

Bildbearbeitung

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

Referent: Hendrik Siegmund

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
- Bildverwaltung und Bildbearbeitung
 - Bilder verwalten
 - Bilder digital bearbeiten: Farben, Belichtung, Ausschnitte, Schärfe, Effekte...

Das Modul – Ablauf

- **Normalerweise:** 44 Stunden Präsenzveranstaltung und Übungen
- Theorieteil: Technische Entwicklung, Sensoren, Kameras, Methoden, Bildausgaben am Monitor und auf Papier
- Praxisteil
 - Fotografieren mit einer DSLR (oder einer eigenen Kamera anderen Typs)
 - Selbst aufgenommene Bilder gestalten und bearbeiten
- Prüfungsvorbereitung
- Prüfung: Klausur, 50% Anteil von insgesamt 180 min Prüfungsleistung
 - Wissen
 - Praktische und methodische Vorgehensweisen
- **Aktuell:** Theorierteil online-LV, Planung des Praxisteils noch offen

Das Modul – Lernziele

- Technik, Komponenten und Funktionsweise digitaler Kameras kennen und verstehen
- Sensoren und Kameratypen 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 - Kameratechnik*. Berlin, Heidelberg; Springer Vieweg.
- <https://kompendium.infotip.de/bildsensoren.html>
- <https://www.elprocus.com/know-about-the-working-principle-of-charge-coupled-device/>

Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- **Fotografie**
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- Aktuelle Bildsensoren und Kameras
 - CCD, CMOS, Formfaktor und Größe
 - Komponenten, Typen: Smartphone, Kompakt- und Bridgekameras, DSLR und DSLM
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildverwaltung und Bildbearbeitung
 - Bilder verwalten
 - Bilder digital bearbeiten: Farben, Belichtung, Ausschnitte, Schärfe, Effekte...

Fotografie

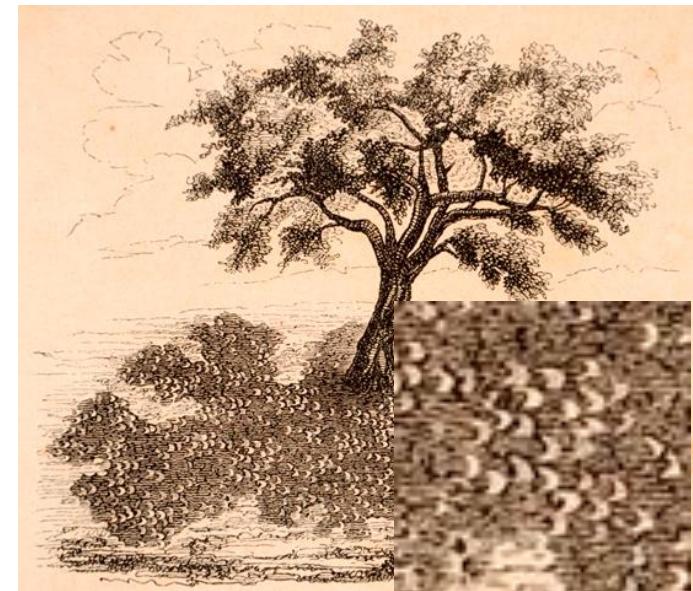
Grundlagen: Eine kurze Geschichte der Fotografie

- Das Loch in der Wand: 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
- Moderne Sensoren und Kameras
- Blick in die Zukunft

Fotografie – Entwicklung

Das Loch in der Wand: Die Camera Obscura

Aristoteles (384-322 v. Chr.) beschreibt die Abbildung der halb abgeschatteten Sonnenscheibe durch kleine Zwischenräume im Laub einer Platane während einer partiellen Sonnenfinsternis



