ** ändern:

- Eine lineare Funktion bedeutet **$\gamma = 1$**
- Ein von 1 verschiedenes **γ** ist interpretierbar als Exponent einer nichtlinearen Übertragungsfunktion
- Abweichende Werte für **γ** führen zu nichtlinearen Funktionen
- Damit können dunkle und helle Bereiche individuell unabhängig beeinflusst werden



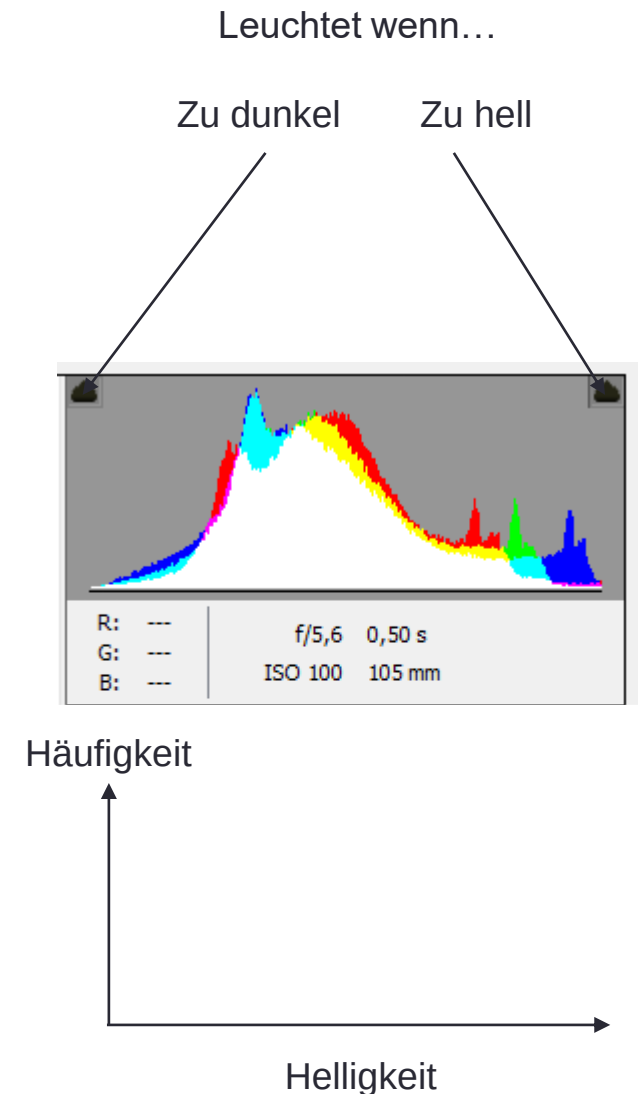
Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast korrigieren

Bei der Bildbearbeitung gilt es, den digital verfügbaren Dynamikbereich oder **Tonwertumfang** optimal auszunutzen, ohne ihn zu den Tiefen (schwarz) oder zu den Lichtern (weiß) hin zu beschneiden

Dabei hilft die Histogrammdarstellung der Tonwerte :

- Welche Tonwerte treten wie häufig im Bild auf?
- Treten Über- oder Untersteuerungen auf?
- Aufgeteilt nach Farbkanal



Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast korrigieren

Innerhalb der Sensorgrenzen korrekt belichtete Bilder lassen deutlich verbessern, aber nicht alles ist möglich.

Herausforderung:

- Ausreichend Informationen in den Tiefen und in den Lichtern einstellen
- Natürlichen Eindruck erhalten

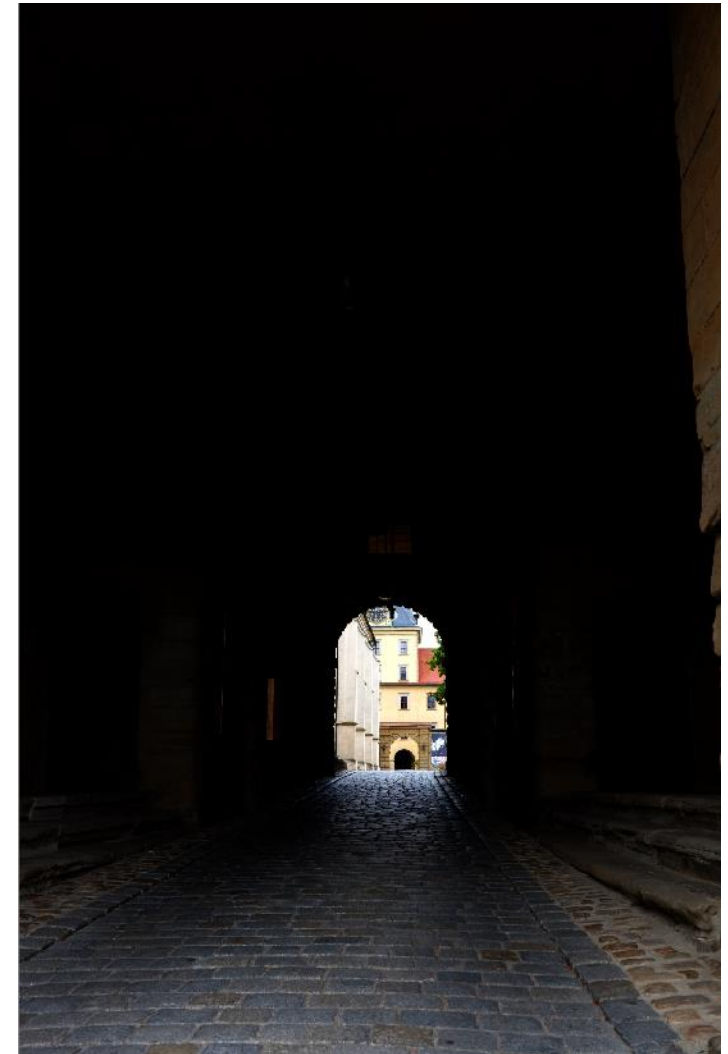


Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast korrigieren

Beispiel:

- Insgesamt abdunkeln ist korrekt für die Lichter,
- führt aber zu Detailverlust in den Tiefen...

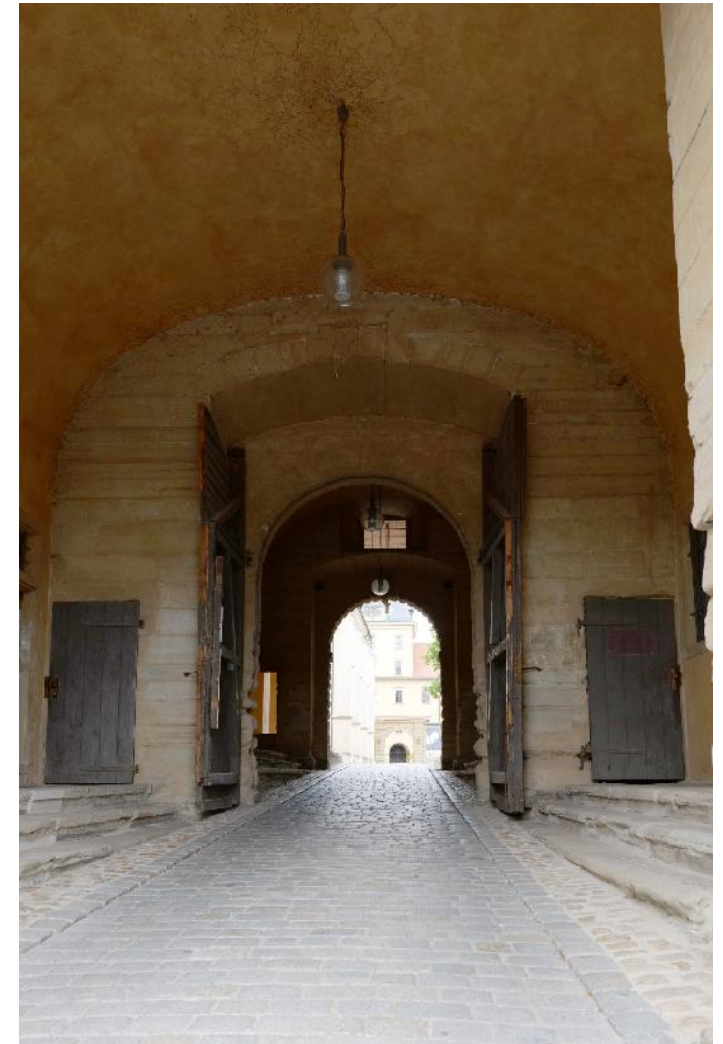


Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast korrigieren

Beispiel:

- ...insgesamt aufhellen ist korrekt für die Schatten,
- führt aber zum Überstrahlen und Zeichnungsverlust in den Lichtern



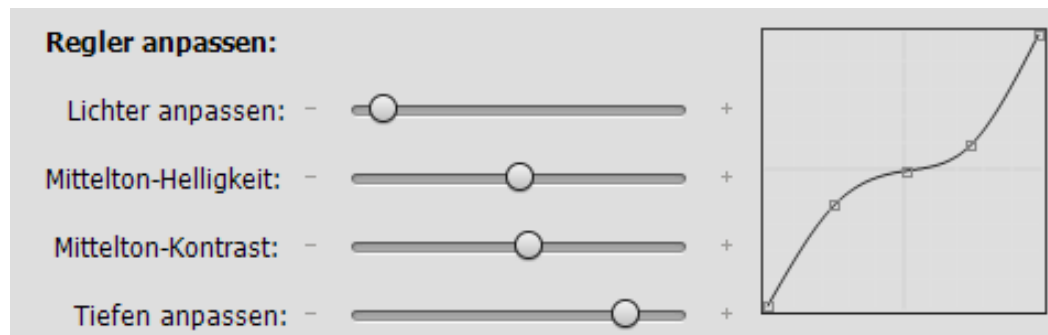
Bildbearbeitung

Belichtung, Helligkeit, Kontrast korrigieren

Die optimale Einstellung finden:

- selektives Aufhellen der Tiefen
- selektives Abdunkeln der Lichter bei gleichem Kontrastumfang

Die Gradationskurve bekommt Schlenker



Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Zu den Basiseinstellungen der Farben gehören

- Weißabgleich (White Balance) korrigieren
 - Farbtemperatur
 - Farbton
- Farbsättigung anpassen

Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbtemperatur und Farbton – Was ist das?

- Licht von vielen natürlichen und künstlichen Lichtquellen entsteht als **Strahlung eines schwarzen Körpers**
- Die Objekte sind heiß und senden deshalb thermische Strahlung aus, auch in Form sichtbaren Lichts

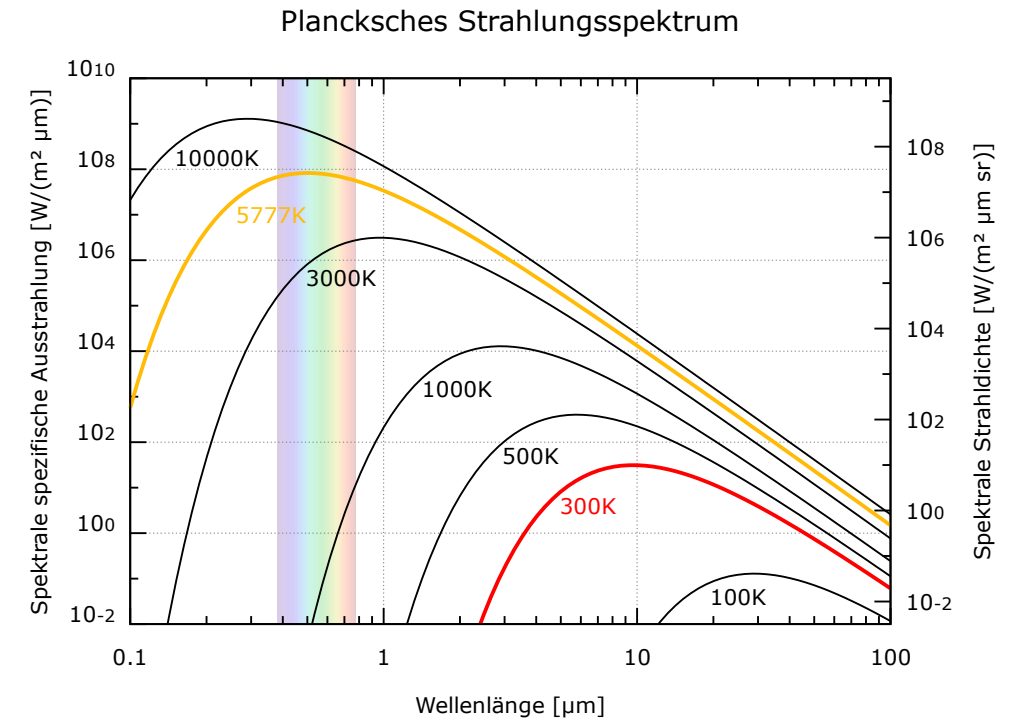


Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbtemperatur und Farbton – Was ist das?

- Die spektrale Zusammensetzung und das Intensitätsmaximum der Strahlung sind temperaturabhängig
- Mit Temperaturzunahme von z.B. 3000K auf 6000K verschiebt sich das Intensitätsmaximum von **rot** nach **blau**



Quelle: www.leifiphysik.de

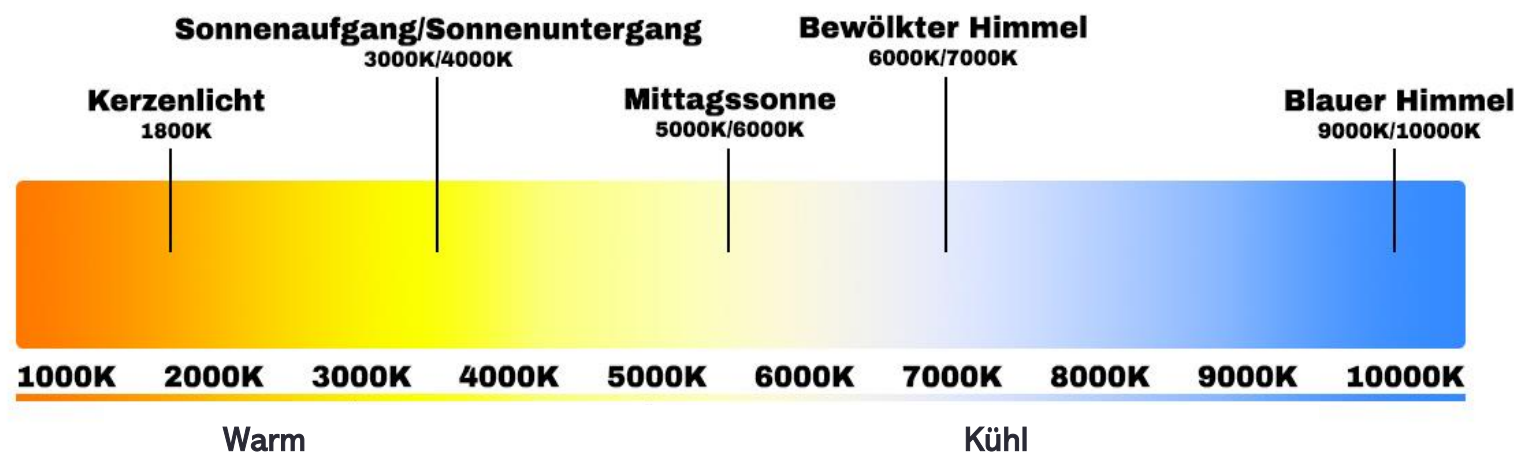
Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbtemperatur und Farbton – Was ist das?

- Mit steigender Temperatur wechselt daher auch der Farbeindruck von rotbetont über weiß zu blaubetont, die **Farbtemperatur** ändert sich
- Umgebungsbedingungen beeinflussen die Farbtemperatur ebenfalls

Achtung, Widerspruch: Heißere Körper strahlen ein als kühler empfundenes Licht ab



Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbtemperatur und Farbton – Was ist das?

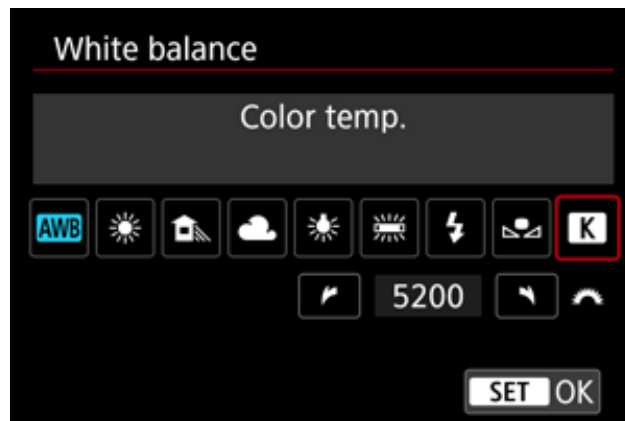
- Auge und visuelles Wahrnehmungszentrum im Gehirn besitzen die zusammen die Fähigkeit zur **chromatischen Adaption**:
- Es gibt einen automatischen **Weißabgleich**, der Veränderungen der wahrgenommenen Farbtemperatur innerhalb bestimmter Grenzen kompensieren kann
- Ein weißes Blatt Papier erscheint damit unter Kunstlicht, in der Mittagssonne oder bei bedecktem Himmel stets weiß

Bildbearbeitung

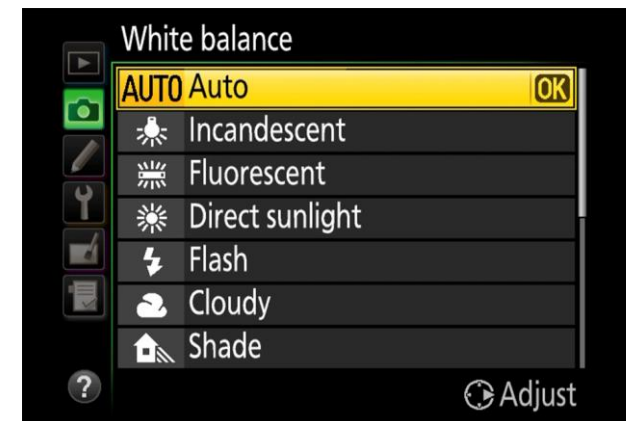
Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbtemperatur und Farbton – Was ist das?

- Digitale Kameras müssen diesen Weißabgleich ebenfalls durchführen
- Bei Farbtemperaturen von 3000-7000K geschieht dies meist automatisch
- Zusätzlich gibt es Voreinstellungen für typische Lichtsituationen



Quelle: canon.com



Quelle: photographylife.com

Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbtemperatur und Farbton – Was ist das?

- Ein fehlerhafter Weißabgleich führt zu falscher Farbtemperatur oder sogar einem deutlichen Farbstich:
- Aus der Erfahrung bekannte Farbtöne, insbesondere der Hautton, werden erkennbar und störend falsch reproduziert



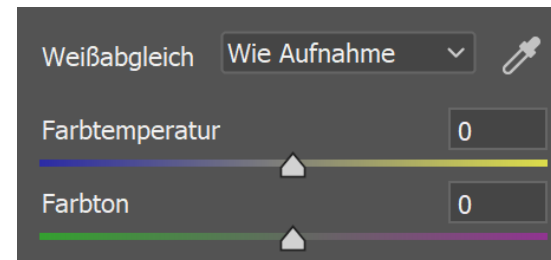
Quelle: photographylife.com

Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbtemperatur und Farbton – Was ist das?

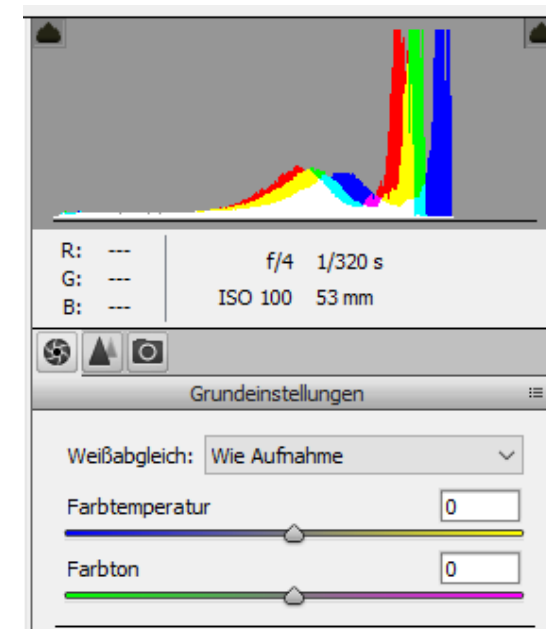
- Zur nachträglichen Korrektur bietet die Bildbearbeitungssoftware meist zwei Funktionen:
 - Einen automatischen Weißabgleich
 - Zwei Regler für manuellen Weißabgleich, je einen für die **Farbtemperatur** zwischen gelb und blau und den **Farbton** zwischen grün und rot bzw. magenta
- Das Ziel des Weißabgleichs ist eine natürliche Wiedergabe bekannter Farben und eine farbstichfreie Darstellung unbunter Motivteile



Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

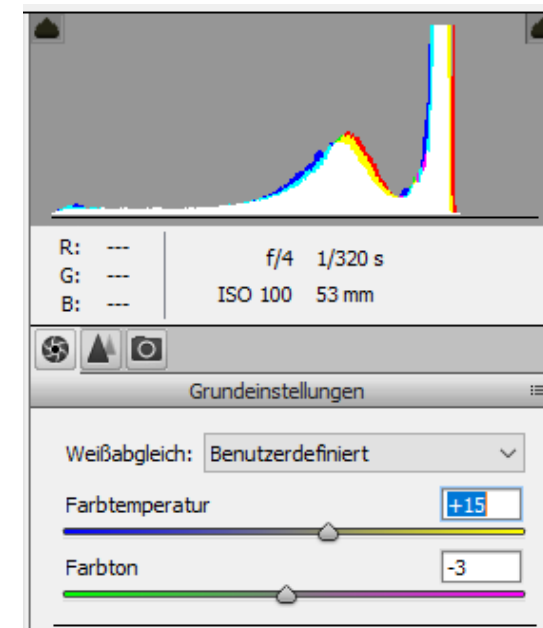
Weißabgleich einstellen, Farbtemperatur und Farbton



Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Weißabgleich einstellen, Farbtemperatur und Farbton



Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbsättigung verändern

- Farbige Motivteile führen zu Helligkeitsunterschieden in den drei Farbauszügen **R**, **G** und **B**, eine rote Mohnblüte ist im Rotkanal hell und in G und B wenig bis gar nicht sichtbar