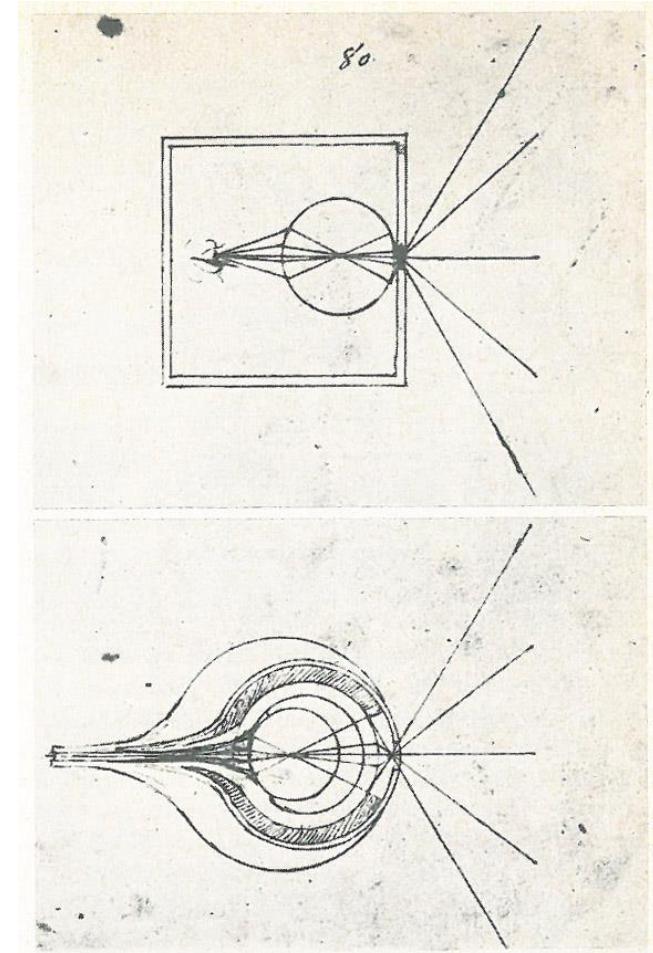
Verändert nach www.photobibliothek.ch/seite007ap.html

Fotografie – Entwicklung

Das Loch in der Wand: Die Camera Obscura

Leonardo da Vinci (1452-1519) macht ähnliche Beobachtungen zur Camera Obscura.

Dabei erkennt er die Verwandtschaft des Abbildungsvorgangs mit dem des menschlichen Auges



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

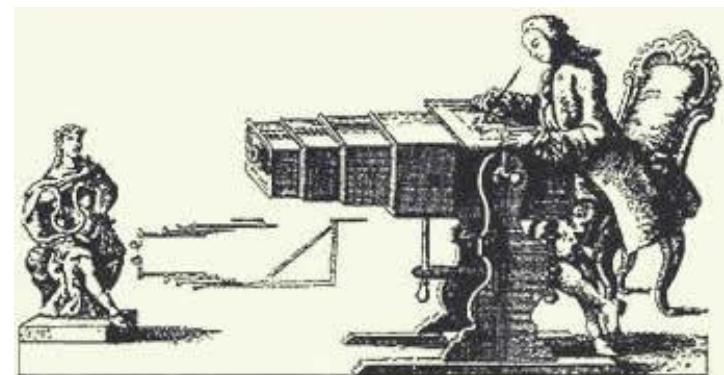
Fotografie – Entwicklung

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 Nicéphore Niépce bildet 1826/27 mit 8 Stunden Belichtungszeit erstmals dauerhaft den Blick aus seinem Arbeitszimmer durch eine Camera Obscura ab.
- 1839 entwickelt Louis Daguerre ein besseres Verfahren, das als **Daguerreotypie** bis 1850 weltweit verwendet wird.



Joseph Nicéphore Niépce (1827): Blick aus dem Arbeitszimmer in Le Gras. Quelle: Creative Commons