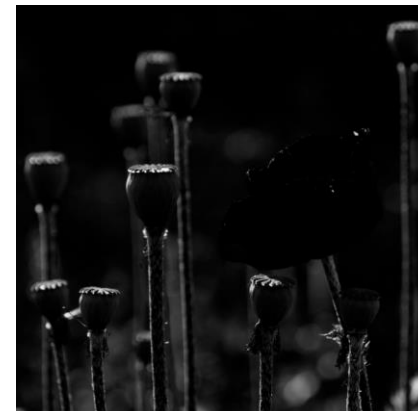
RGB



R



G



B

Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbsättigung verändern

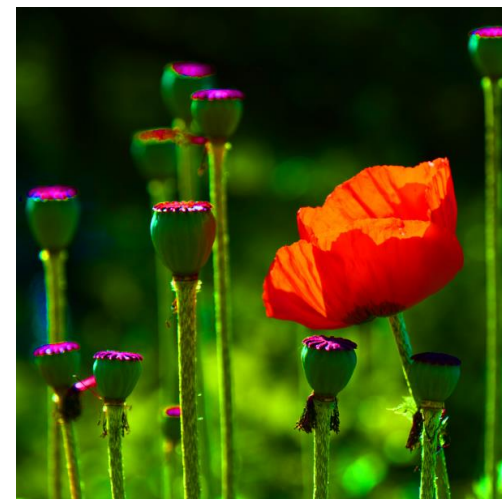
- Die **Farbsättigung** steuert diese Differenzen der Farbkanäle:
- Sind alle Farbauszüge gleich, gibt es keine Differenzen und das Bild enthält keine Farbinformation und ist schwarzweiß
- Eine Anhebung der Sättigung erhöht die Differenzen und lässt die Farben stärker wirksam werden, stärker leuchten
- Sind alle drei Kanäle maximal unterschiedlich, ergeben sich sehr prominente Farben, die ggf. unnatürlich wirken können

Bildbearbeitung

Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbsättigung verändern

- Ziel der Anpassung der Farbsättigung ist (meistens) ebenfalls ein natürlicher, dem Motiv entsprechender Farbeindruck



Bildbearbeitung

Geometrie

Geometriefehler korrigieren

Fotos sind nicht selten falsch ausgerichtet

- Rotation
- Perspektivische Verzerrungen

Ferner treten Objektivverzeichnungen auf

- Kissenförmig
- Tonnenförmig

Geometriefehler lassen sich in der Nachbearbeitung korrigieren

Bildbearbeitung

Geometriefehler korrigieren



OK

Zurück

Hilfe

☒ Vorschau

Verzerrung entfernen

0,00



Vignette

Stärke

0

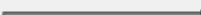


abdunkeln

aufhellen

Mittelpunkt

+50



Perspektive steuern

Vertikale Perspektive

0



Horizontale Perspektive

0



Winkel:



0,00 °

Kantenerweiterung

Skalieren

100 %



Bildbearbeitung

Geometriefehler korrigieren



OK

Zurück

Hilfe

☒ Vorschau

Verzerrung entfernen

Vignette

Stärke

abdunkeln aufhellen

Mittelpunkt

Perspektive steuern

Vertikale Perspektive

Horizontale Perspektive

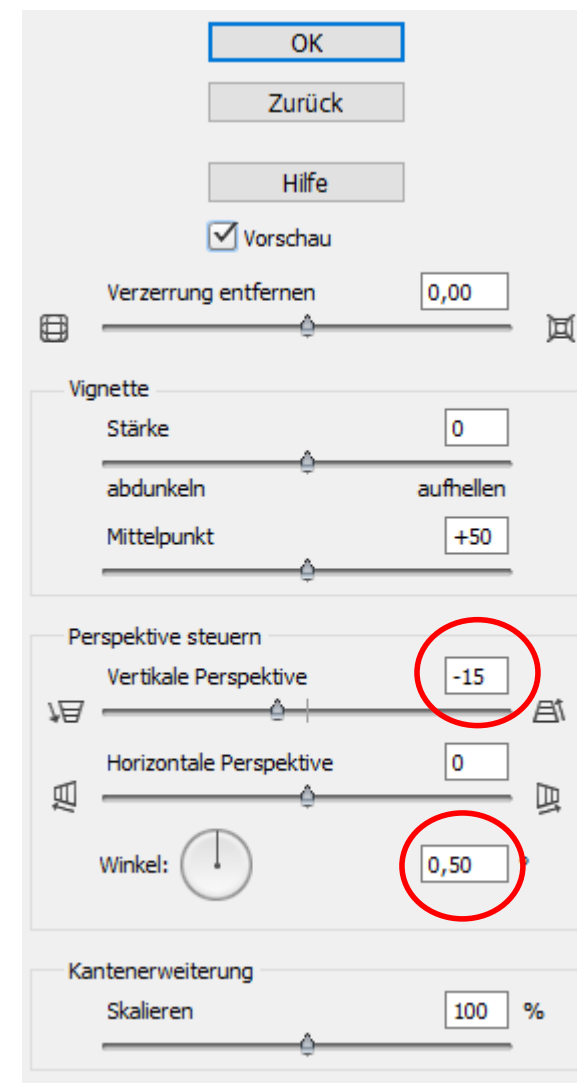
Winkel: °

Kantenerweiterung

Skalieren %

Bildbearbeitung

Geometriefehler korrigieren



Bildbearbeitung

Geometriefehler korrigieren

- Geometrische Fehler in **Perspektive**, **Verzeichnung** oder **Rotation** werden durch **Transformationen** vermindert oder behoben
- Transformationen sind Änderungen auf der Strukturebene der Pixel
- Die Pixelposition wird verschoben, einige Pixel verworfen und neue Pixel interpoliert
- **Vorteil:** Erwünschte Korrektur der Geometriefehler
- **Nachteile:** Verkleinern des Bildausschnitts, Reduzierung der Detailauflösung

Bildbearbeitung

Bildausschnitt wählen

Anpassung an z.B. goldenen Schnitt oder Drittelung



Bildbearbeitung

Bildausschnitt wählen

Ausschnittvergrößerung (crop) zur Darstellung von Details

Begrenzt durch tatsächliche Kameraauflösung, benötigt Reserve



Bildbearbeitung

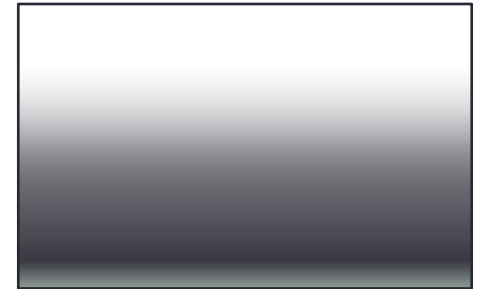
Bild schärfen

Die vom Betrachter wahrgenommene Bildschärfe ist eine Kombination aus den Faktoren **Auflösung** und **Kontrast**

Dabei gelten die schon erläuterten Definitionen:

- Auflösung ist die räumliche Ausdehnung eines Kontrasts
- Kontrast ist der Betrag eines Helligkeitsunterschiedes

Eine Abbildung erscheint umso schärfer, je kleiner die räumliche Ausdehnung und je größer der Betrag eines Helligkeitsunterschiedes ist



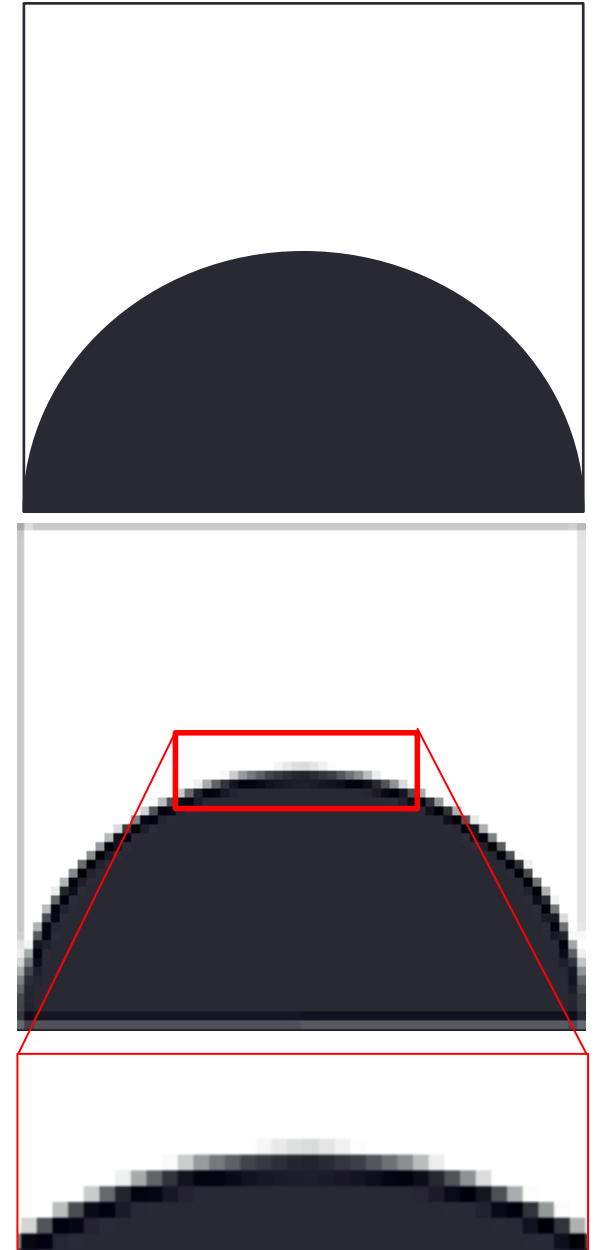
Bildbearbeitung

Bild schärfen

Auflösung und wahrgenommene Bildschärfe sind in der Fotografie prinzipiell beschränkt

Limitierende Faktoren sind:

- Physik: Beugung und Lichtwellenlänge
- Güte des Objektivs
- **In der Analogfotografie:** Die Größe der Silberjodidpartikel (Korn) in der Emulsion
- **In der Digitalfotografie:** Pixelgröße und
- Interpolation im Beyer-Sensor



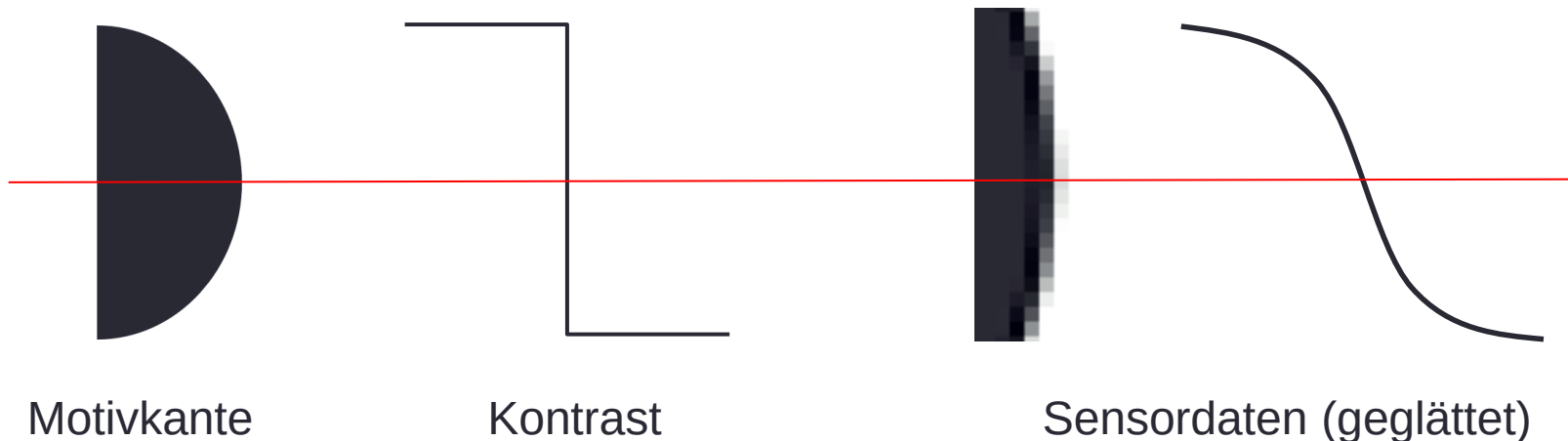
Bildbearbeitung

Bild schärfen

Konsequenz:

- Kontraste mit kleiner räumlicher Ausdehnung (hohe Ortsfrequenzen) werden nicht vollständig abgebildet und fehlen deshalb im Sensorbild
- Steile Kontrastverläufe des Originals verflachen im Sensorbild

Ortsfrequenz: Häufigkeit von Kontrasten
bezogen auf einen gegebenen räumlichen
Abstand



Bildbearbeitung

Bild schärfen

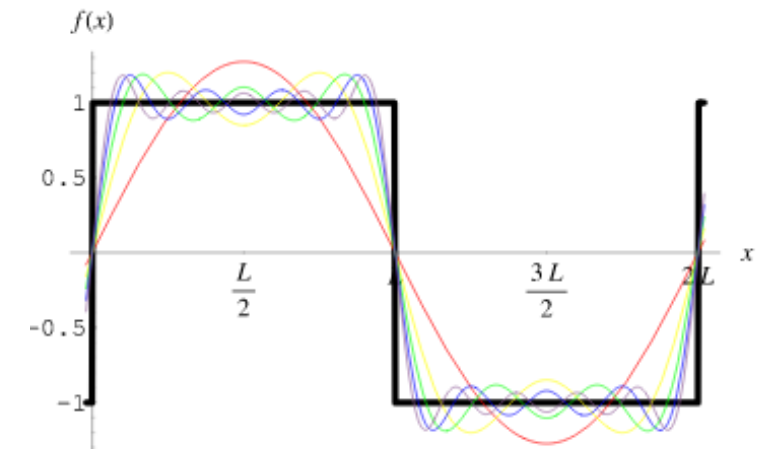
Nicht abgebildete hohe Frequenzen und flache Kontrastverläufe können jedoch **nachträglich scheinbar rekonstruiert** werden

Mathematischer Hintergrund:

- Fouriers Erkenntnis, dass sich jede periodische Funktion als Summe von Sinus- und Kosinus-Funktionen mit steigender Frequenz und sinkender Amplitude beschreiben lässt
- Gilt ähnlich auch für diskrete Messwerte wie etwa die in den Pixeln ermittelte Helligkeit



Quelle: news.cnrs.fr

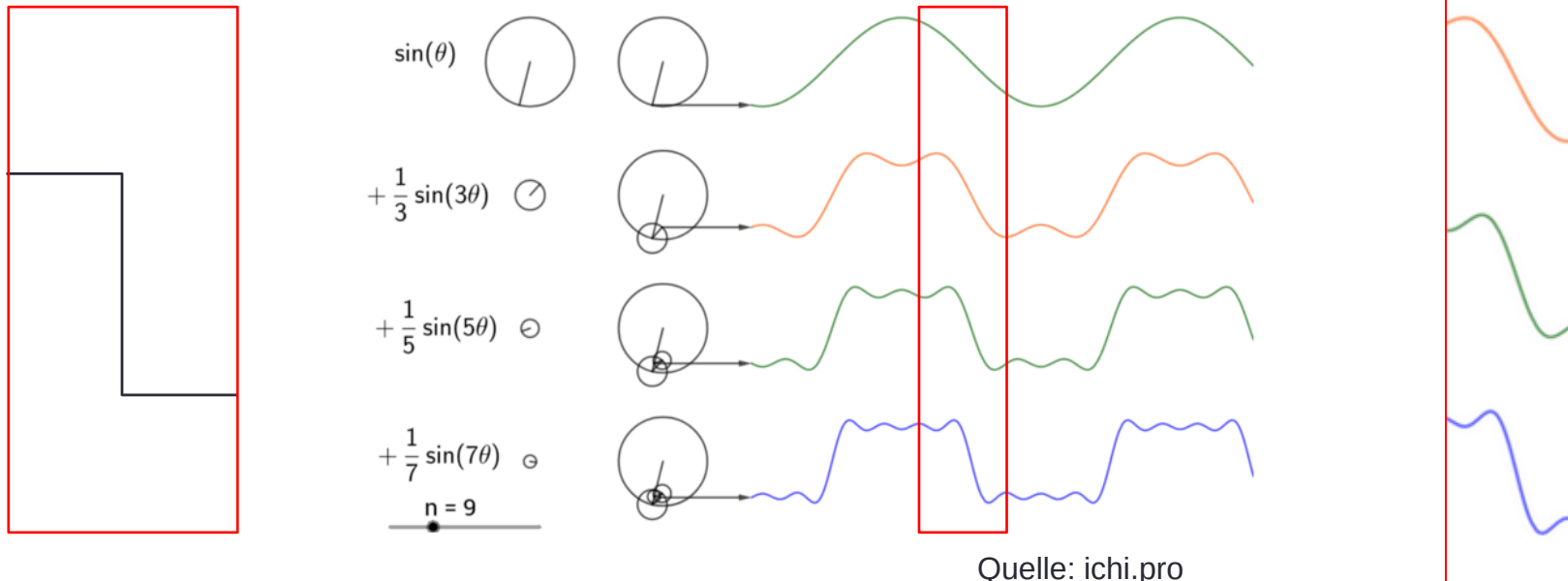


Quelle: mathworld.wolfram.com

Bildbearbeitung

Bild schärfen

Je höher verarbeitete Frequenzen und deren Anteile sind umso vollständiger und schärfer ist ein Bild



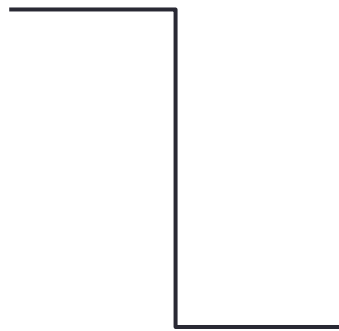
Bildbearbeitung

Bild schärfen

Zum Schärfen wird der Anteil der noch vorhandenen hohen Frequenzen angehoben, der höhere Kantenkontrast suggeriert mehr Bildschärfe



Motivkante



Kontrast



Sensorbild



Schärfung

Bildbearbeitung

Bild schärfen

Mögliche Vorgehensweise in der Software: **Unscharf maskieren**

Vom Bild wird eine unscharfe Kopie erzeugt und diese vom Originalbild subtrahiert: Die **Unschärfemaske** entsteht, sie **enthält hohe Frequenzen**

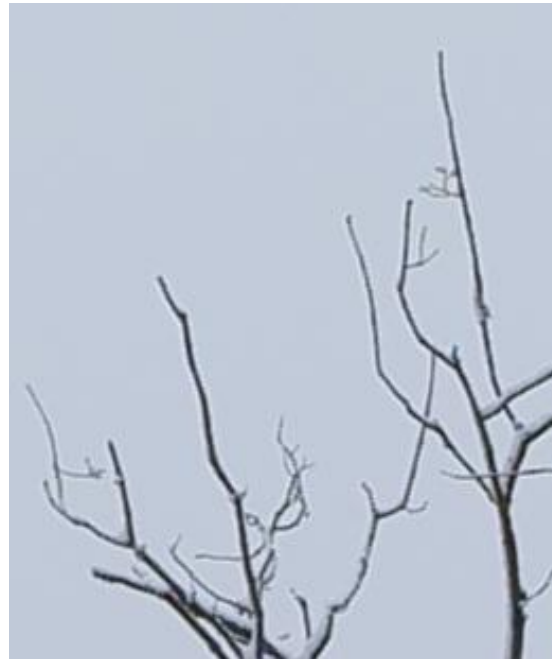
Zum Original addiert steigt der Anteil hoher Frequenzen: **Mehr Schärfe**



Bildbearbeitung

Bild schärfen

Negative Konsequenz 1: Störend sichtbare Schärfungsartefakte, Halos



Bildbearbeitung

Bild schärfen

Negative Konsequenz 2: Schärfung steigert das sichtbare Rauschen



Bildbearbeitung

Bild schärfen – Caveat

- Die beschriebenen Anpassungen und Korrekturen sind subjektiv und führen bei verschiedenen Bearbeitern zu unterschiedlichen Ergebnissen
- Bei einigen Korrekturen, insbesondere Farbsättigung und Schärfung, entsteht sehr schnell ein unnatürlicher Bildeindruck – oder sogar Artefakte
- Die Anwendung der Korrekturwerkzeuge sollte deshalb mit Augenmaß und so vorgenommen werden, dass ein insgesamt natürlicher Bildeindruck ohne sichtbare Artefakte entsteht
- Beste Ergebnisse sind damit Geschmacks-, Übungs- und Erfahrungssache

Bildbearbeitung

Fragen zum Selbststudium

- Welche Bearbeitungsreihenfolge (Workflow) setzen viele Fotografen bei der Bildbearbeitung ein und warum?
- Erklären Sie die folgenden Begriffe: Tonwert- oder Gradationskurve, Tiefen, Lichter, Farbtemperatur und Farbsättigung?
- Welche Abbildungsfehler lassen sich durch Transformation korrigieren? Ist auch die nachträgliche Korrektur von chromatischen Aberrationen eine Transformation? Begründung?
- Warum kann durch nachträgliches Erhöhen der Kantenkontraste ein schärferer Bildeindruck erreicht werden? Was sind Nachteile dieser Vorgehensweise?