Fotografie – Entwicklung

Die Daguerreotypie: Bild hinter Glas

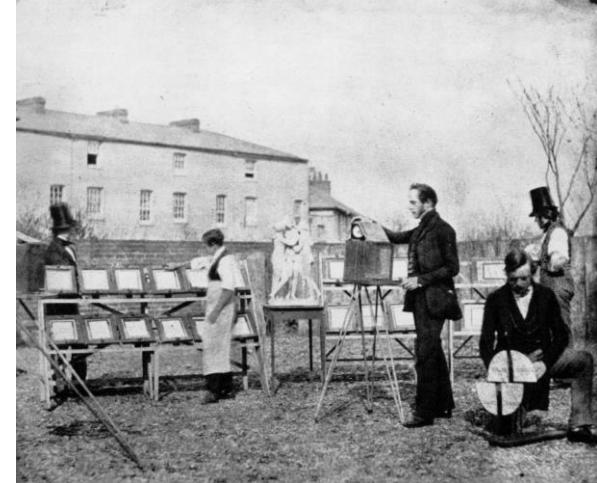
- Polierte, versilberte Kupferplatten werden mit Jod bedampft
- Eine Platte mit lichtempfindlicher Schicht aus Silberjodid entsteht, die in der Daguerreotypie-Kamera belichtet wird
- Nach Bedampfen mit Quecksilber und Fixieren entsteht ein scharfes, bereits sehr detailreiches Bild
- Jedes Bild ist ein **Unikat** und äußerst berührungssempfindlich. Deshalb wird es luftdicht hinter Glas eingeschlossen



Daguerreotypie-Kamera. Quelle:
Deutsches Museum



Louis Daguerre im Jahr 1844. Quelle:
Creative commons

Quelle: www.wikiwand.com

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 Camera Obscura entsteht ein **Negativ**, das in einer Nachbehandlung mit Natriumthiosulfat **fixiert** und dadurch lichtunempfindlich wird
- Durch **Kopieren** können so **beliebig viele Positive** erstellt werden
- Das Verfahren wird 1841 patentiert, ist billiger und einfacher als die Daguerreotypie, liefert aber vor allem wegen ungünstiger Eigenschaften des Papiers weniger überzeugende Bildqualität

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 den **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

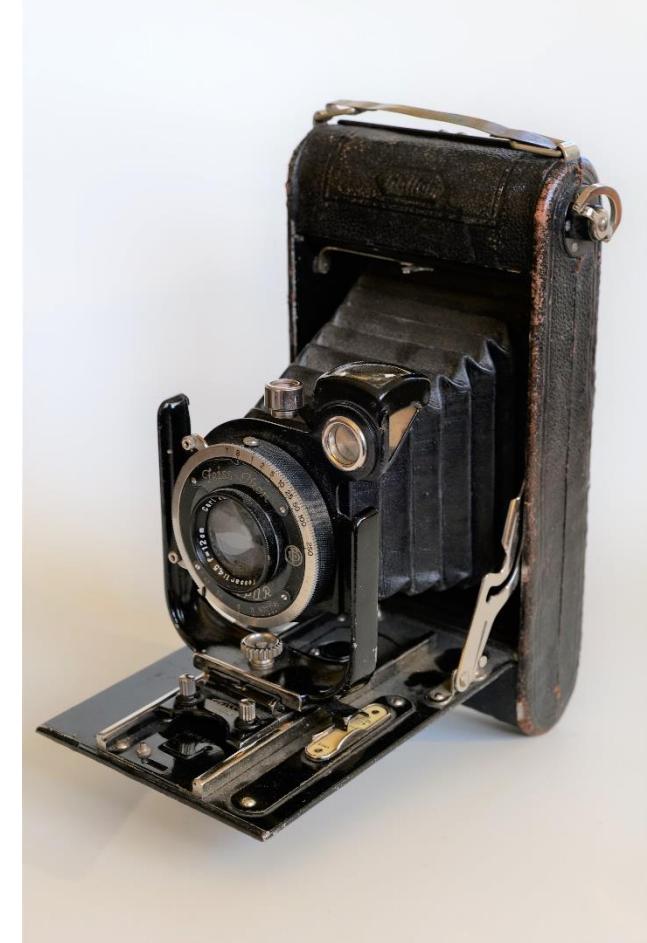


Quelle: [www.museen.thueringen.de/
Objekt/DE-MUS-047529](http://www.museen.thueringen.de/Objekt/DE-MUS-047529)

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



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 wurde dieses Format auch für Einzelbilddaufnahmen eingesetzt.
- Die Fa. Leitz entschied sich 1914, die ein Jahr zuvor vom Mitarbeiter Oskar Barnack entwickelte Kleinbildkamera zu produzieren. Sie ist heute als **Ur-Leica** bekannt.
- Das Bildformat ist 36x24mm – bis heute ein Standard auch in der Digitalen Welt