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

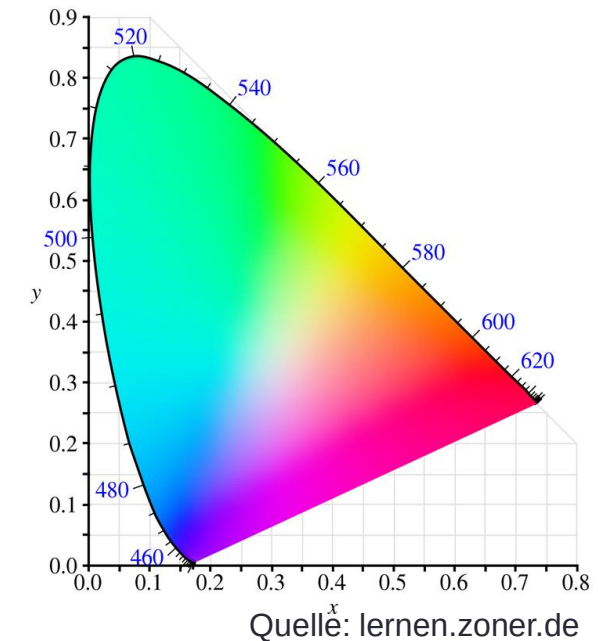
Farbmanagement

- Grundlagen
- Farbräume: sRGB, AdobeRGB, CMYK...
- Kalibrieren
- Ausgabe auf verschiedenen Medien

Bildbearbeitung

Farbmanagement

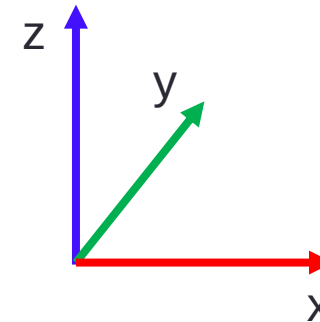
- Menschen nehmen verschiedenen Wellenlängen sichtbaren Lichtes als Farben wahr
- Weil das Auge Sinnesorgane für die drei Primärfarben Rot, Grün und Blau besitzt, ist **das wahrnehmbare Spektrum** als Kombination dieser drei Farben darstellbar. Es **umfasst etwa 20 Millionen Farbtöne**
- Die **CIE - Commission internationale de l'éclairage** - hat 1931 ein an der „normalen“ Wahrnehmbarkeit von Farben ausgerichtetes Modell zur Beschreibung von Farben entwickelt und dieses 1964 optimiert
- Ergebnis ist die **CIE Farbtafel**



Bildbearbeitung

Farbmanagement

- Grundlage der CIE Farbtafel ist ein dreidimensionaler **Farbraum**
- Jede Farbe wird als eine Kombination aus drei Koordinaten x , y und z für die Primärfarben **Rot** (x), **Grün** (y) und **Blau** (z) beschrieben



Bildbearbeitung

Farbmanagement

- Für jede Farbe sind z.B. Werte für **x** und **y** direkt ablesbar
- Der Wert der Blau-Koordinate **z** lässt sich aus der Normierung

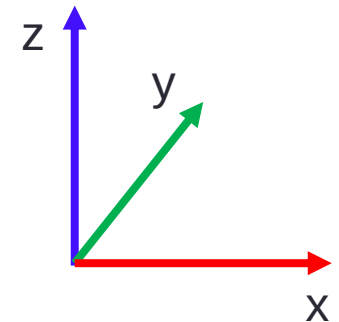
$$x+y+z=1$$

errechnen

- Ist der Anteil aller drei Primärfarben gleich, ergibt sich weißes Licht:

$$x=y=z=0,33$$

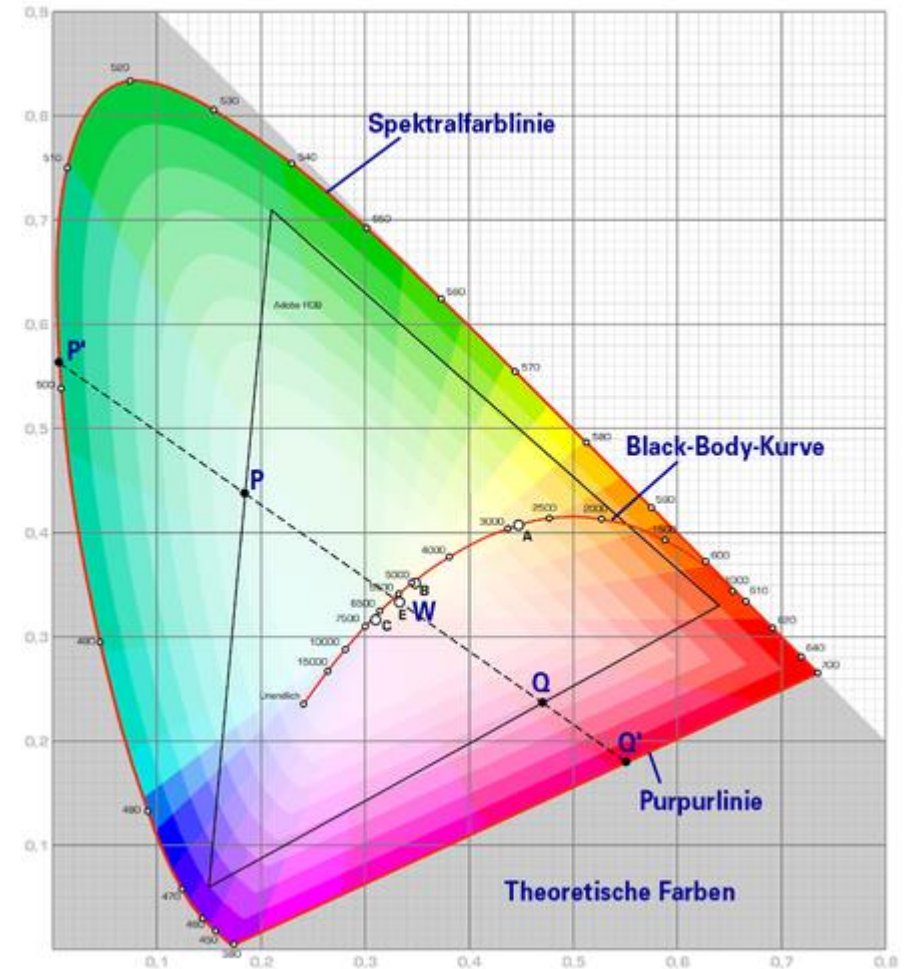
- Dargestellt werden die Farbtonkoordinaten in der **CIE Normfarbtafel**



Bildbearbeitung

Farbmanagement

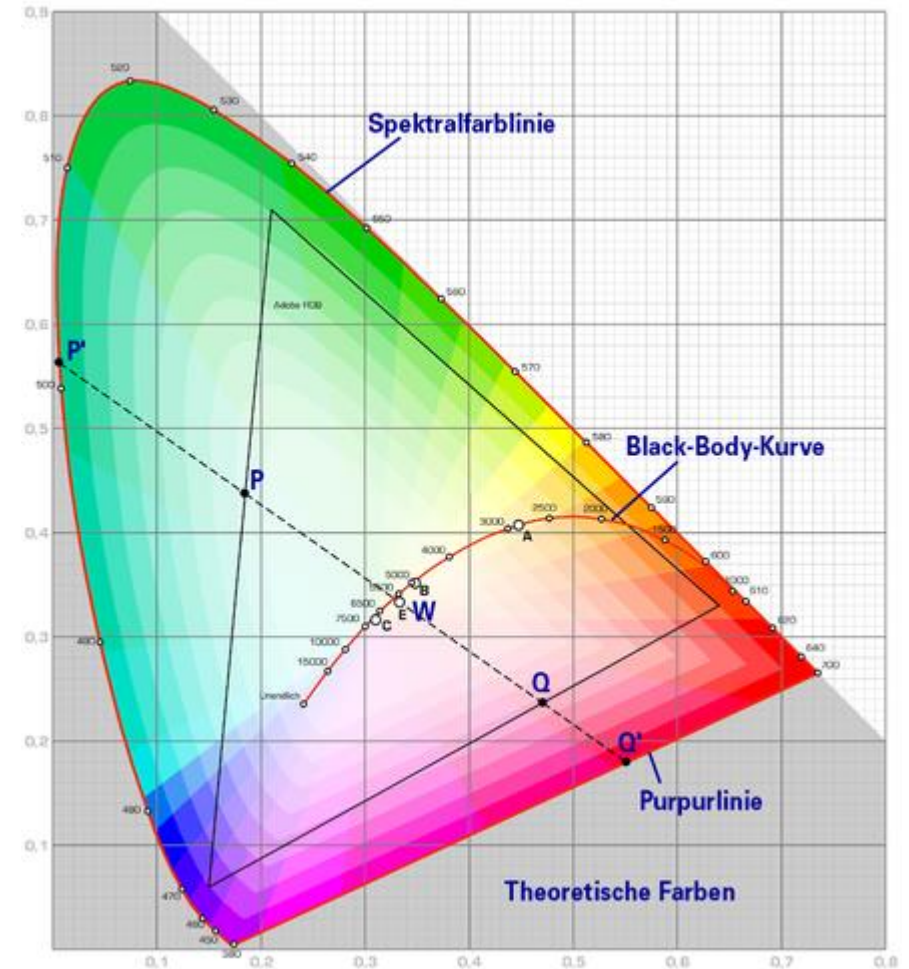
- Das CIE-Modell projiziert alle wahrnehmbaren Farben auf die Ebene aus **x(rot)** und **y(grün)**
- **z(blau)** wird weggelassen weil nach $z=1-x-y$ berechenbar
- Der Umriss der wahrnehmbaren Farbfläche ist durch die Farben der **Spektrallinien** und die theoretischen Farben der **Purpurlinie** beschrieben



Bildbearbeitung

Farbmanagement

- In der CIE-Normfarbtafel kann auch noch die **Black-Body-Kurve** eingetragen werden
- Die Zahlenwerte entsprechen der Temperatur (in Kelvin) eines **strahlenden schwarzen Körpers**
- Sie geben damit auch die **Farbtemperatur** an



Bildbearbeitung

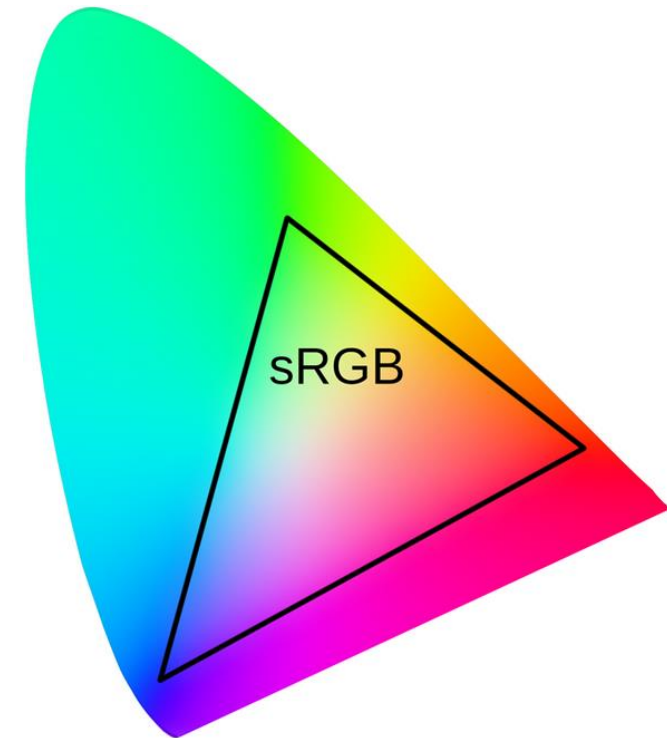
Farbmanagement

- Technische Systeme können meist nur einen Ausschnitt aus dem für Menschen wahrnehmbaren Farbraum verarbeiten
- Dieser Ausschnitt ist je nach verwendeter Technik verschieden
- 1996 wurde auf Basis der damals üblichen Kathodenstrahlröhren mit **sRGB** ein Standard-Farbraum für Computer festgelegt
- sRGB definiert drei Farbwerte und einen Weißpunkt:
 - Rot mit [0,64; 0,33]
 - Grün mit [0,30; 0,60]
 - Blau mit [0,15; 0,06]
 - D65-Weißpunkt mit [0,3127; 0,3290]

Bildbearbeitung

Farbmanagement

- Eingetragen in die CIE Normfarbtafel ergibt sich ein sRGB-Farbraum, der deutlich kleiner ist als der Raum aller wahrnehmbaren Farben
- Es können zwar die meisten Farbtöne wiedergegeben werden, aber hohe Sättigung ist besonders zwischen Blau und Grün nicht darstellbar
- **sRGB ist Standard für Kameras und Bilder im Web**



Quelle: lernen.zoner.de

Bildbearbeitung

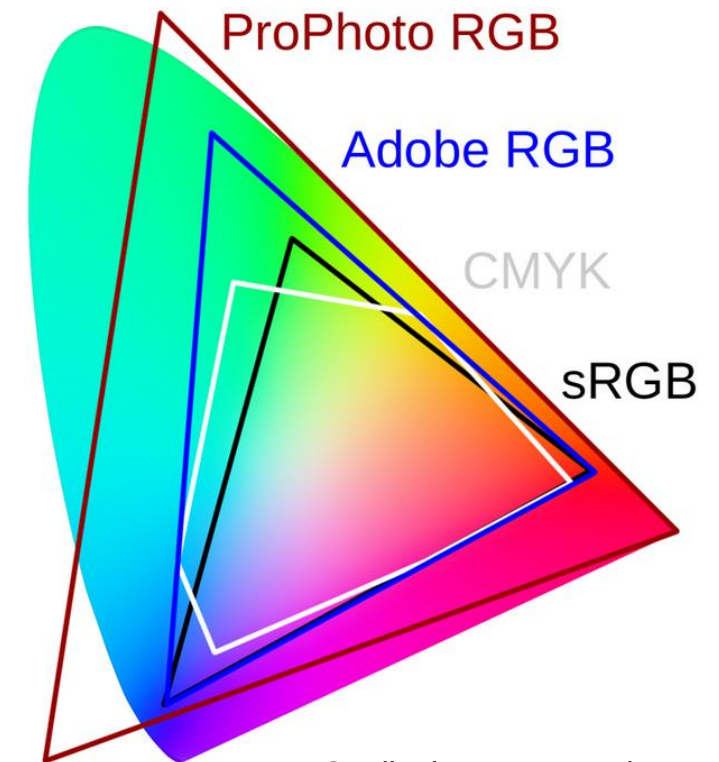
Farbmanagement

- Kameras hinterlegen bei JPEG-Ausgabe normalerweise sRGB als Farbraum
- sRGB ist auch in den meisten Bildbearbeitungsprogrammen voreingestellt
- Fotografen, die für ihre Arbeit einen größeren Farbraum benötigen, können RAW-Dateien aufnehmen und bearbeiten
- Der Farbraum wird dann erst beim Import zur Bearbeitung festgelegt
- Für JPEG wird alternativ oft **AdobeRGB** als Standard gewählt, um mehr Farben darstellen zu können

Bildbearbeitung

Farbmanagement

- sRGB besitzt unter den Farbräumen den kleinsten **Gamut**, also den kleinsten Umfang der darstellbaren Farben
- sRGB ist für alle Online-Medien der **kleinste gemeinsame Nenner**
- Fotos im sRGB-Farbraum sollten auf allen Bildschirmen gleiche Resultate liefern – theoretisch

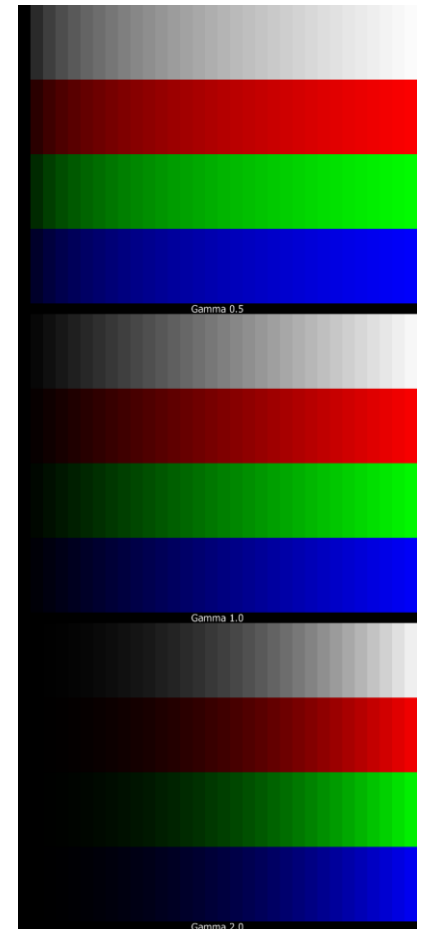


Quelle: lernen.zoner.de

Bildbearbeitung

Farbmanagement – Abweichungen vom Standard

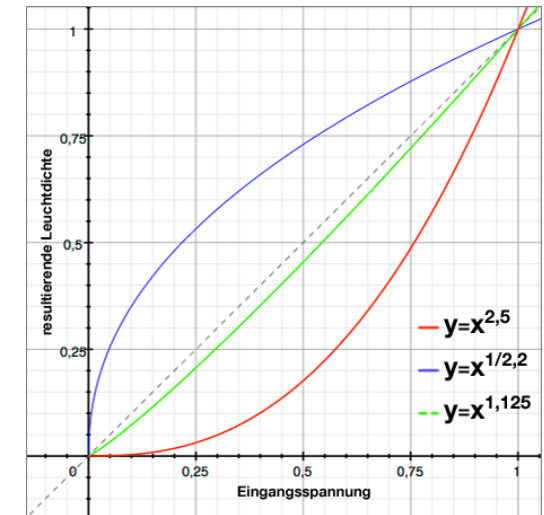
- Betriebssysteme, Grafikkarten und Bildschirme setzen die in je 256 Stufen angegebenen sRGB-Farbkoordinaten individuell verschieden in Helligkeit und Farbton um
- Zwei eigentlich sRGB-konforme Bildschirme liefern daher nicht zwingend das gleiche Ergebnis:
- Technologische Unterschiede und Exemplarstreuungen im γ sorgen dafür, dass ein sRGB-Bild beim Kunden praktisch nie so angezeigt wird, wie es der Fotograf auf seinem Equipment gesehen hat...
- Diese Abweichungen sind durch **Kalibrieren** zu minimieren



Bildbearbeitung

Farbmanagement – Kalibrieren

- Zwischen der Vorgabe für ein Pixel und der tatsächlichen Helligkeit besteht ein mathematischer Zusammenhang, die **Gamma-Kurve**
- Der Zusammenhang ist im Idealfall linear, die Gamma-Kurve ist eine Gerade
- Abweichungen von der linearen Kurve führen zu Fehlern in der Helligkeitsdarstellung – und das eventuell für jede der drei Grundfarben unterschiedlich

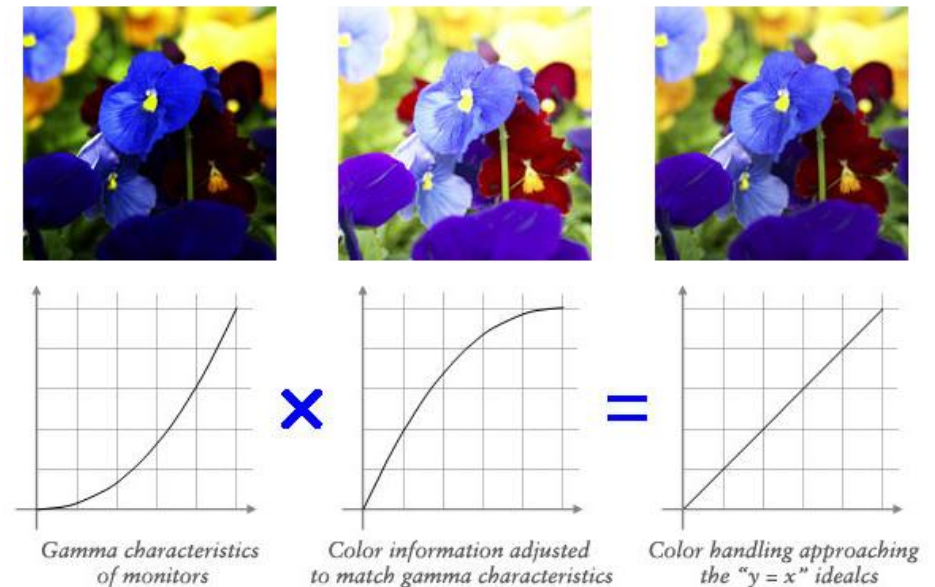


Quelle: www.prepress-secrets.at

Bildbearbeitung

Farbmanagement – Kalibrieren

- Mit einer **Bildschirmkalibrierung** kann die Abweichung vom Standard durch individuelle Gamma-Korrektur minimiert werden
- Dafür gibt es zwei Ansätze:
- **Softwarekalibrierung**
- **Hardwarekalibrierung**



Quelle: www.eizo.com

Bildbearbeitung

Farbmanagement – Kalibrieren

- Beide Ansätze nutzen ein **Kolorimeter** zur Farbmessung
- Die tatsächlich vom Monitor angezeigten Farben werden ermittelt und mit dem Standard verglichen
- Bei der Softwarekalibrierung wird aus den Differenzen ein **Korrekturprofil** als Datei gespeichert und kann vom Computer verwendet werden
- Unterstützt der Monitor eine Hardwarekalibrierung, kann die Korrektur auch im Monitor selbst vorgenommen werden
- Hardwarekalibrierung ist exakter und optimiert Betriebssystem und Programme gleichermaßen



Quelle: www.eizo.de/blog/farbmanagement/

Bildbearbeitung

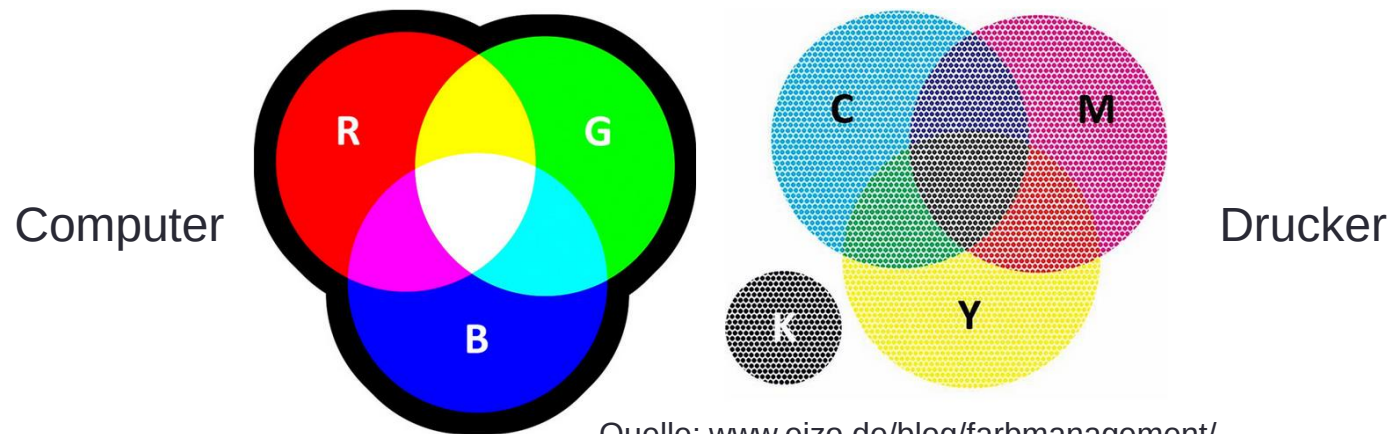
Farbmanagement – Kalibrieren

- Das Kalibrieren ist insbesondere in der Druckvorstufe wichtig
- Ein kalibrierter Monitor kann Farben und Details so anzeigen, wie sie im zugrunde gelegten Farbraum definiert sind
- Nur so ist das Equipment geeignet, schon vorab eine möglichst gute Einschätzung dafür zu liefern, wie ein Bild in der Ausgabe auf Papier aussehen wird

Bildbearbeitung

Farbmanagement – RGB und CMYK

- Computer und Printmedien verwenden verschiedene Farbmodelle:
- Am Computer das additive **RGB-Modell**
- In Printmedien das subtraktive **CMYK-Modell**

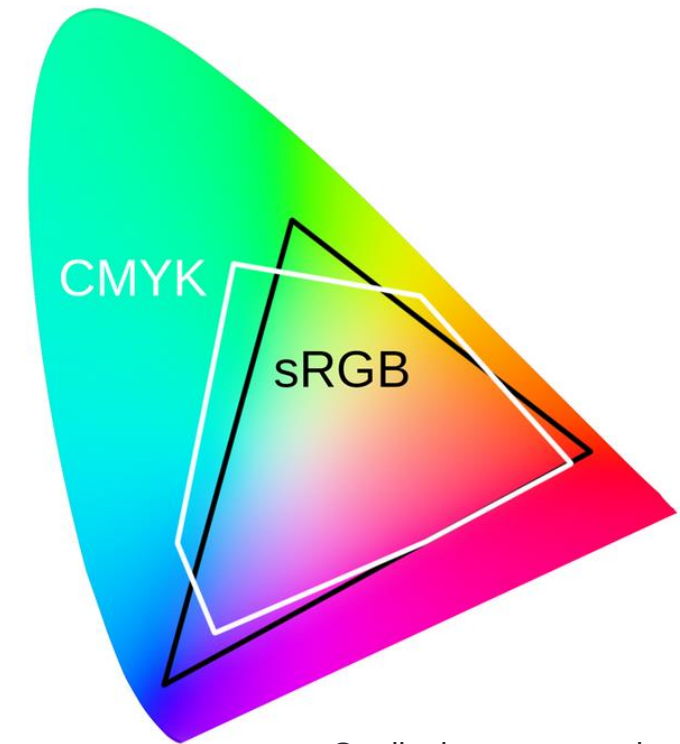


Quelle: www.eizo.de/blog/farbmanagement/

Bildbearbeitung

Farbmanagement – RGB und CMYK

- Drucker wandeln ein Bild, das im Computer in einem RGB-Farbraum vorliegt – meist sRGB – in eine Ausgabedatei im CMYK-Farbraum um
- CMYK ist grob deckungsgleich mit sRGB, kann aber in einzelnen Bereichen mehr oder weniger Farben darstellen



Quelle: lernen.zoner.de

Bildbearbeitung

Farbmanagement – RGB und CMYK

- Das Druckergebnis ist stark von verschiedenen Parametern abhängig, auf die Fotograf und Bildbearbeitung keinen Einfluss haben:
- Papierart (matt, glänzend)
- Papiersorte (Hersteller, Grammatur, Inhaltsstoffe...)
- Das Druckverfahren:
 - Tinte/Offset-Farbe
 - Laserdruck
- ...

Bildbearbeitung

Farbmanagement – RGB und CMYK

- Ein Teil dieser Abhängigkeiten kann durch **Konvertierungsprofile** abgefangen werden
- Für verschiedene Papiersorten, Drucksysteme und Druckverfahren gibt es individuelle Einstellungen zur Konvertierung von z.B. sRGB nach CMYK:
- ISO-Profile der **International Standardisation Organisation**
- ICC-Profile des **International Color Consortiums**
- SWOP-Profile gemäß **Specifications for Web Offset Publications**

Bildbearbeitung

Farbmanagement – RGB und CMYK

- Bevor eine Bilddatei in Druck gegeben wird, kann ein Konvertierungsprofil ausgewählt und damit z.B. in Photoshop ein „Soft Proof“ erzeugt werden
- Der Soft Proof simuliert die Auswirkungen eines Druckverfahrens und einer Papiersorte anhand des betreffenden Konvertierungsprofils und wendet diese Simulation auf eine Bildschirmanzeige an
- Ist der Bildschirm kalibriert, kann die Anzeige dem finalen professionellen Druckergebnis recht nahe kommen

Bildbearbeitung

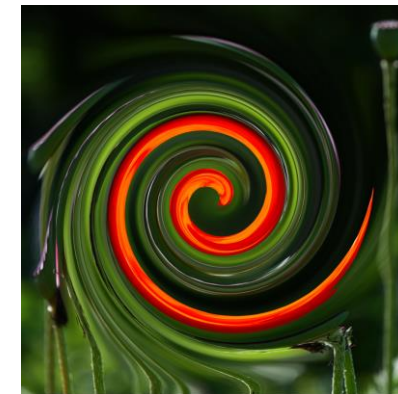
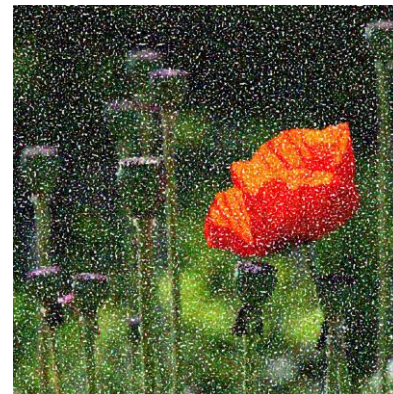
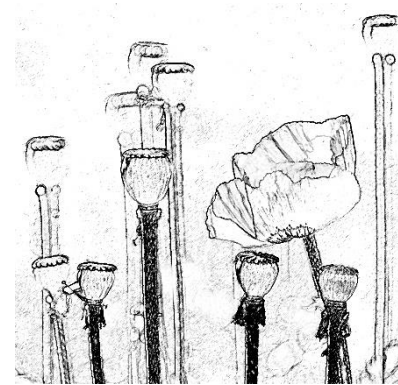
Effekte und künstliche Intelligenz

- Einfache Effekte ohne KI
- Aufwändige Effekte und Korrekturen
- **Denoising** und **Super-Resolution**
 - Ohne KI
 - KI-unterstützt

Bildbearbeitung

Filter für künstlerische Effekte

- Zeichen- und Stilisierungsfilter

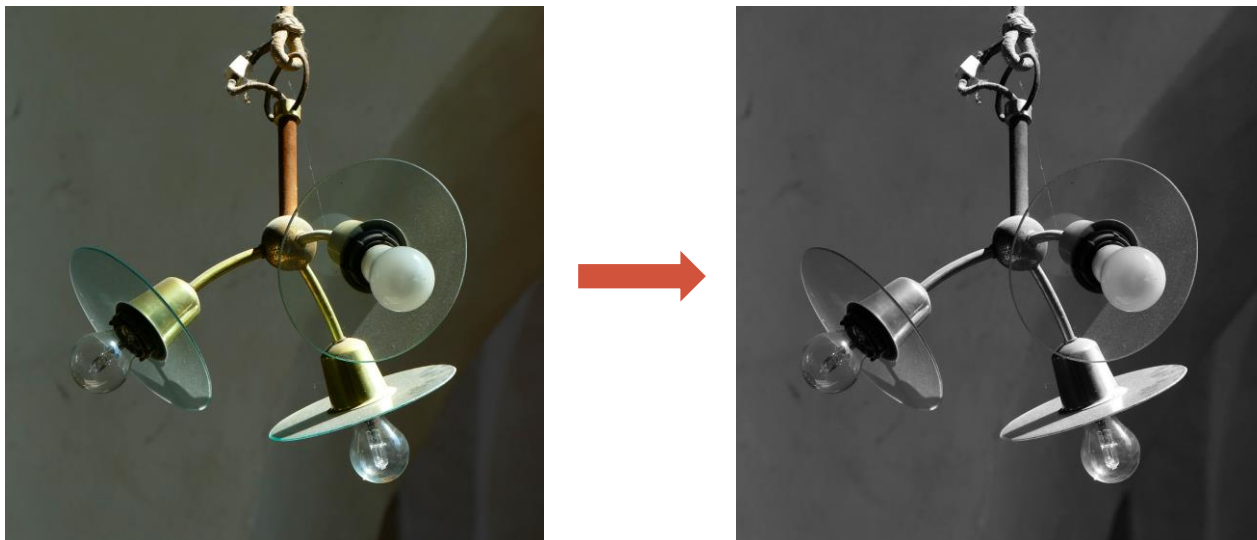


Bildbearbeitung

Filter für einfache Effekte

Farben künstlerisch verändern

- Farbsättigung insgesamt ändern, z.B. Bild in schwarzweiß konvertieren

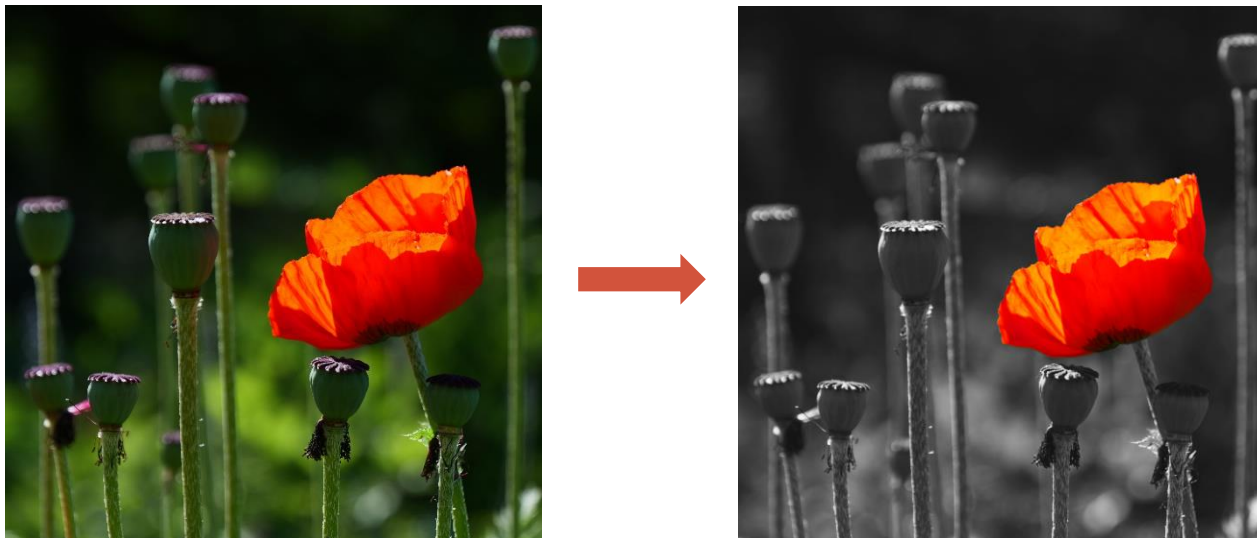


Bildbearbeitung

Filter für einfache Effekte

Farben künstlerisch verändern

- Farbsättigung für einzelne Motivteile erhalten oder entfernen

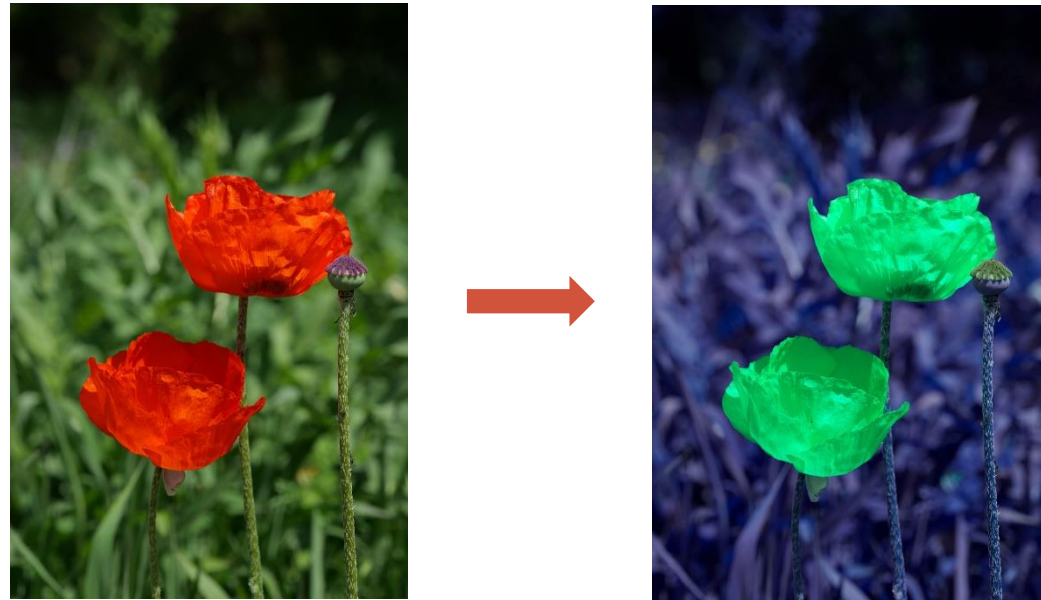


Bildbearbeitung

Filter für einfache Effekte

Farben künstlerisch verändern

- Farbton für alle Farbkanäle gemeinsam ändern, verfremden



Bildbearbeitung

Filter für einfache Effekte

Farben künstlerisch verändern

- Farbton für einzelnen Farbkanal individuell ändern, z.B. Rottöne

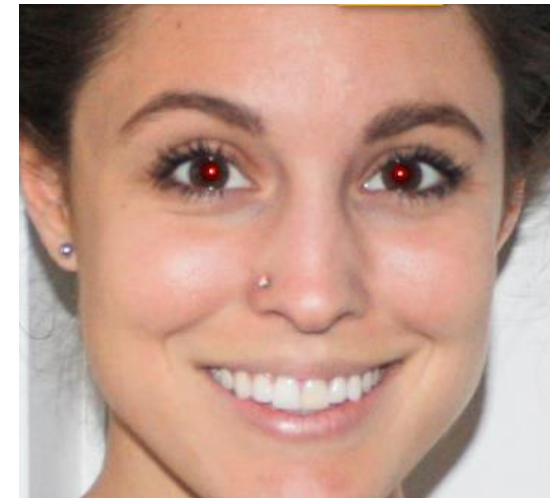


Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Rote Augen entfernen

- Bei Portraits von Menschen oder Tieren kann der „Rote-Augen-Effekt“ auftreten
- Helle Lichtquellen, z.B. ein in die Kamera integriertes Blitzlicht, beleuchten bei weit geöffneten Pupillen die Netzhaut
- Die Netzhaut wird als Farbfleck im Auge sichtbar, bei Menschen normalerweise rot



Quelle: helpx.adobe.com

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Rote Augen entfernen

- Bildbearbeitungssoftware liefert Tools für die Problembehebung mit:
- Der farbige Pupillenausschnitt muss entfernt und ersetzt werden
- Photoshop und viele andere Software erkennt rote Augen bereits mittels KI
- KI automatisiert und beschleunigt den Bearbeitungsprozess



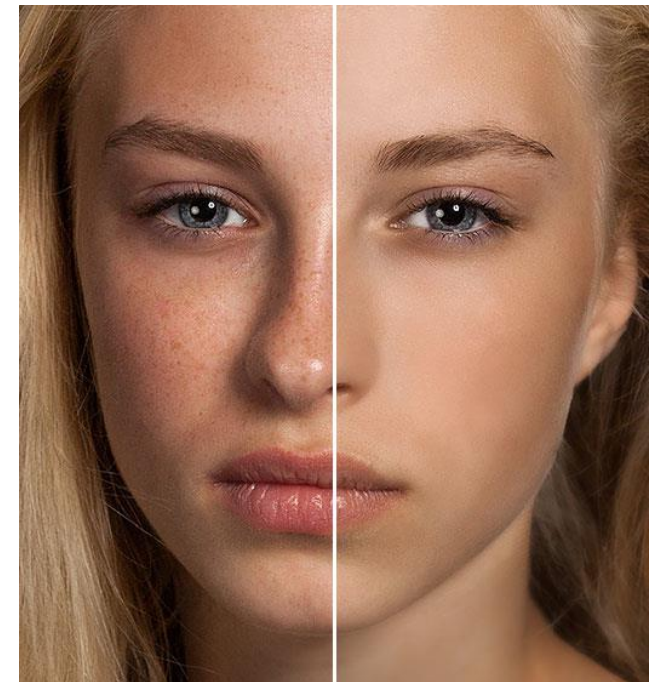
Quelle: helpx.adobe.com

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Portraits retuschieren

- Hochauflösende Kameras liefern hochauflösende Bilder – mit nicht immer erwünschten Details
- Zu detailreiche Portraits wurden bisher mühevoll manuell retuschiert
- Aktuelle Tools wie Luminar AI erkennen und beheben typische „Probleme“ fast automatisch



Quelle: print24.com

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Alte Portraits restaurieren

- Beschädigte Analogfotos können KI-gestützt schnell und mit sehr guten Ergebnissen restauriert werden



Quelle: the-decoder.de

Code-Quelle: <https://github.com/microsoft/Bringing-Old-Photos-Back-to-Life>

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising und Super-Resolution

- KI bietet auch einen neuen Ansatz für schon lange relevante Aufgaben in der computergestützten Bildverarbeitung:
- **Denoising**: Das Entfernen von Rauschen aus Bildern
 - Im weiteren Sinne auch das Entfernen sonstiger mit Rauschen vergleichbarer Bildelemente (Portrait-Retusche, Entfernen von Sommersprossen, Haut-unreinheiten usw.)
- **Super-Resolution**: Das Erhöhen der Auflösung und damit des Informationsgehaltes von Bildern
 - Im weiteren Sinne auch das „Rekonstruieren“ im Bild definitiv nicht vorhandener Details und Informationen (Gesichtserkennung)

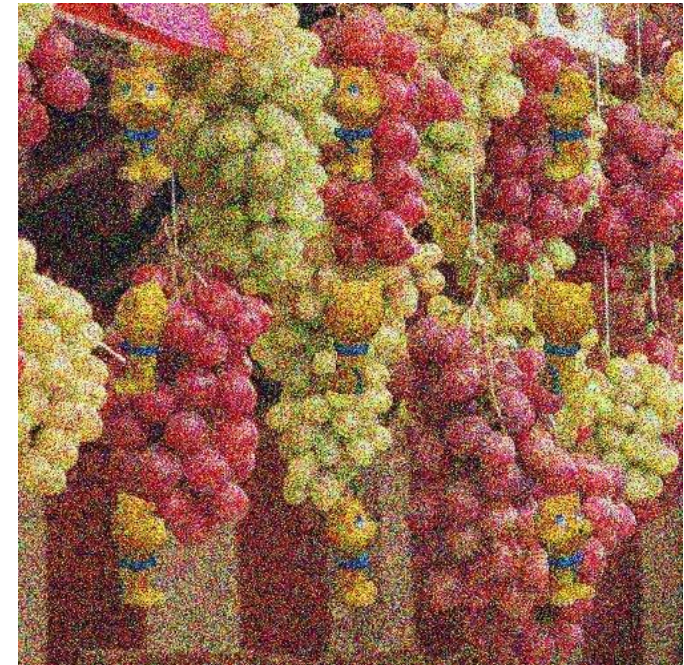
Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising

Definition für digitale Fotografie:

- Rauschen ist eine mehr oder weniger zufällige Abweichung der Helligkeit oder Farbe eines Pixels von dem Wert, der durch die Belichtung idealerweise erzeugt würde.
- Denoising versucht, diese Abweichungen zu eliminieren



Quelle: www.researchgate.net

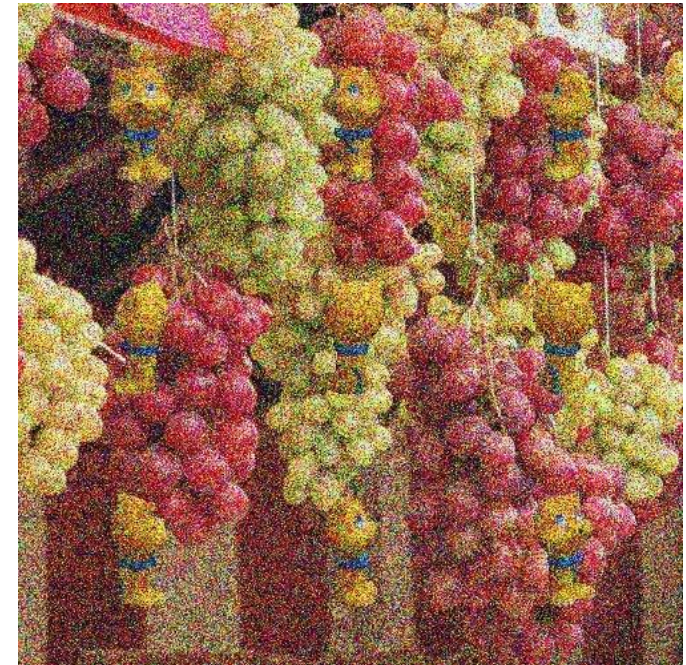
Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising

Annahmen:

- Ein ideales Bild ist rauschfrei
- Rauschen wird dem realen Bild erst bei der Aufnahme hinzugefügt
- Gelingt es, dieses Rauschen zu isolieren und aus dem realen Bild zu entfernen, ergibt sich ein annähernd rauschfreies Bild



Quelle: www.researchgate.net

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising

Allerdings...

- Rauschen ist nicht gleich Rauschen, es gibt mehrere Ursachen und Quellen für Rauschen im realen Bild
- Je nach Rauschquelle gelten andere physikalische und mathematische Gesetze
- Nur wenn Ursache und Quelle des Rauschens bekannt sind und korrekt modelliert wurden, kann es optimal entfernt werden

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Arten von Rauschen

Für die Digitalfotografie sind folgende Rauschanteile relevant:

- **Johnson-Nyquist-Rauschen** oder Additive White Gaussian Noise oder thermisches Rauschen
- **Schrotrauschen** oder Shot Noise oder Poisson Noise
- **Ausleserauschen** oder Readout bzw. Read Noise
- **Impulsrauschen** oder Salt-and-Pepper Noise

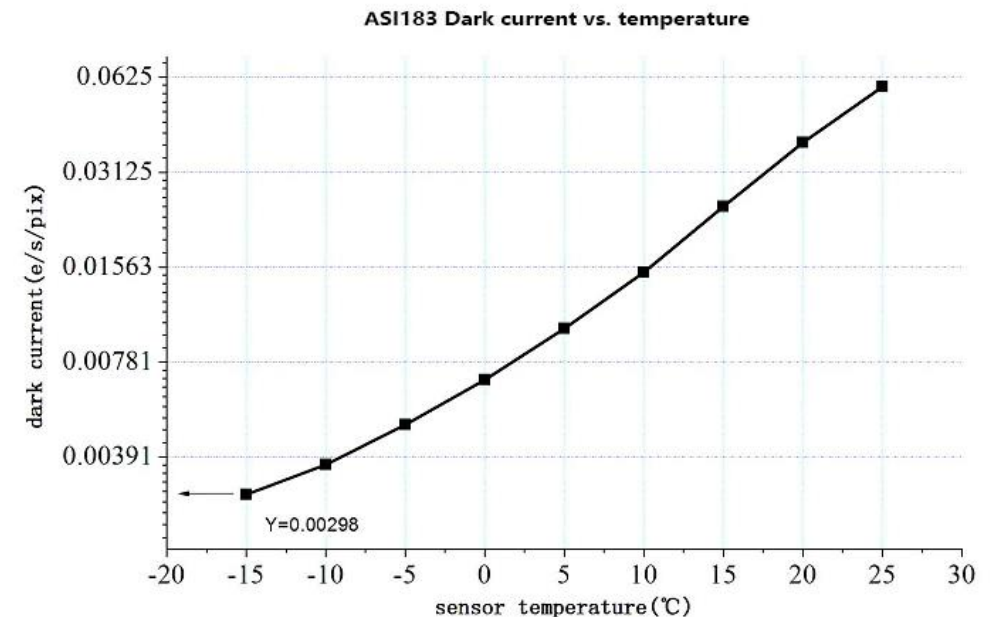
Es gibt weitere Rauschquellen, die sich aber anteilig nicht so stark bemerkbar machen oder bereits in der Kamera unterdrückt werden

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Johnson-Noise

- Johnson-Noise entsteht durch die Temperatur des Sensors
- Wärme setzt auch in den nicht belichteten Pixeln Elektronen frei, es entsteht ein **Dunkelstrom** oder dark current
- Je höher die Temperatur desto höher ist auch dieser unerwünschte Dunkelstrom