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 motorischen Filmtransport, Elektronik zur Messung der Belichtung und weitere Add-Ons
- Bis zur Einführung der Digitalfotografie dominiert der Kleinbildfilm den Markt

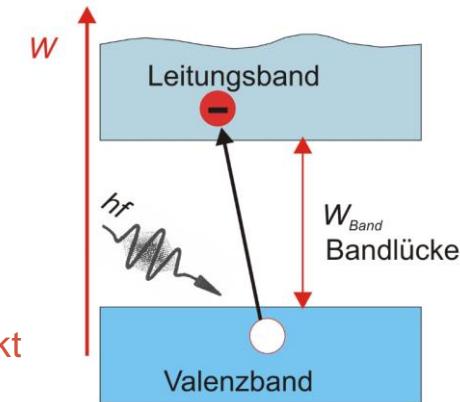
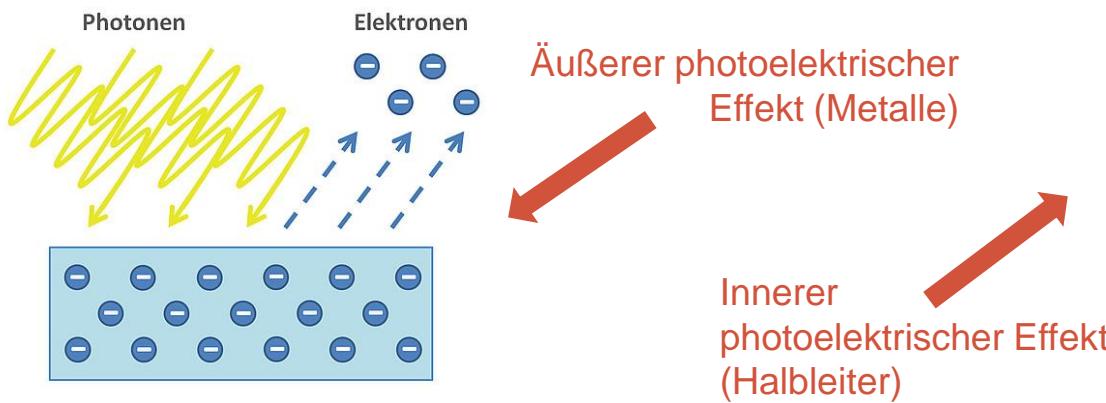


Voigtlander Vito B-126, darunter Rückseite mit 35mm KB-Film. Neupreis 1958 um 139,- DM

Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Filmkameras eignen sich nicht für eine direkte Bildübertragung, weil stets Entwicklungs- und Kopierprozesse erforderlich sind
- Die Alternative: Abbildung mithilfe des **photoelektrischen Effektes**



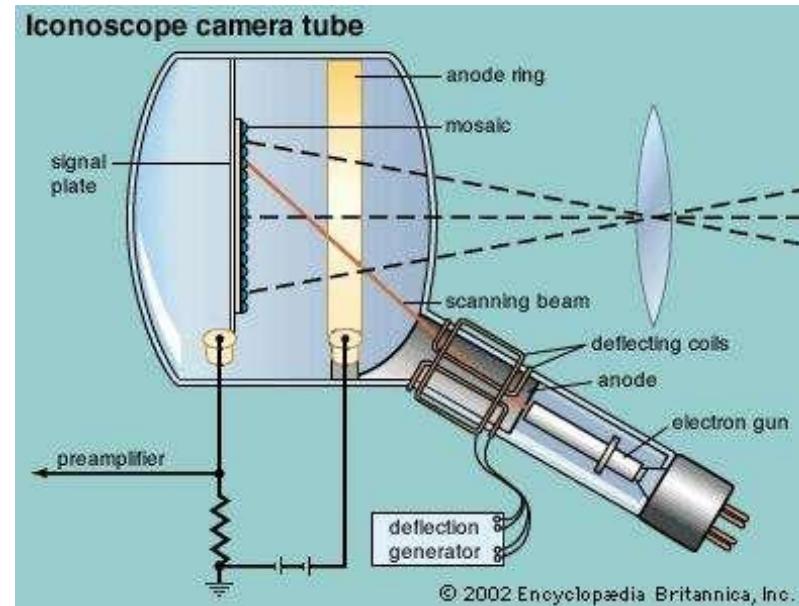
Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Vladimir Zworykins **Ikonoskop** mit Patentantrag von 1923: Auf ein **Mosaik aus Silber/Caesiumpartikeln** auftreffende Photonen werden in elektrische Ladung umgewandelt und lokal gespeichert
- Die gespeicherte Ladung lässt sich zeilenweise auslesen, in ein elektrisches Signal umwandeln, verstärken und wiedergeben