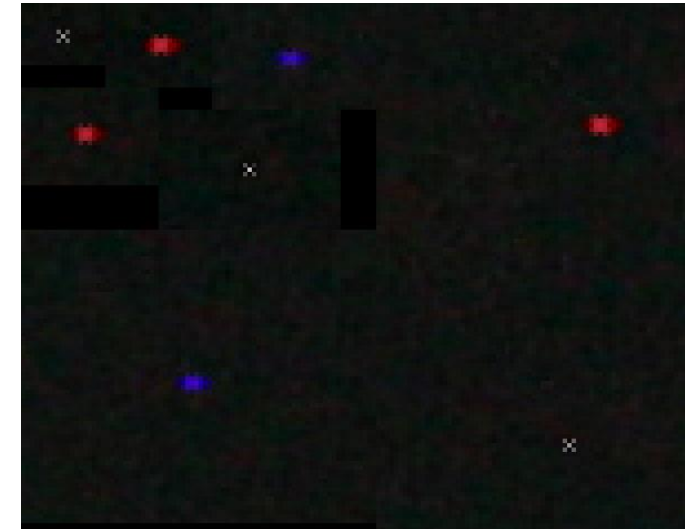
Quelle: www.telescopesplus.com

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Johnson-Noise

- Einzelne Pixel können einen besonders hohen Dunkelstrom aufweisen und damit auch ohne Belichtung bereits in der Farbe des jeweiligen Pixels leuchten
- Solche Pixel mit scheinbar hoher Temperatur werden als **Hot Pixel** bezeichnet
- Defekte Pixel, die auch bei Lichteinfall wenig oder keine Elektronen liefern, sind **Dark Pixel** oder **Dead Pixel**



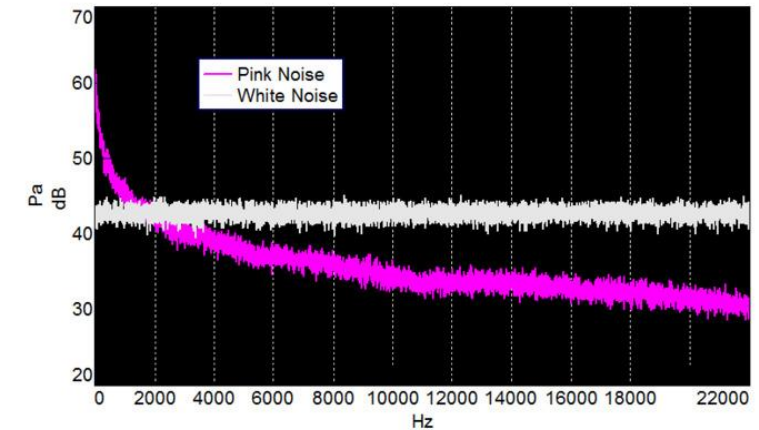
Quelle: clarkvision.com

Bildbearbeitung

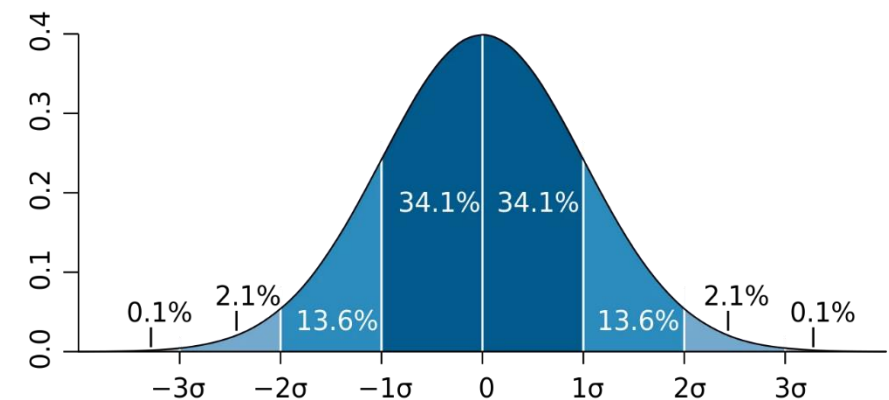
Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Johnson-Noise

- Johnson-Noise zeigt eine über das Frequenzband konstante Amplitude: **Weißes Rauschen**
- Die Helligkeitsabweichungen zeigen eine **Gaußsche Normalverteilung**
- Das Rauschen wird **additiv** dem rauschfreien Bild hinzugefügt



Quelle: community.sw.siemens.com



Quelle: hasty.ai

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Johnson-Noise

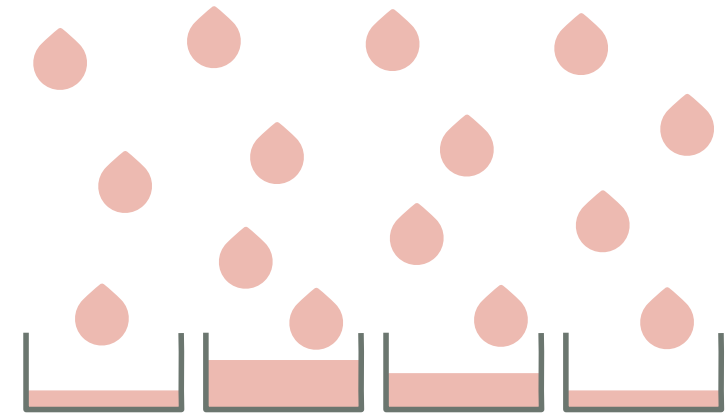
- Der Dunkelstrom begrenzt die Empfindlichkeit des Sensors bei wenig Licht, weil die wenigen vorhandenen Photonen durch Rauschen maskiert
- Der Dunkelstrom kann durch Kühlen des Sensors erheblich verringert werden
- Kühlen ist in wissenschaftlichen Anwendungen üblich, für normale Kameras aber eher weniger praktikabel – von erfolgreichen Bastellösungen abgesehen
- In modernen Sensoren ist der Dunkelstrom so gering, dass klar seine Quantennatur erkennbar wird: **Dark Current Shot Noise**

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Schrotrauschen

- Schrotrauschen (Shot Noise) entsteht durch die **Quantennatur der Photonen** und das **Messprinzip** des Sensors
- Photonen erreichen den Sensor mit statistisch konstanter Rate, aber zwischen den einzelnen Pixeln ergeben sich zahlenmäßig dennoch Unterschiede
- Besonders sichtbar bei wenig Licht

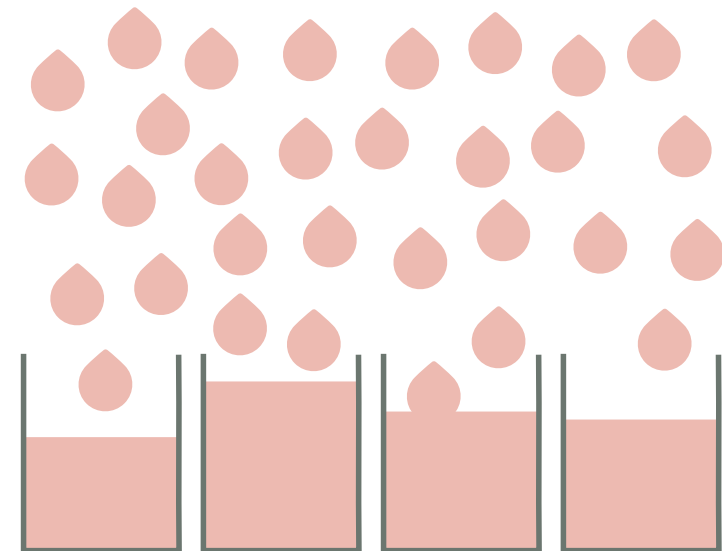


Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Schrotrauschen

- Bei hohen Photonenraten steigt zwar die absolute Differenz der Photonenzahlen zwischen Pixeln
- Die Differenz ist aber nur als **Prozentanteil** wahrnehmbar
- Der Prozentanteil ist bei viel Licht kleiner und daher weniger störend

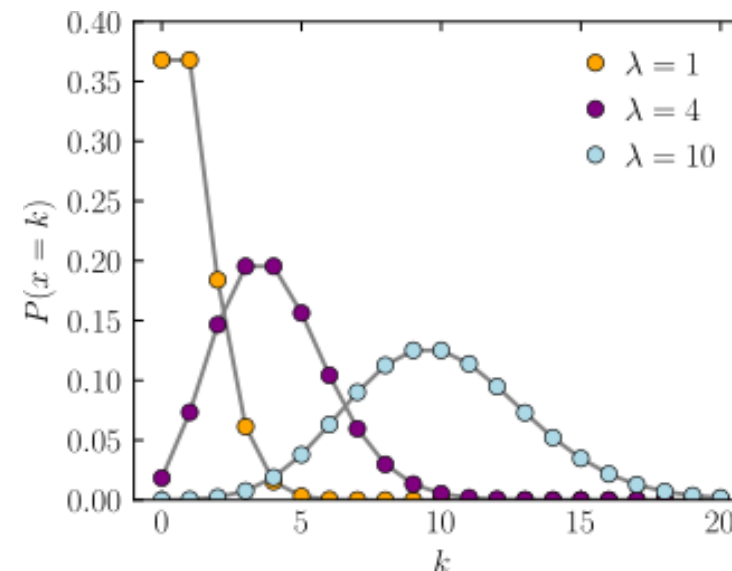


Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Schrotrauschen

- Schrotrauschen zeigt eine **Poisson-Verteilung**
- Bei wenig Ereignissen weichen die Häufigkeiten stark voneinander ab
- Bei höheren Ereigniszahlen (hier **Photonenzahlen**) wird daraus eine Normalverteilung wie beim Dunkelstrom



Quelle: en.wikipedia.org

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Ausleserauschen

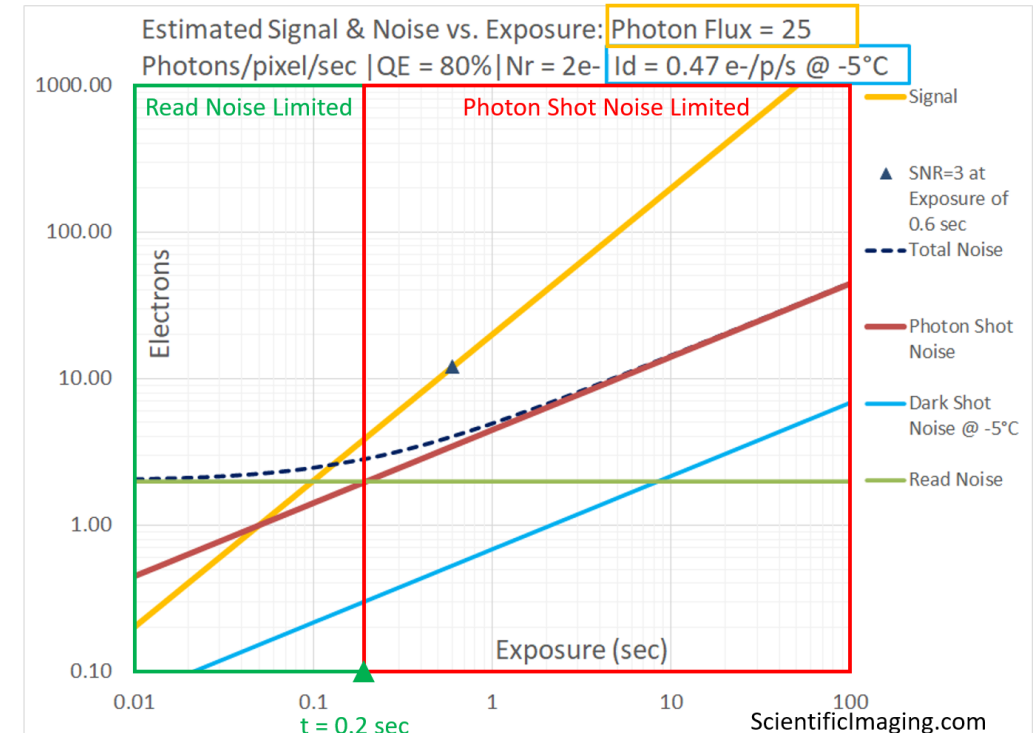
- Ausleserauschen oder Read Noise entsteht in der **Ausleseelektronik** des Sensors und im **Analog-Digital-Wandler** (ADC)
- Es ist vom Rauschen der Pixel völlig unabhängig
- Hauptbeitrag durch ungleiche Verstärkung der Elektronik je Pixel ergibt das **Fixed Pattern Noise FPN**, ein festes Helligkeitsmuster, das sich als Rauschen auffassen lässt und jedes Bild überlagert
- Thermisches Rauschen der Elektronik (kleiner Anteil am Gesamtrauschen)
- „1/f-Noise“ in den MOSFET-Verstärkertransistoren

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Ausleserauschen

- Der Read-Noise-Beitrag ist vor allem bei kurzen Belichtungszeiten und wenig Licht relevant
- Bei längeren Belichtungszeiten und mehr Licht dominieren andere Rauschquellen

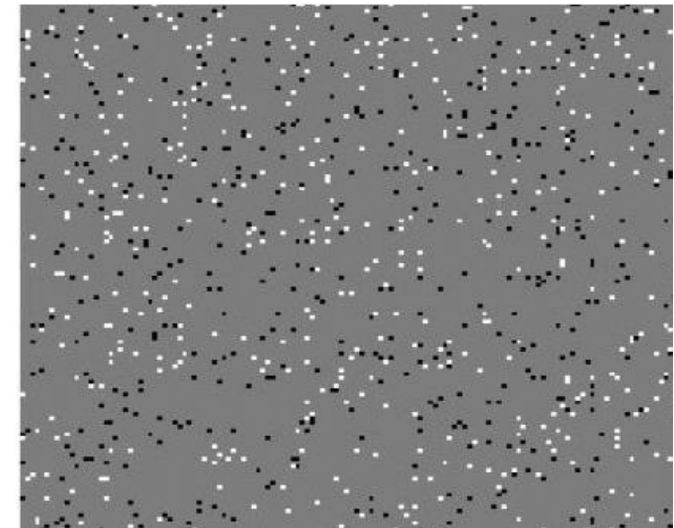


Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Impulsrauschen

- Impulsrauschen entsteht durch fehlerhafte A/D-Wandlung
- fehlende oder beschädigte Daten werden zufällig durch digital 0 (schwarz) oder digital 1 (weiß) ersetzt



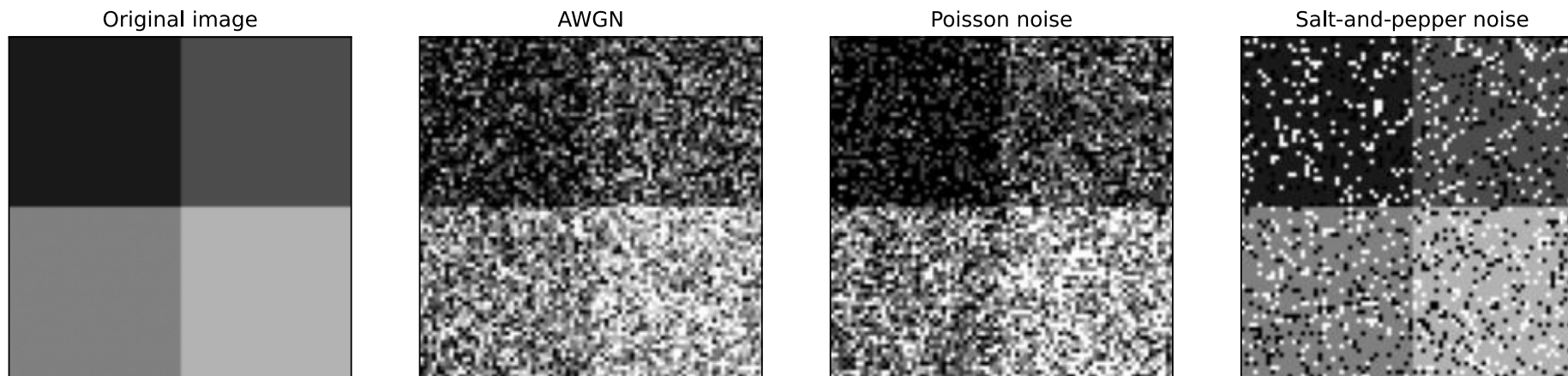
Quelle: www.researchgate.net

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising – Rauschen

Auswirkung der verschiedenen Rauscharten



Quelle: vincmazer.github.io/bip/restoration/denoising.html

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising in der Bildbearbeitung ist **ohne KI** möglich und üblich:

1. **Subtraktion** des Rauschanteils des unbelichteten Sensors
2. Nachträgliches Entfernen mittels verschiedener **Rauschfilter**
3. Nachträgliches Entfernen durch **Überlagerung** mehrerer identischer Einzelbilder: **Stacking**

Bildbearbeitung

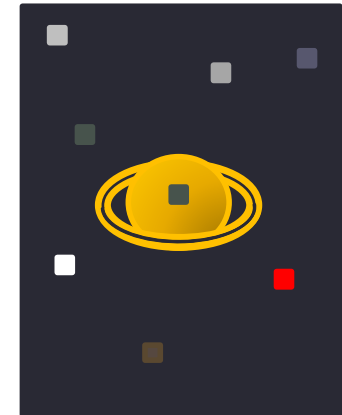
Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising in der Bildbearbeitung ist **ohne KI** möglich und üblich:

- **Subtraktion** des Rauschanteils eines unbelichteten Sensors
- „**Langzeitrauschunterdrückung**“ vieler Kameras:

1. Bild aufnehmen

- Ergebnis: Bild plus Johnson Noise plus Read Noise

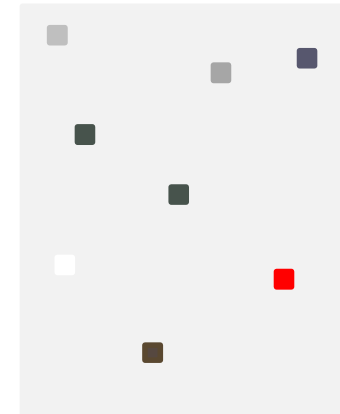


Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising ohne KI

- **Subtraktion** des Rauschanteils des unbelichteten Sensors
- „Langzeitrauschunterdrückung“ vieler Kameras:
 1. Bild unter exakt den gleichen Bedingungen erneut aufnehmen, aber mit verdecktem Sensor: **Dark Frame**
 2. Bild unter exakt den gleichen Bedingungen erneut aufnehmen, aber mit verdecktem Sensor: **Dark Frame**
- Ergebnis: Unbelichtetes Bild, nur Johnson Noise und Read Noise



Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising ohne KI

- **Subtraktion** des Rauschanteils des unbelichteten Sensors
 - „Langzeitrauschunterdrückung“ vieler Kameras:
 - 3. Rauschen des Dark Frames invertieren und vom Belichteten Bild subtrahieren
-
- Ergebnis: Rauschärmeres Bild



Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising ohne KI

- **Subtraktion** des Rauschanteils des unbelichteten Sensors
- „Langzeitrauschunterdrückung“ vieler Kameras:
- Vorteil: Auf diese Weise werden Fixed Pattern Noise sowie Hot, Dark und Dead Pixel fast vollständig aus dem Bild entfernt
- Nachteil: Doppelte Aufnahmezeit für jedes Bild
 - Optimierungsansatz: Mehrere Dark Frames erstellen und diese erst nachträglich in der Bildbearbeitungssoftware manuell subtrahieren

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising ohne KI

- Subtraktion des Rauschanteils des unbelichteten Sensors
- Nachträgliches Entfernen mittels verschiedener **Rauschfilter**
- Rauschfilter sind Standardwerkzeug jeder Bildbearbeitungssoftware
- Einfache Rauschfilter analysieren die räumlich benachbarten Pixel eines Bildes: **Spatial Filtering**

Annahme:

- Benachbarte Pixel haben bei rauschfreien Bildern sehr ähnliche Helligkeits- und Farbwerte, Abweichungen vom lokalen Mittelwert müssen Rauschen sein

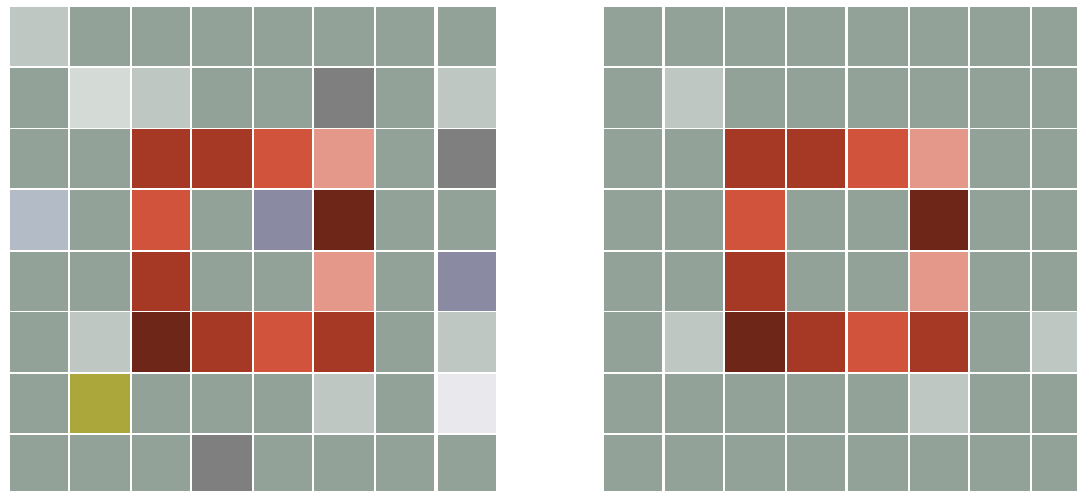
Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising ohne KI

Spatial Filtering Prinzip:

- Benachbarte Pixel angleichen reduziert das sichtbare Rauschen



Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising ohne KI

Spatial Filtering Prinzip:

- Aber: Rauschen und Details werden so gleichermaßen „geglättet“



Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising ohne KI

- Subtraktion des Rauschanteils des unbelichteten Sensors
- Nachträgliches Entfernen mittels verschiedener Rauschfilter
- Nachträgliches Entfernen durch **Überlagerung** mehrerer identischer Einzelbilder: **Stacking**
- Das Signal/Rauschverhältnis verbessert sich mit Verdoppelung der Bildanzahl um Faktor 1,4

Funktionsweise:

- Erhöht die Belichtungszeit und damit die Anzahl der gesammelten Photonen
- Längere Belichtung = mehr Licht = weniger Schrotrauschen bzw. Shot-Noise

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising ohne KI – Stacking

Beispiel: Pinwheel-Galaxy, Messier M101



Einzelbild, 1 min.



8 Bilder, 8 min.



51 Bilder, 102 min.

Quelle: www.dielichternacht.at

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising mit KI

Ansatz:

- Es gibt eine große Datenbasis verrauschter und rauschfreier Bilder für alle denkbaren Motive
- KI identifiziert und erlernt Schlüsseleigenschaften oder **Features** eines rauschfreien Bildes
- Sie vergleicht ein gegebenes verrauschtes Bild mit bekannt rauschfreien Bildern und ermittelt so für das gegebene Bild den Rauschanteil
- Anschließend wird dieser Rauschanteil entfernt

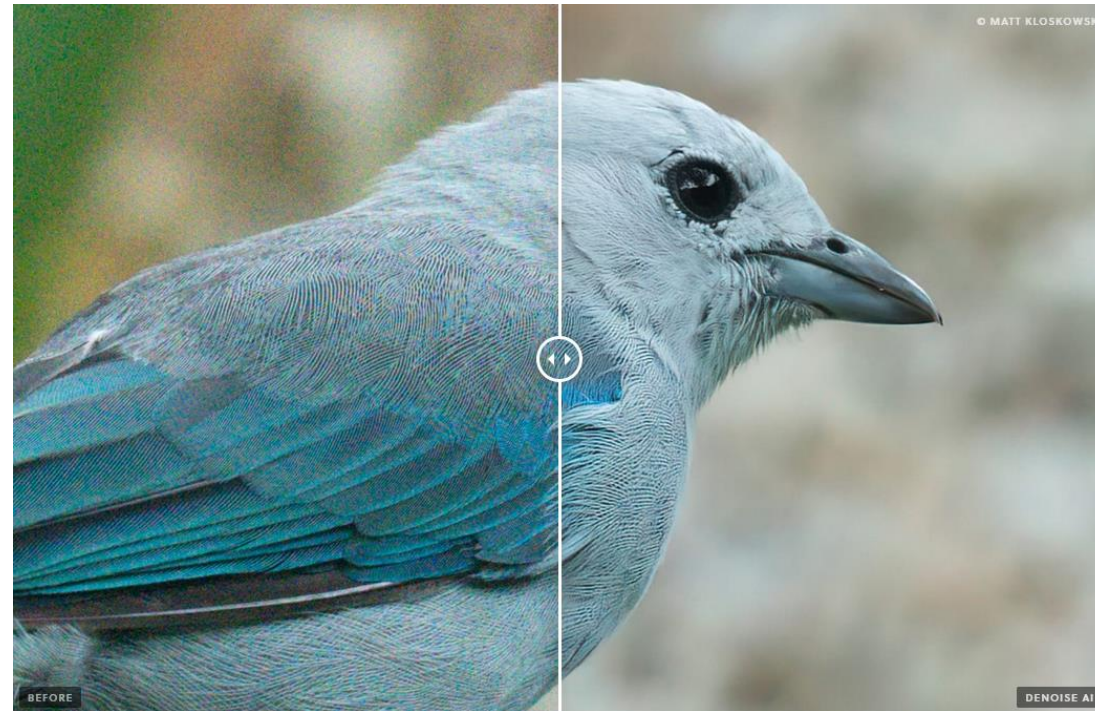
Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Denoising mit KI

Ergebnis:

- Rauschfreies Bild mit voller Detailfülle
- In der Praxis nicht unbedingt besser als Rauschfilter ohne KI



Quelle: www.topazlabs.com/denoise-ai

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution

Erhöht die Auflösung und damit den Informationsgehalt von Bildern. Es gibt zwei verschiedene Methoden:

1. **Optical Super-Resolution** = Überschreiten der durch Beugung im Objektiv und Lichtwellenlänge begrenzten Maximalauflösung eines optischen Systems (Mikroskop, Teleskop...)
2. **Geometrical Super-Resolution** = Überschreiten der durch Pixelgröße und Pixelanzahl gegebenen physischen Auflösungsgrenze eines Sensors

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution

In Digitalkameras und Bildbearbeitung wird bisher die geometrische Super-Resolution realisiert:

- Konventionell durch Berechnung hochauflösender Fotos aus mehreren normalen Aufnahmen, sofern Objektive höher auflösen als der Sensor

Mit KI:

- Detailrekonstruktion mit Hilfe ähnlicher Fotos aus dem Big-Data-Pool

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution

Konventionelle hochauflösende Fotos 1

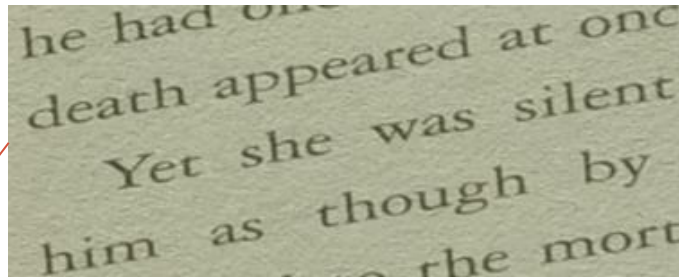
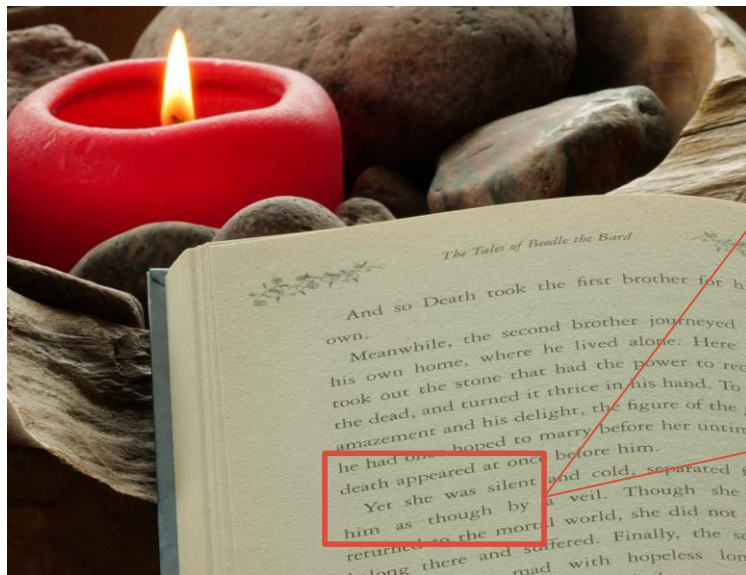
- Kameras mit zur Bildstabilisierung beweglichem Sensor können mehrere Aufnahmen desselben Motives mit jeweils um ein Pixel verschobener Sensorposition erstellen: **Pixel Shift Images**
- Aus den Aufnahmen wird ein einzelnes Bild berechnet, das die physische Auflösung des Sensors übersteigt
- Überwindet die Auflösungslimitierung des Bayer-Filters, es liegen insbesondere für Farben deutlich mehr Detailinformationen vor
- **Nicht geeignet für bewegliche Motive**

Bildbearbeitung

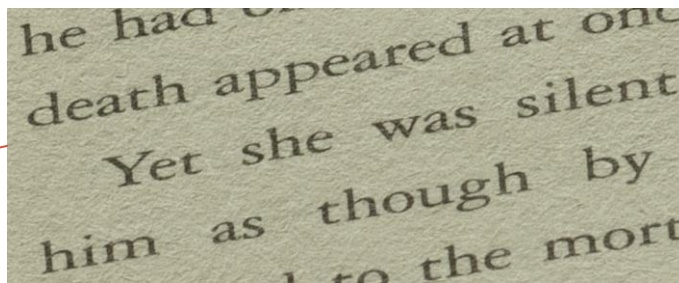
Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution

Konventionelle hochauflösende Fotos 1



23,5 MP



187 MP

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution

Konventionelle hochauflösende Fotos 2

- Bilder mit großem Bildwinkel, z.B. Panoramaaufnahmen, werden klassisch mit einem dafür gebauten **Weitwinkelobjektiv** aufgenommen
- Die Auflösung ist durch Objektiv und Sensor sichtbar begrenzt, hier ca. 20 MP

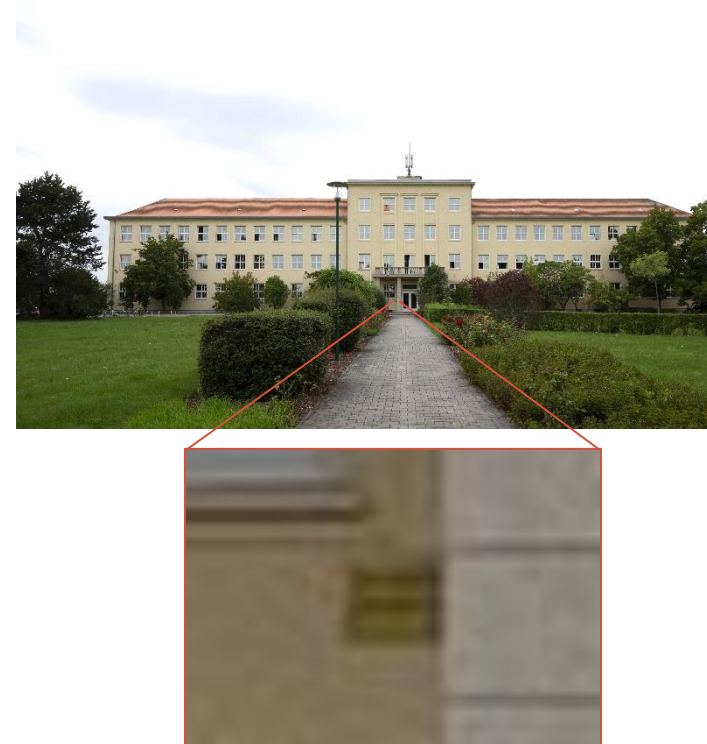


Foto: Eberhard Meißner

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution

Konventionelle hochauflösende Fotos 2

- Mehrere mit Teleobjektiv erstellte Bilder mit Software zu einem hochauflösenden Bild zusammenfügen
- Ermöglicht mit modernen Kameras theoretisch Aufnahmen im Gigapixel-Bereich (hier: ca. 130MP)
- Nachteil: kann schwer korrigierbare perspektivische Verzerrungen erzeugen



Foto: Eberhard Meißner

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution

Multiframe Super-Resolution 1

- Sonderfall: Durch Stacking der nur besten Aufnahmen aus einer Reihe können Details sichtbar werden, die sonst im Rauschen – oder wie hier im Einfluss der Atmosphäre – verloren gehen
- Ohne KI möglich



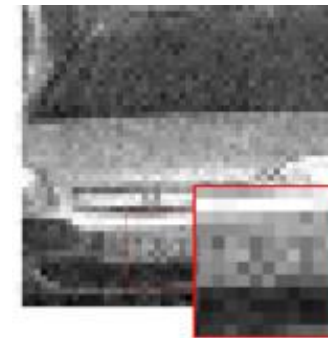
Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution

Multiframe Super-Resolution 2

- Stacking vieler Frames mit niedriger Auflösung aus einem Video liefert ein einzelnes hochauflösendes Bild
- Nummernschilder von Autos können lesbar gemacht werden
- Mit und ohne KI möglich



(a) One LR image



(b) TV+BTV reg. [28]



(c) GDP SR [48]



(d) Our method

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI

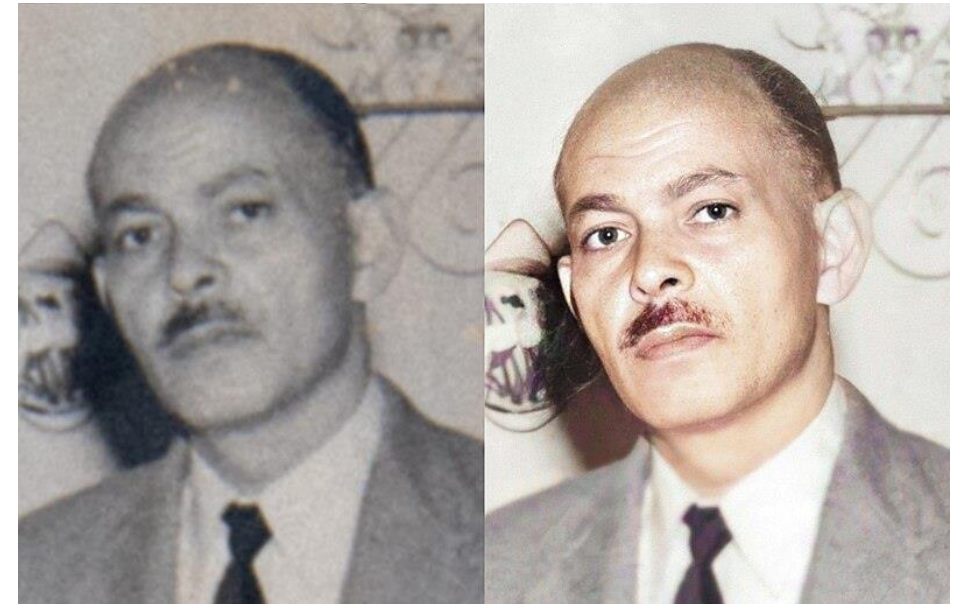
- Konventionelle hochauflösende Fotos machen nur Informationen sichtbar, die in einem oder mehreren Bildern **tatsächlich vorhanden** sind
- Mit KI kann Super-Resolution so erweitert werden, dass auch **nicht vorhandene Informationen** generiert und hinzugefügt werden

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI

- Vermutete Details werden durch KI künstlich erzeugt und dem Bild hinzugefügt
- Auf den ersten Blick ergeben sich äußerst verblüffende Resultate



Quelle: commons.wikimedia.org/wiki/File:Restoration_using_Artificial_intelligence.jpg

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI - Anwendungsbereiche

- Identifikation nicht mehr auflösbarer Strukturen in der Wissenschaft: z.B. in Medizin und Astronomie
- Rekonstruktion von beschädigten analogen Portraitfotos
- Hochskalieren (Upscaling) der Auflösung von Bildern aus dem Web
- Analyse von Bildern aus Überwachungskameras, damit Personen und Fahrzeuge (Nummernschilder) identifiziert werden können
- **Aber auch:** Hinzufügen theoretisch vorhandener Details in Aufnahmen bekannter Motive mit unzureichenden Kameras: Samsung Smartphones

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI – Funktionsweise

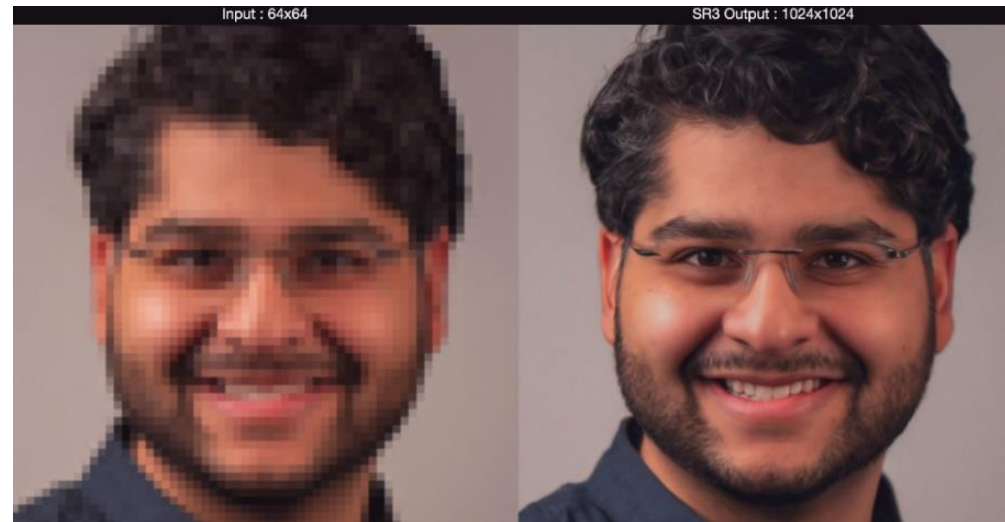
- Eine KI (Deep Learning oder Neuronales Netzwerk) wird mit hochauflösenden Originalbildern bestimmter Motive und den zugehörigen Bildern niedriger Auflösung trainiert
- Die KI ermittelt, welche Features z.B. zu einem typischen Portrait gehören, und extrahiert diese

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI – Funktionsweise

- Ein Portrait mit niedriger Auflösung wird mit diesem Wissen per Algorithmus hochskaliert und um die typischen Features ergänzt
- Genial –
oder nicht?



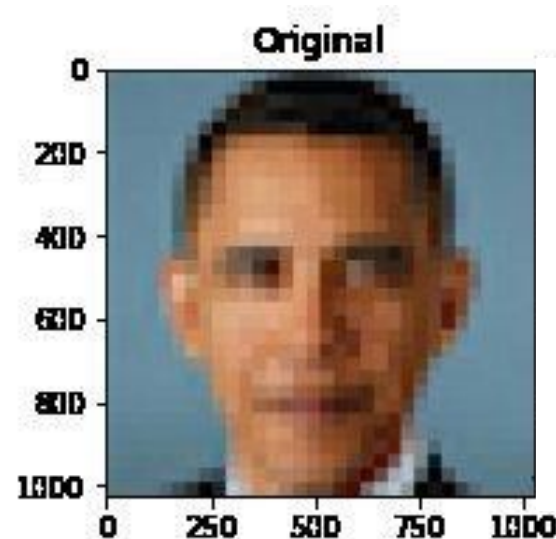
Quelle: www.slashcam.de/news/single/Googles-neuer-Super-Resolution-Algorithmus-SR3-ska-16645.html

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI – Probleme

- Die Ergebnisse sind spekulativ, es gibt keine Gewähr für Korrektheit

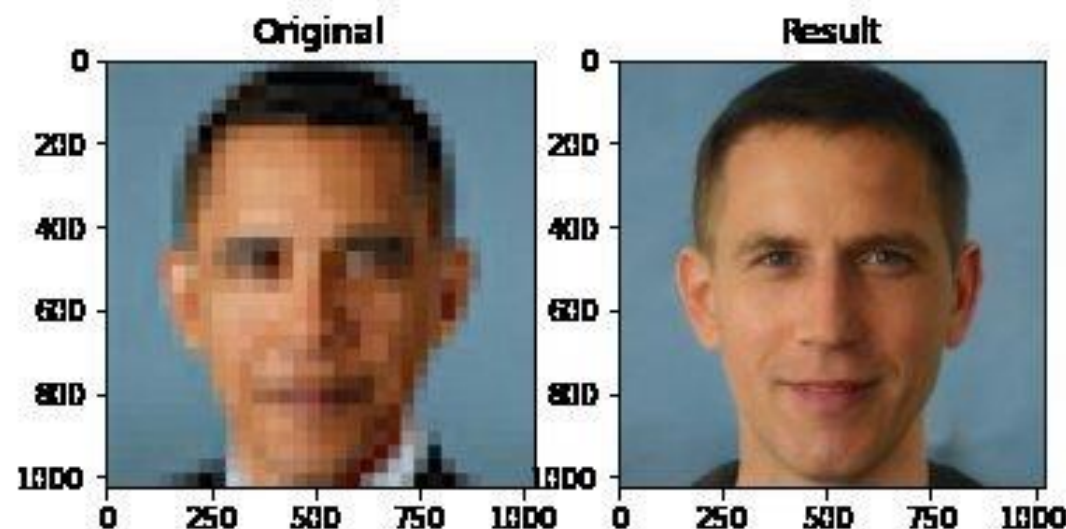


Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI – Probleme

- Die Ergebnisse sind spekulativ, es gibt keine Gewähr für Korrektheit

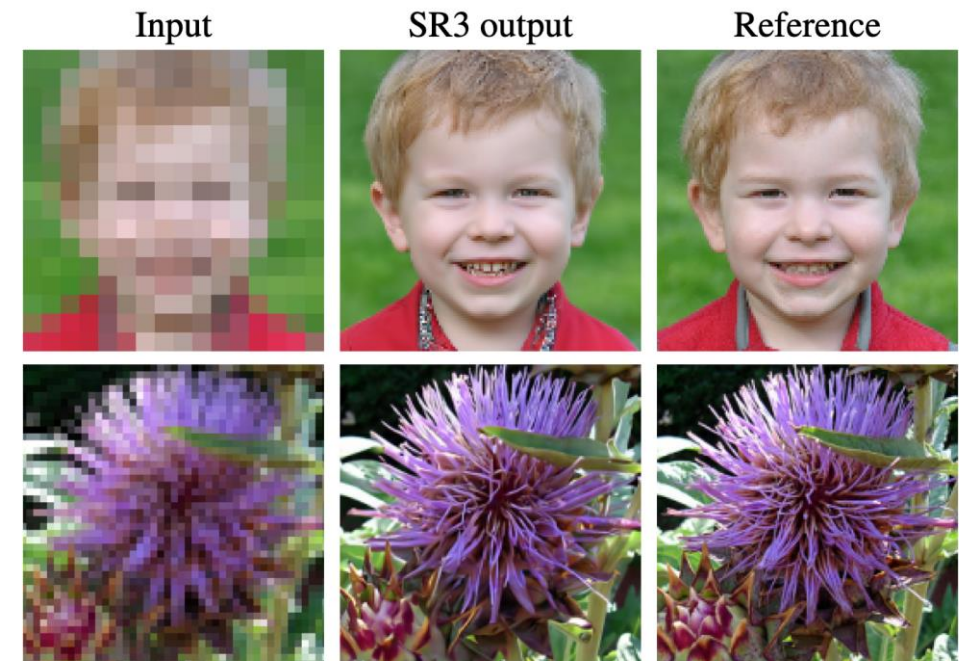


Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI – Probleme

- Das räumen auch die Forschenden ein
- Beispiel:
- Googles SR3 Algorithmus
 - Die Ergebnisse sind fehlerbehaftet und kein präzises Abbild der Realität mehr

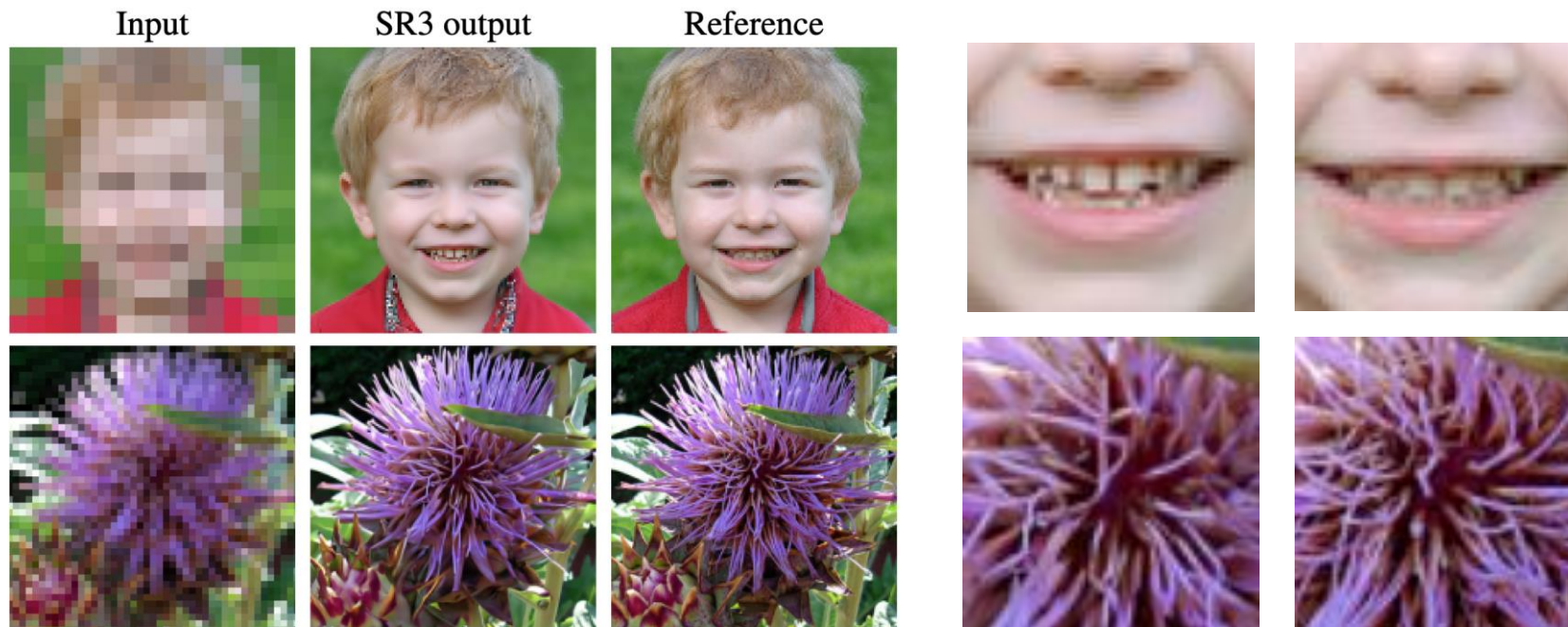


Quelle: arxiv.org/pdf/2104.07636.pdf

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI – Probleme



Quelle: arxiv.org/pdf/2104.07636.pdf

Bildbearbeitung

SAMSUNG / TECH / CAMERAS AND PHOTOGRAPHY

Samsung caught faking zoom photos of the Moon

Quelle: www.theverge.com

Samsung "space zoom" moon shots are fake, and here is the proof

Quelle: www.reddit.com

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI – **veränderte Grenzen des Fotografierens**

- Samsung bewirbt seit dem Galaxy S20 einige Smartphone-Kameras mit der Fähigkeit zu „detailreichen“ Zoom-Aufnahmen vom Mond
- Ein Blog-Artikel bei Reddit weist nach, dass diese Fotos so technisch unmöglich aus der Smartphone-Kamera stammen können
- Samsung erklärt daraufhin, dass die von Nutzern gemachten Fotos in einem „Image Optimizer“ mittels KI und einem online existierenden hochauflösenden Referenzfoto des Mondes “verbessert“ werden
- Problem: Die Kunden erfuhren davon nichts...