Quelle: uv201.com



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
- Das Ikonoskop wird über mehrere Schritte optimiert, vor allem zur Erhöhung der Lichtempfindlichkeit: **Super-Ikonoskop** und **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

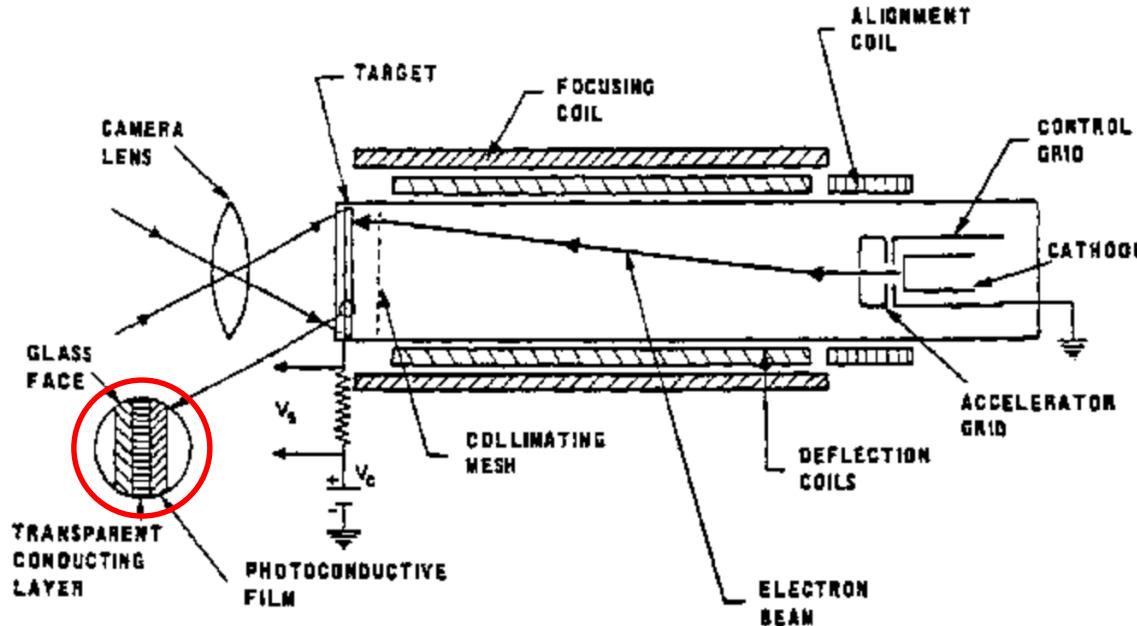


Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Vidicon, Foto Pault.

Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Die Funktionsweise



Quelle: en.wikipedia.org

Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Ein werbetechnisches Kuriosum: Die Größenangaben
- Die Größe der Bildaufnahmeröhren wird in Zoll angegeben, gemessen als **Außendurchmesser der Sensorseite der Röhre**
- 1“ = 2,54 cm

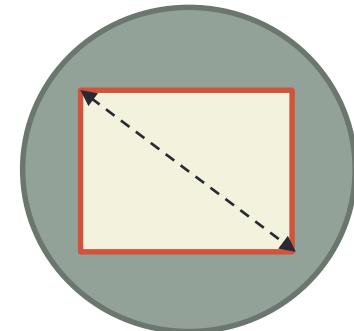


Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Vidicon, Foto PaulT.

Alternativen zu Film

Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Ein werbetechnisches Kuriosum: Die Größenangaben
- Von der Fläche sind nur rund 2/3 nutzbar, beim Bildformat 4:3 etwa 13x10 mm
- 1"-Röhre = rund 16,4 mm Sensordiagonale



- Diese Umrechnung gilt grundsätzlich auch für heutige Sensoren!