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI – veränderte Grenzen des Fotografierens

Samsung "space zoom" moon shots are fake, and here is the proof
Quelle: www.reddit.com

SAMSUNG / TECH / CAMERAS AND PHOTOGRAPHY

Samsung caught faking zoom photos of the Moon

Quelle: www.theverge.com



Quelle: www.theverge.com/2023/3/13/23637401/samsung-fake-moon-photos-ai-galaxy-s21-s23-ultra

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Super-Resolution mit KI – **veränderte Grenzen des Fotografierens**

- Super-Resolution generiert Strukturen und Details, die es im Original, zumindest aber im Original**bild**, gar nicht gibt
- Eine nicht existierende Realität wird „rekonstruiert“
- De facto werden Bilder intelligent gefälscht

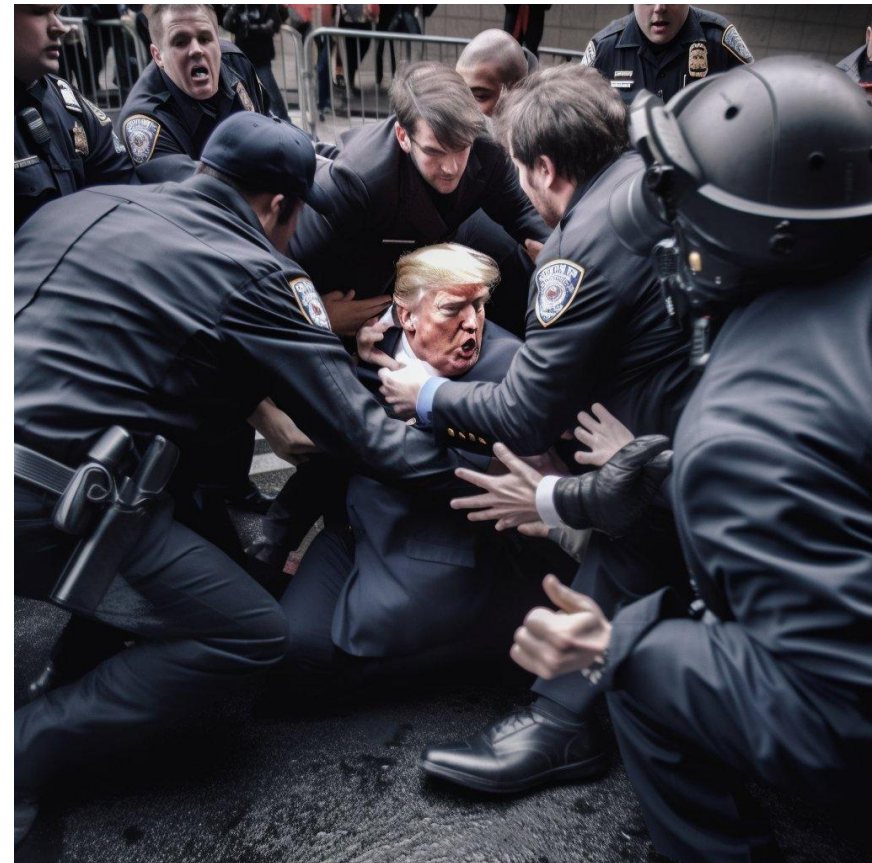
- Anwendbar für die Wissenschaft?
- Anwendbar in der Strafverfolgung?

Bildbearbeitung

Aufwändige Effekte und Korrekturen

Letzte Konsequenz:

- Falschinformation und **Deep Fakes**
- KI ermöglicht äußerst realitätsnahe Fälschungen
- Selbst für Experten erst nach genauer Analyse als Fälschung erkennbar



Quelle: www.thetimes.co.uk

Bildbearbeitung

Fragen zum Selbststudium

- Welche Rauschquellen mit Einfluss auf die Bildqualität sind in der Digitalfotografie von Bedeutung?
- Wie kann bei der Aufnahme das thermische Rauschen des Sensors verringert werden?
- Wie kann mit mehreren verrauschten Aufnahmen desselben Motivs nachträglich ohne Rauschfilter oder KI der Rauschabstand verbessert werden?
- Nennen Sie je ein Beispiel für eine herkömmliche und eine KI-basierte Methode zur Steigerung der Auflösung
- Welchen erheblichen Nachteil besitzt KI-basierte Super-Resolution?

Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- Aktuelle Sensoren und Kameras
 - CCD, CMOS, Formfaktor und Größe
 - Kompakt- und Bridgekameras, DSLR und DSLM
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- **Bildbearbeitung und Bildverwaltung**
 - Bilder digital bearbeiten, ggf. mit KI
 - **Bilder verwalten**

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

- Ordnen und Archivieren
- Metadaten nutzen und editieren
- Archivierte Fotos finden
- Betrachten und optimieren
- Dateiformate ändern und exportieren
- Nutzungsrechte anpassen
- Fotos an Dritte weitergeben

Bildbearbeitung

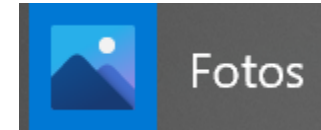
Bildverwaltung – Software-Markt

- Freeware
- Private Anwender
- Professionelle Fotografen
- Agenturen

Photoscape X



XNView



Picasa



ACDSee



Funktionsumfang und Schwerpunkte unterscheiden sich bei Software für professionelle und private Anwender

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen



- Ordnen und Archivieren – so, dass Fotos einfach und schnell gefunden werden, im Idealfall über einen zentralen Zugriffspunkt

Privatnutzer

- Lokaler Speicher des Computers/Endgerätes oder mobiler Speicher, in der Standardeinstellung mit/über Online-Lösungen synchronisiert
- Online-Lösungen wie iCloud Fotos oder Google Fotos
 - Auf wenige GB limitierter kostenloser Speicher (Google limitiert seit 1. Juni 2021)
 - Gebühren für mehr Speicherplatz
 - **Datensicherheit, Urheberrechte und Datenschutz???**

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

- Ordnen und Archivieren – so, dass Fotos einfach und schnell gefunden werden, im Idealfall über einen zentralen Zugriffspunkt

Professionelle Nutzer

- Unternehmenseigene Netzwerklösungen für Bilddatenbanken
- Professionelle, kostenpflichtige Online-Bilddatenbanken
 - Umfangreiche Versions-, Format- und Zugriffskontrolle
 - Ausgefeilte Such- und Filterfunktionen
 - Einhaltung aller Datenschutz- und Urheberrechte
- Nachrangig lokaler Speicher des Computers/Endgerätes

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Ordnen und archivieren

- Systematisches Katalogisieren, z.B. mit Datum, Thema, Projekt, Ort, Urheber...
- Für kleine Bildbestände ist **manuelles Organisieren** möglich:
- Mit großer Selbstdisziplin **alle** Bilddateien nach geeignetem Schema benennen und ordnen...

▼  Bilder

▼  Astro

 Deep Sky

 Nachthimmel D

 Sonnensystem



20200721-Neowise-Beucha3.jpg

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Ordnen und archivieren

- **Manuelles Organisieren**
- Theoretisch sehr leistungsfähig und dem eigenen Bedarf anpassbar
- Keine Probleme bei Migration auf anderes Laufwerk/System
- Oft sehr komplexe Ordnerstruktur mit langen Dateinamen, in denen die benötigten Informationen enthalten sind
- Aber: Äußerst zeitintensiv

▼  Bilder

▼  Astro

 Deep Sky

 Nachthimmel D

 Sonnensystem



20200721-Neowise-Beucha3.jpg

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Ordnen und archivieren

- Komplexe Ordnerstruktur und manuelles Umbenennen sämtlicher Bilddateien ist **keine Option für große Bildarchive**
- Automatische Ordnung nach abgebildeten Personen z.B. per **Gesichtserkennung** oder **Geotagging** zur Ortsbestimmung sind **so nicht umsetzbar**
- **Besser:** Metadaten zu Fotos nutzen und diese in einer Bilddatenbank mit den Bildern verwalten. Was sind bei Bildern Metadaten?

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- Metadaten sind Daten in diesem Zusammenhang Daten über Bilder und dienen deren weiterer Beschreibung
- Sie werden in den Dateien selbst gespeichert und stehen so in allen Anwendungen zur Verfügung, die Metadaten unterstützen
- Metadaten enthalten verschiedene Informationen, u.a.:
 - Technische Angaben zur Aufnahme
 - Inhaltliche Beschreibungen
 - Angaben zur Urheberschaft und zu Nutzungsrechten usw.

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Es gibt verschiedene Standards für Metadaten und deren Funktionen:

- **IPTC-IIM**, kurz IPTC, International Press Telecommunications Council – Information Interchange Model, heute **IPTC Photo Metadata Standard**
- **Exif**, Exchangeable Image File Format
- **XMP**, Extensible Metadata Platform

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- **IPTC-IIM**, International Press Telecommunications Council – Information Interchange Model
- Ältester Standard, definiert seit 1991 Format und Felder zur Angabe u.a. des Autors, des Inhalts, der Nutzungsrechte (Copyright), einer Ortsangabe usw. eines Textes, einer Grafik oder eines Digitalen Fotos
- Aktuelle Version ist gängiger Standard für Metadaten in Presse, Fotoagenturen, Nachrichtenagenturen, Museen, Bibliotheken...

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards



- IPTC wird seit 1994 von Adobe Photoshop unterstützt
- Neben den Datenfeldern definiert IPTC auch Speicherort und Format in der Datei, an dem die Metadaten gespeichert werden sollen
- IPTC nutzt ein vollwertiges Datenmodell: Welche Felder sollen mit welchen Attributen und Werten enthalten sein?
- Das Modell wurde in JPEG und TIFF vollständig implementiert
- Umfangreiche Dokumentation verfügbar bei

<https://www.iptc.org/std/photometadata/specification/IPTC-PhotoMetadata>

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

2005 wurde eine neue Version mit wichtigen Änderungen wirksam:

- Aufteilung in ein zwei Teilbereiche für verschiedene Metadaten:
 - Das **IPTC Core** Metadata Schema für alle wesentlichen Daten
 - Das **IPTC Extension** Metadata Schema für optionale zusätzlich Angaben
- Ergänzung um das Containerformat **XMP** zusätzlich zum mittlerweile obsoleten **IIM** für das Speichern der Metadaten in Bilddateien
- Aktuell ist IPTC Photo Metadata Standard 2023.2

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- IPTC Core nutzt einige Datenfelder, die genauso auch in Bibliotheken verwendet werden:
 - Title
 - Subject/Keywords
 - Creator, Rights/Copyright Notice
 - Description
- Diese Datenfelder sind identisch mit den Datenfeldern des **Dublin Core Datensatzes** für sonstige Publikationen und bietet so Kompatibilität für Fotos

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- Die IPTC-Datenfelder werden größtenteils nicht automatisch befüllt
- Praktisch alle Angaben müssen manuell eingefügt werden, bei der Nachbearbeitung oder spätestens vor einer Veröffentlichung
- Ein automatisierter Teilimport stets gleicher Daten z.B. zum Autor aus Vorlagen ist möglich
- Vorlagen können in Bildbearbeitungssoftware hinterlegt werden

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- **IPTC-IIM**-Metadaten können in der Bildbearbeitungssoftware editiert werden
- Photoshop unterstützt IPTC Core und einige Erweiterungen

P1033395.JPG

Alle Felder in diesem Bedienfeld leiten sich von dem IPTC Core-Standard ab (<http://www.iptc.org/photometadata>).

IPTC-Kontakt

Ersteller:

Mehrere Werte können durch Semikola oder Kommata voneinander getrennt werden

Die Berufsbezeichnung des Erstellers:

Adresse:

Ort:

Bundesland/Kanton:

Postleitzahl:

Land:

Telefonnummer(n):

E-Mail-Adresse(n):

Website(s):

Powered By 

Voreinstellungen Vorlagenordner

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- **IPTC-IIM**-Metadaten werden von verschiedenen Diensten und Medien vor der Veröffentlichung unterschiedlich behandelt
- Manche Zeitungen und Journals erhalten sie in den Bildern (angeblich z.B. Spiegel online), andere löschen alle Metadaten in hochgeladenen Bildern (u.a. Facebook) und/oder behalten Sie für eigene Zwecke
- Trotzdem sollten Photographen die IPTC-Daten nutzen, um ggf. ihre Urheberrechte nachweisen zu können.

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Es gibt verschiedene Standards für Metadaten und deren Funktionen:

- IPTC Photo Metadata Standard
- **XMP**, Extensible Metadata Platform
- **Exif**, Exchangeable Image File Format

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- **XMP**, die Extensible Metadata Platform ist zunächst als Standard von Adobe ab 2001 entwickelt worden und seit 2012 auch als ISO-16684-1 standardisiert
- XMP stellt Metadaten ähnlich wie eine XML-Datei dar, die entweder in der Bilddatei selbst eingebettet oder separat als „Side Car“ gespeichert werden können
- XMP ist noch flexibler als IPTC und kann z.B. auch die Veränderungshistorie einer Bildbearbeitungsreihe abspeichern



Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- XMP ist nicht auf Bilddateien beschränkt, sondern kann prinzipiell in viele andere Dateiformate eingebettet und dort gelesen werden, z.B. in PDF-Dateien
- Damit ist XMP plattformübergreifend nutzbar, auch von Software, die nicht primär für die Bildbearbeitung gedacht ist
- IPTC Core nutzt XMP wie erwähnt als eines der zwei möglichen Speicherformate

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Es gibt verschiedene Standards für Metadaten und deren Funktionen:

- IPTC Photo Metadata Standard
- XMP, Extensible Metadata Platform
- **Exif**, Exchangeable Image File Format

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- Das **Exchangable Image File Format** existiert seit 1995, aktuell in v3.0 von 2023
- Es beschreibt Metadaten und Dateiformat, z.B. für TIFF, JPEG, PNG usw.
- Exif dient vorwiegend der Angabe technischer Informationen in der Bilddatei
- **Diese Daten werden meist automatisch von der Kamera erzeugt und in die Datei eingetragen!**

Versions		
Version	Release Date	Changes
1.0	October 1995	Removed dependencies to io package
1.1	May 1997	
2.0	November 1997	License change to MIT license
2.1	December 1998	
2.2	April 2002	Added HEIC support
2.21	September 2003	Addition of "Exif Print"
2.21 (unified version)	September 2009	
2.3	April 2010	
2.3 (revised)	December 2012	
2.31	July 2016	
2.32	May 2019	
3.0	May 2023	UTF-8 data type

Quelle: en.wikipedia.org/wiki/Exif

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Typische Exif-Daten umfassen:

- Kamertyp und Objektiv
- Aufnahmedatum und Uhrzeit
- Bild- und Aufnahmeparameter: Belichtungszeit, Blende, Verstärkung...
- Ort (geographische Koordinaten)
- ...
- Liste sämtlicher Exif-Tags: <https://exiftool.org/TagNames/EXIF.html>

0x9102	<u>CompressedBitsPerPixel</u>	rational64u!	ExifIFD	
0x9201	<u>ShutterSpeedValue</u>	rational64s	ExifIFD	(displayed in seconds, but stored as an APEX value)
0x9202	<u>ApertureValue</u>	rational64u	ExifIFD	(displayed as an F number, but stored as an APEX value)
0x9203	<u>BrightnessValue</u>	rational64s	ExifIFD	
0x9204	<u>ExposureCompensation</u>	rational64s	ExifIFD	(called ExposureBiasValue by the EXIF spec.)
0x9205	<u>MaxApertureValue</u>	rational64u	ExifIFD	(displayed as an F number, but stored as an APEX value)
0x9206	<u>SubjectDistance</u>	rational64u	ExifIFD	
0x9207	<u>MeteringMode</u>	int16u	ExifIFD	0 = Unknown 1 = Average 2 = Center-weighted average 3 = Spot 4 = Multi-spot 5 = Multi-segment 6 = Partial 255 = Other
0x9208	<u>LightSource</u>	int16u	ExifIFD	--> EXIF LightSource Values
0x9209	<u>Flash</u>	int16u	ExifIFD	--> EXIF Flash Values
0x920a	<u>FocalLength</u>	rational64u	ExifIFD	
0x920b	FlashEnergy	no	-	
0x920c	SpatialFrequencyResponse	no	-	
0x920d	Noise	no	-	
0x920e	FocalPlaneXResolution	no	-	
0x920f	FocalPlaneYResolution	no	-	
0x9210	FocalPlaneResolutionUnit	no	-	1 = None 2 = inches 3 = cm 4 = mm 5 = um

Einige Exif-Tags

Quelle: exiftool.org/TagNames/EXIF.html

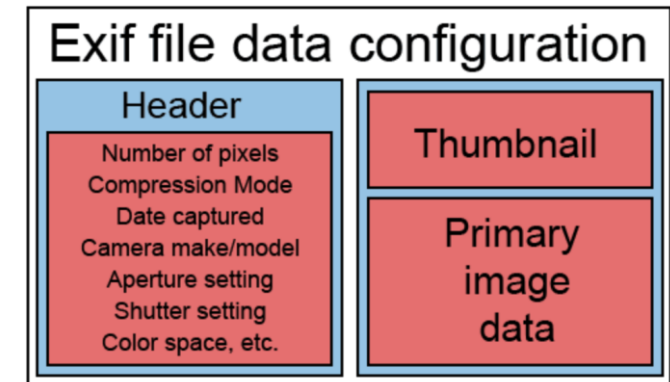
Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Umgang mit Exif-Daten

- Exif-Daten werden automatisch und damit ohne Zutun – **und oft ohne Wissen** – des Benutzers in den Bilddateien gespeichert
- Manche dieser Daten können unerwünschte Informationen über das Zustandekommen der Aufnahme oder andere sensible Inhalte preisgeben:
- Aufnahmedatum, Kamera- und Objektivseriennummer (evtl. personenbezogen)
- Geografische Koordinaten (Smartphone-Kameras)
- Thumbnails des ganzen Bildes, von dem nur ein Teil publiziert werden sollte...



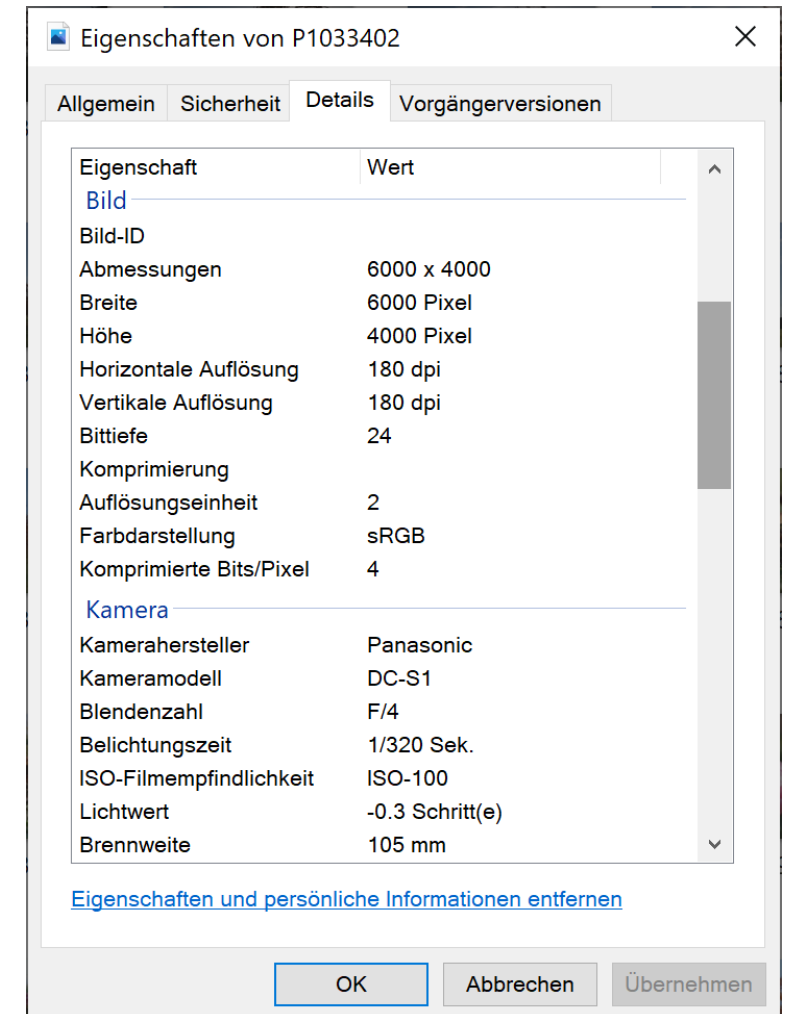
Quelle: www.photometadata.org

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- Wichtige Exif-Daten können schon im Windows Explorer angezeigt werden
 - Eigenschaften der Bilddatei, Register **Details**
- Auch gängige Software zur Bildbetrachtung und -verwaltung bietet Zugriff auf Exif-Daten:
 - Windows Fotoanzeige
 - MacOS Vorschau



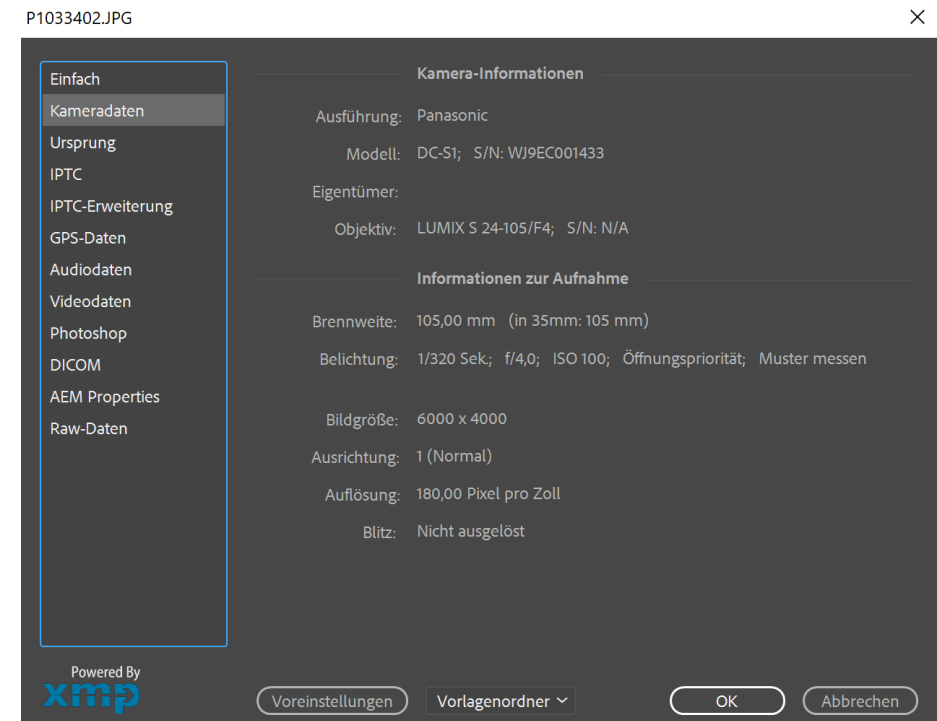
Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Exif-Daten ändern und löschen

- Exif-Daten lassen sich auch in Photoshop anzeigen
- Zum Ändern der Exif-Daten sind aber nur bestimmte Tools geeignet:
 - ExifTool
 - XNView
 - ...