Alternativen zu Film

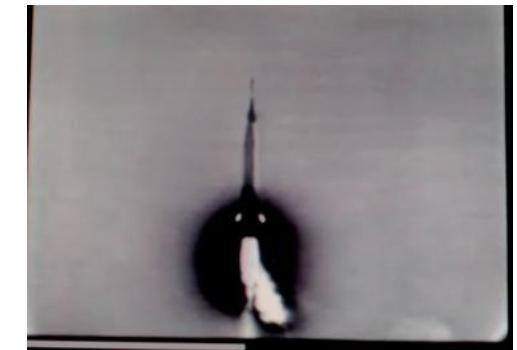
Elektronen statt Silbersalz: Sensoren in Fernsehkameras

- Die wesentlichen Nachteile der Bildaufnahmeröhren:

- 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

- Mitte der 1970er Jahre erste Kameras mit **CCD-Sensor** verfügbar
- Entwicklung von Röhrenkameras nur bis Ende der 70er Jahre
- 1983 enter the **RCA CCD-1**, Farbfernsehkamera mit Bildaufnahme mittels lichtempfindlicher Halbleiter



Quelle: www.tvcameramuseum.org

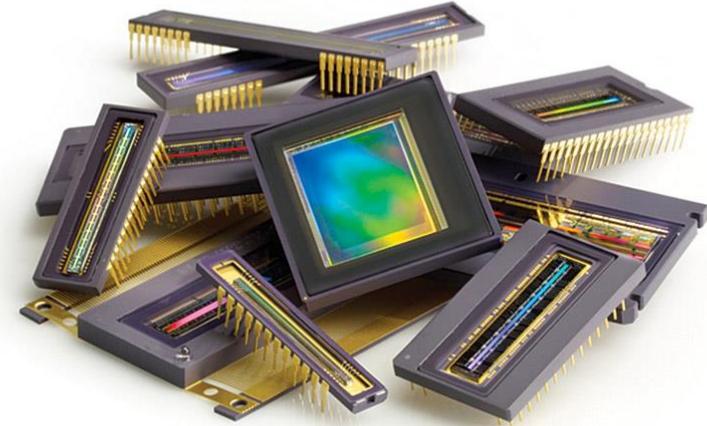
Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- Aktuelle Bildsensoren und Kameras
 - **CCD, CMOS, Formfaktor und Größe**
 - Kompakt- und Bridgekameras, DSLR und DSLM
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildverwaltung und Bildbearbeitung
 - Bilder verwalten
 - Bilder digital bearbeiten: Farben, Belichtung, Ausschnitte, Schärfe, Effekte...

Aktuelle Sensoren

Übersicht der Sensortypen 1

- **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



Quelle: Teledyne DALSA

Aktuelle Sensoren

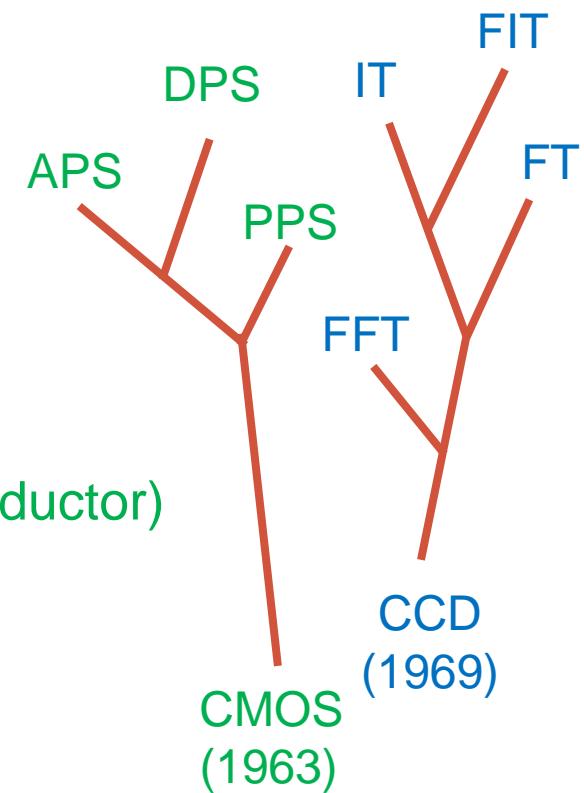
Übersicht der Sensortypen 2

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



Aktuelle Sensoren

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** entdeckt
- 2009 Physik-Nobelpreis für diese Entdeckung