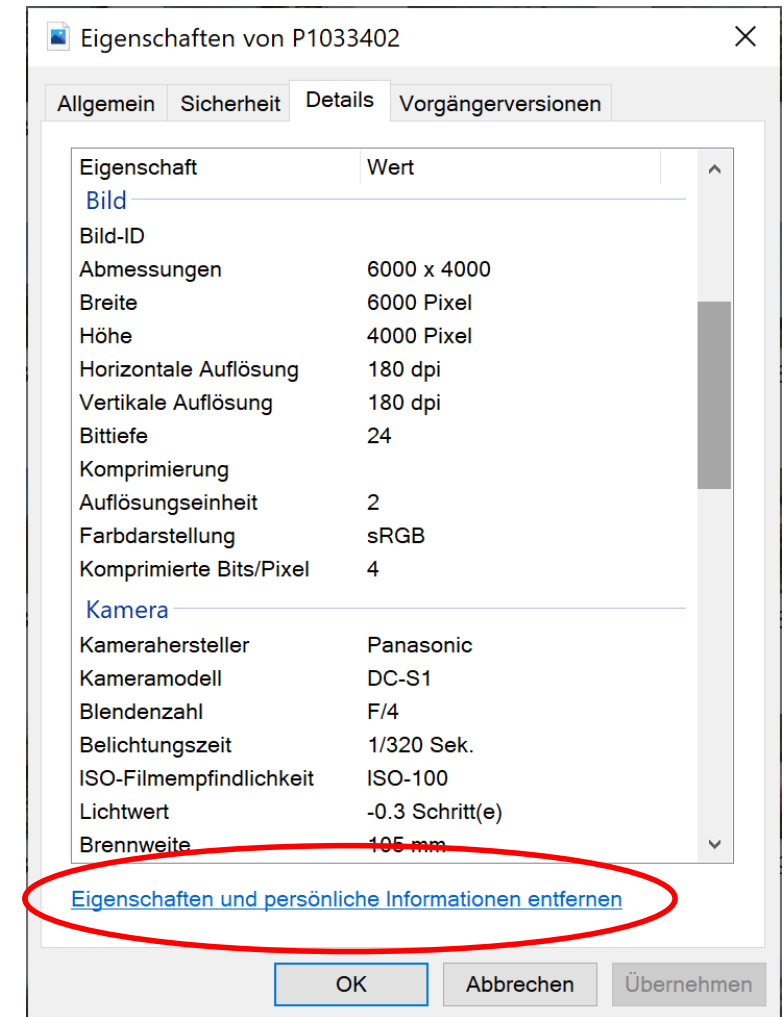
Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Exif-Daten ändern und löschen

- Exif-Daten mit dem Windows Explorer:
Funktioniert, entfernt aber auch erwünschte Daten
- Besser: In einem der Tools, um gezielte Änderungen vornehmen zu können
- Oder: Beim Export einer Bilddatei angeben, dass diese ohne Exif-Daten z.B. als JPEG gespeichert werden soll



Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Umgang mit Exif-Daten

- Soziale Netzwerke und andere Plattformen haben verschiedene Richtlinien für Exif-Daten:
 - Entfernen (z.B. ebay)
 - Entfernen, aber anderswo speichern und selbst auswerten (z.B. Facebook)
 - Unverändert beibehalten (z.B. Flickr)

Vor der Weitergabe an Dritte sollten deshalb die Exif-Daten wie beschrieben bearbeitet oder gelöscht werden

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

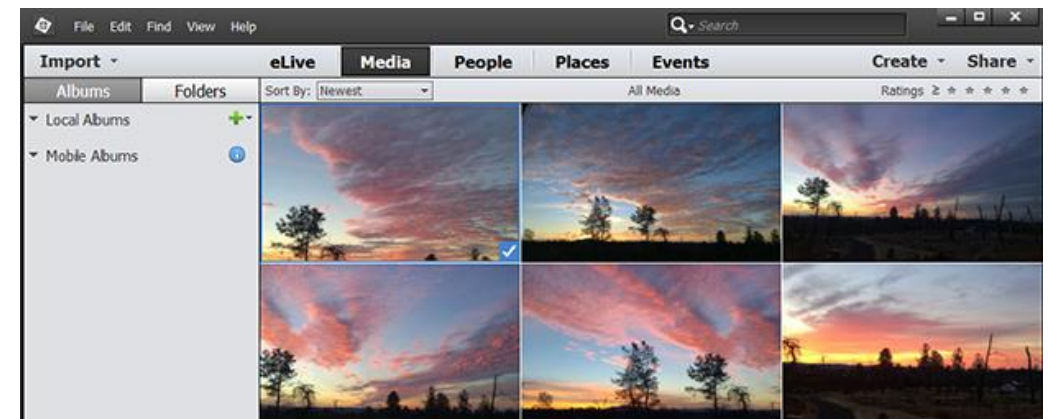
- Ordnen und Archivieren
- Metadaten nutzen und editieren
- Archivierte Fotos finden
- Betrachten und optimieren
- Dateiformate ändern und exportieren
- Nutzungsrechte anpassen
- Fotos an Dritte weitergeben

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Ordnen und archivieren mit Hilfe von Metadaten

- Zur Nutzung von Metadaten alle Bilder zunächst der Software bekannt machen: Import in den Katalog, der automatisch erstellt wird
- Eine manuell angelegte parallele Ordnerstruktur ist dabei aufzugeben!
- **Katalogisieren auf Basis von Metadaten:**
 - Thematische oder inhaltliche Verwaltung
 - Bildtitel und Beschreibungen
 - Copyright- und Urheberinformationen
 - Geographische Positionsangaben
 - Suche in den Metadaten



Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Ordnen und archivieren mit Hilfe von Metadaten

- Im einfachsten Fall kann anschließend nach Aufnahmedatum, Aufnahmeort, Empfindlichkeit oder anderen automatisch eingefügten **Exif-Daten** katalogisiert werden
- Später können Schlagwörter vergeben werden, die den Inhalt charakterisieren
- Schließlich kann die Bildersammlung nach diesen Schlagwörtern durchsucht werden
- Das High End bilden Bilddatenbanken wie Pixabay usw.

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

- Ordnen und Archivieren
- Metadaten nutzen und editieren
- Archivierte Fotos finden
- Betrachten und optimieren
- Dateiformate ändern und exportieren
- Nutzungsrechte anpassen
- Fotos an Dritte weitergeben

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

- Beim Betrachten und optimieren unterscheiden sich Software für Privatanwender und Professionelle Nutzer erheblich
- Privatanwendersoftware ist oft zweigeteilt in **Organizer** und einen **Editor**, etwa bei Photoshop Elements oder der Microsoft Foto-Suite
- Der Editor kann aus dem Organizer gestartet werden und bietet rudimentäre bis umfangreiche Korrekturfunktionen



Fotos

OneDrive

Sammlung Mehr ▾

Nach Personen, Orten oder Dingen suchen

Auswählen

Importieren

...

Alben

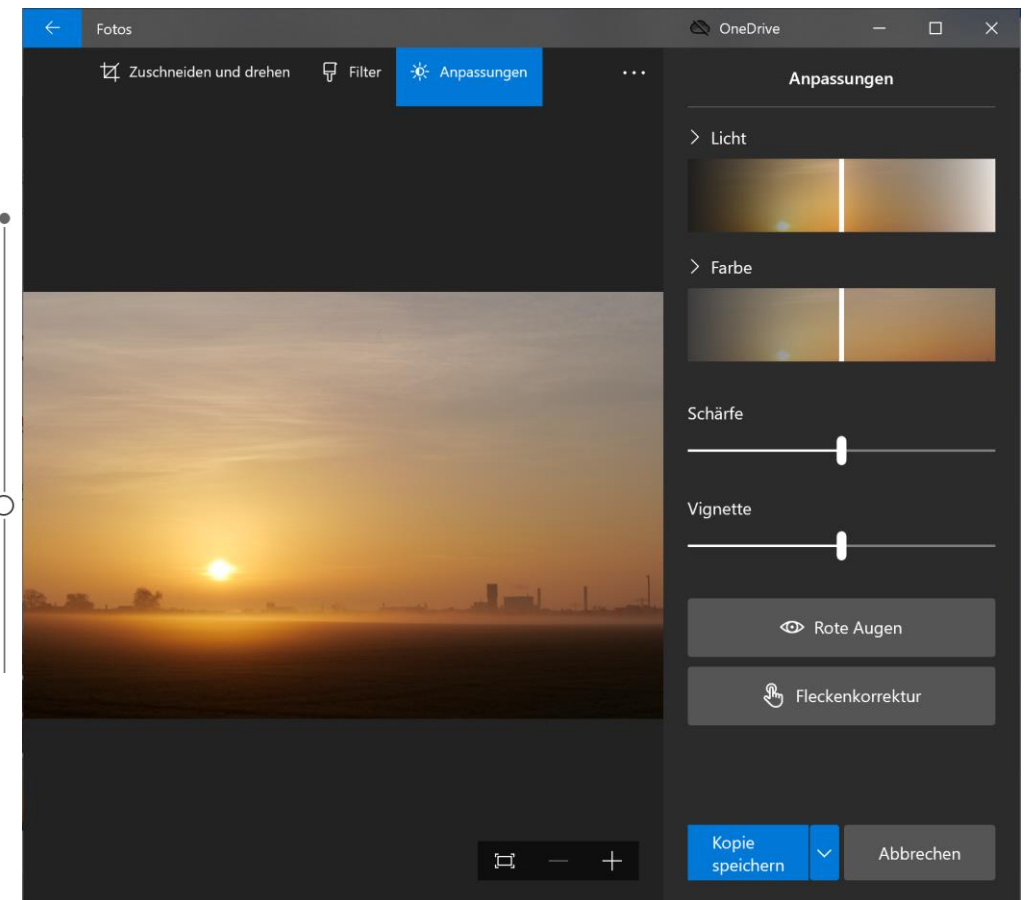
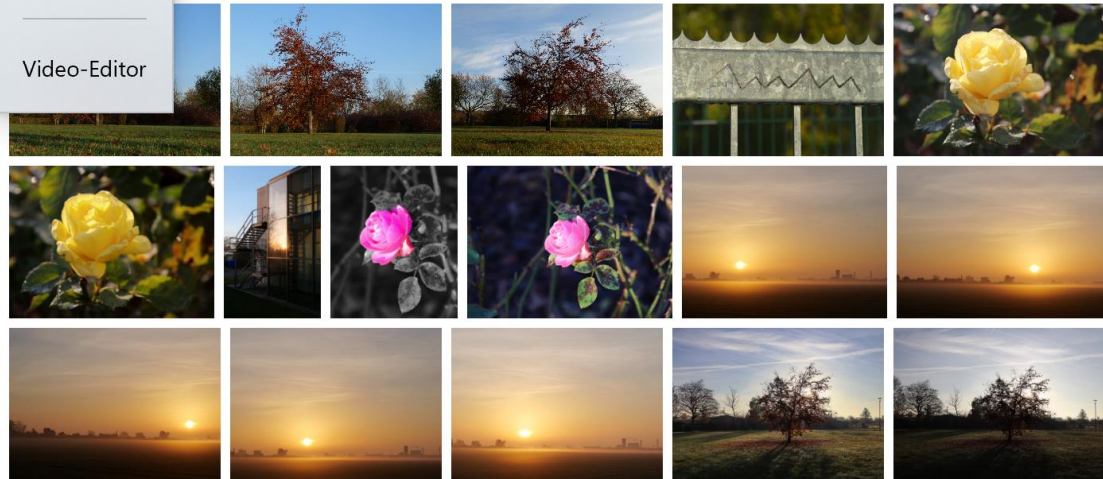
Kontakte

Ordner

Video-Editor

Aufnahmedatum ▾

Anzeigen



Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

- Professionelle Software umfasst dagegen meist zwei getrennte Komponenten für Verwaltung und Bearbeitung:
- Z.B. Adobe Lightroom und Adobe Photoshop, beide Tools mit jeweils vollem Funktionsumfang der jeweiligen Aufgabe

Bildbearbeitung

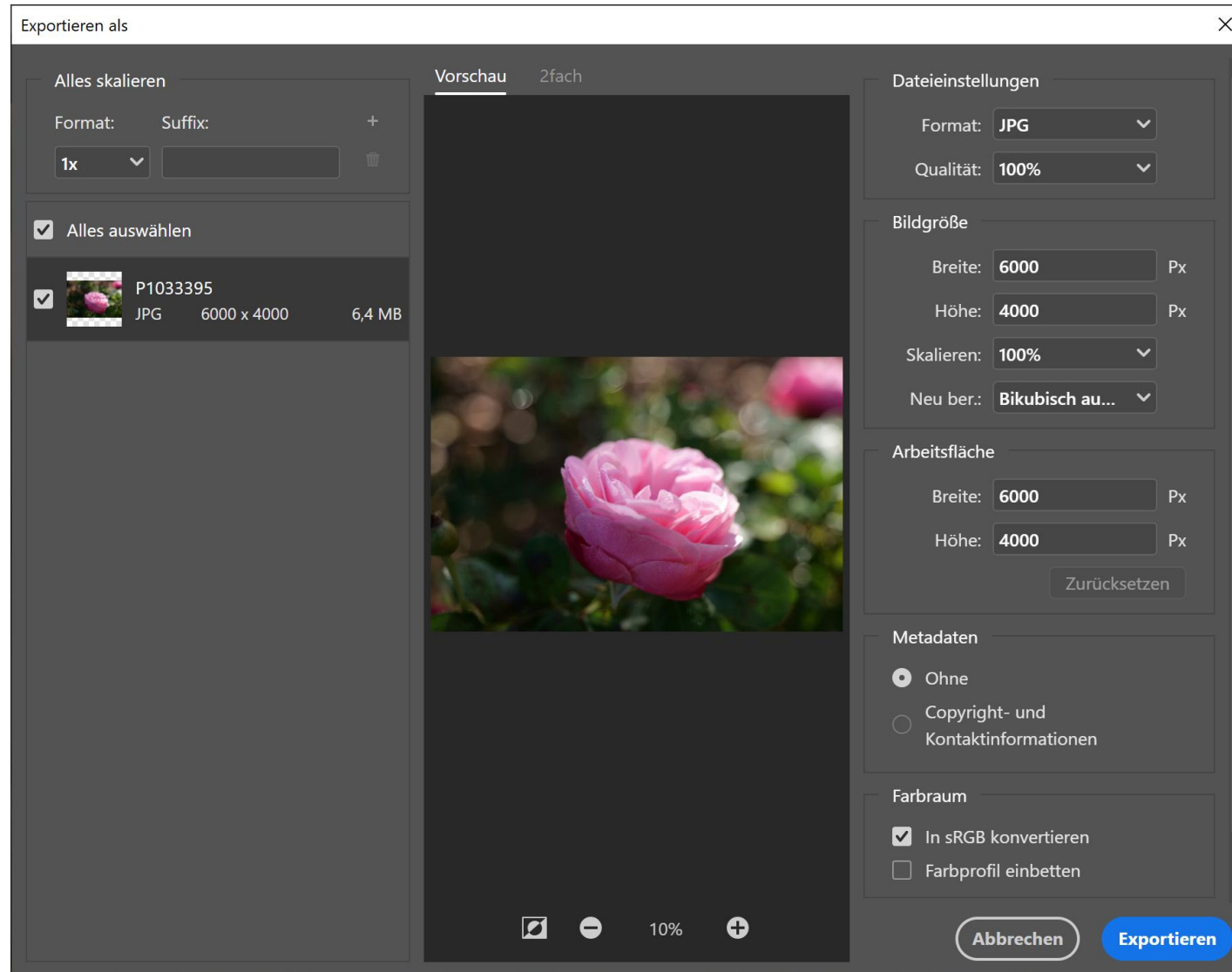
Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

- Ordnen und Archivieren
- Metadaten nutzen und editieren
- Archivierte Fotos finden
- Betrachten und optimieren
- Dateiformate ändern und exportieren
- Nutzungsrechte anpassen
- Fotos an Dritte weitergeben

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

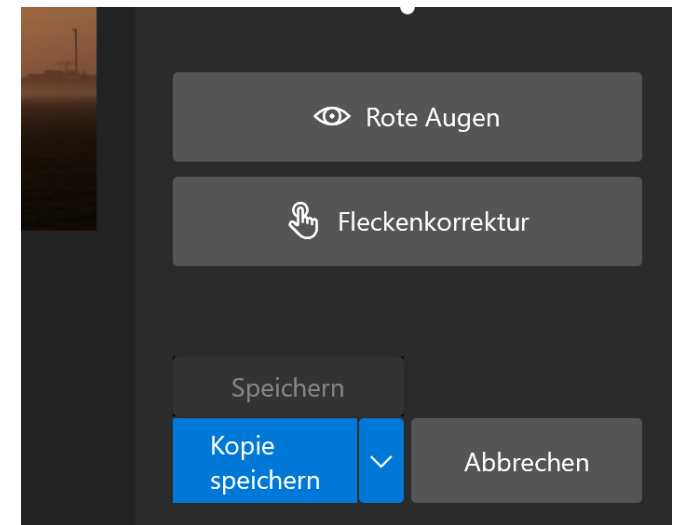
- Exporteinstellungen unterscheiden sich ebenfalls bei Software für Privat- und professionelle Anwender
- Professionelle Software bietet umfangreiche Formatauswahl für den Export...
 - PNG
 - JPG
 - GIF
 - SVG
- ...und Kontrolle der Metadaten, der Qualität usw.



Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

- Software für Privatanwender verfügt im einfachsten Fall nur über die Option, eine Kopie zu speichern oder die bestehende Datei zu überschreiben
- In den Voreinstellungen kann dann noch die Bildgröße angepasst werden, alternative Formate gibt es nicht...



Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

- Ordnen und Archivieren
- Metadaten nutzen und editieren
- Archivierte Fotos finden
- Betrachten und optimieren
- Dateiformate ändern und exportieren
- Nutzungsrechte anpassen
- Fotos an Dritte weitergeben

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Bei der Veröffentlichung oder beim Teilen von Fotos soll oft die weitere Nutzung eingeschränkt werden

Methoden:

- Nutzungsrechte in der Software, wenn alle Nutzer die gleiche Software verwenden
- Nutzungsrechte des Datenträgers oder Cloud-Speichers
- Metadatenangaben mit Nutzungsrechten (nicht kontrollierbar)
- Sichtbare und unsichtbare **Wasserzeichen** im Bild

Bildbearbeitung

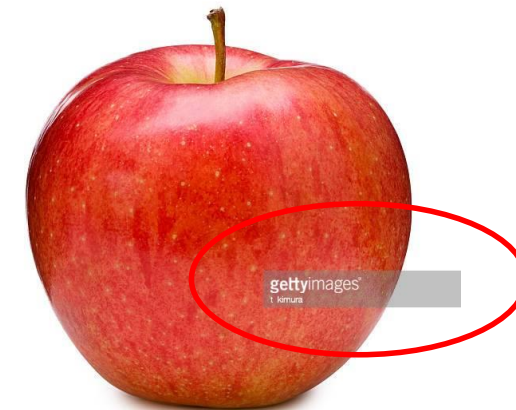
Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Sichtbare Wasserzeichen

- Textelemente oder Grafiken im Bild, die nicht bzw. nur schwer wieder entfernt werden können



Quelle: hml24.com



Quelle: gettyimages.com

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Unsichtbare Wasserzeichen...

- z.B. mittels Digimarc-Barcode
- In der Bilddatei werden in Farben oder Kontrasten Daten versteckt
- Ein Filter erkennt den Digimarc-Barcode und den Urheber
- Die Verwendung der Bilder kann eingeschränkt werden
 - setzt eine **Digimarc-ID** des Fotografen voraus (Abo)
 - Funktion kann per Plugin bereitgestellt werden
 - In PS 2022 nicht mehr supported
- Einsatz statt dessen in großem Maßstab in der Verpackungsindustrie



Quelle: Digimarc

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

...oder auch das ganze Bild: Bilddiebstahlschutz

- Software schützt ganze Bilder gegen unautorisierte Verwendung
- Findet mittels KI-Unterstützung exakt identische Bildinhalte
- Prüft gegen Datenbank des Softwareanbieters, ob die Veröffentlichung berechtigt ist
- Softwareanbieter wie Pixsy übernehmen ggf. sogar nachfolgend erforderliche rechtliche Schritte

Bildbearbeitung

Fragen zum Selbststudium

- Was bedeutet der Begriff Metadaten im Zusammenhang mit digitalen Bildern?
- Welche Standards für Metadaten kennen Sie und wofür werden diese eingesetzt?
- Warum sollten Sie vor der Bereitstellung von Digitalfotos für eine Veröffentlichung Metadaten kontrollieren und ggf. editieren?
- Worin unterscheiden sich Bildbearbeitungs- und Bildverwaltungsprogramme?
- Was ist ein digitales Wasserzeichen und welche Varianten lassen sich einfach einsetzen?

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Praxis: Kameras und Software einsetzen

- Fotografieren mit einer DSLR
- Bildbearbeitung mit Adobe Photoshop am PC im Computerkabinett
- Basistechniken im Umgang mit PS als Bildbearbeitungssoftware erlernen