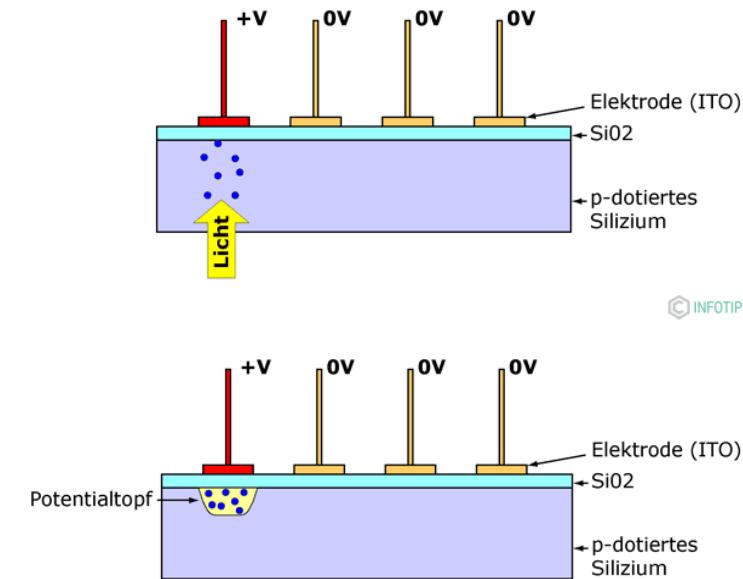


Quelle und ©: The Nobel Foundation.
Photo: U. Montan

Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- MOS-Kondensatoren auf einem p-dotierten SiO_2 -Halbleitersubstrat können in Reihen angeordnet werden
- Jeder Kondensator kann Ladungen speichern
- Die Ladung kann durch Licht, Strom oder Wärme erzeugt werden
- Die Ladungsansammlung sind örtlich begrenzt

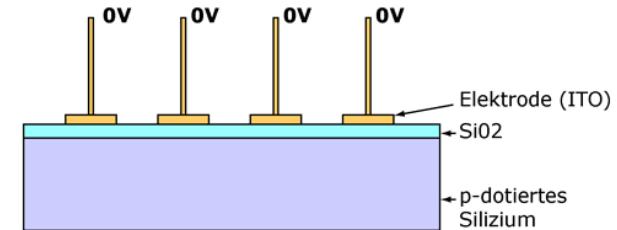


Quelle:
kompendium.infotip.de/bildsensoren.html

Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

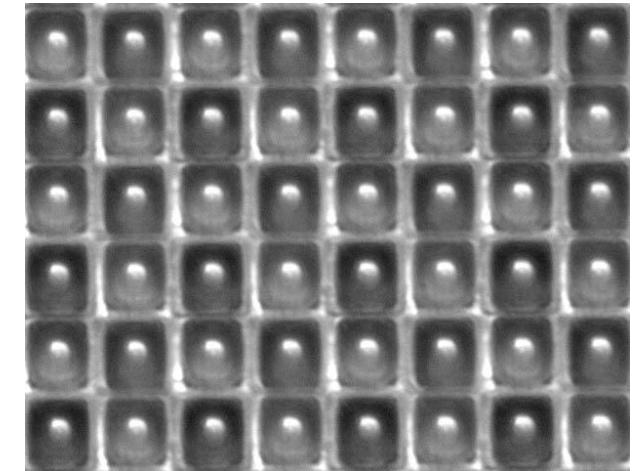
- Schrittweises Fortschalten einer Spannung verschiebt die Ladungen praktisch verlustfrei in einen benachbarten MOS-Kondensator
- Mit passender externer Beschaltung als **Speicher, Schieberegister oder Lichtsensor** einsetzbar



Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- Bei Anwendung als Lichtsensor bildet jeder MOS-Kondensator ein lichtempfindliches Bildelement oder **Pixel**
- Die pro Zeiteinheit gesammelte Ladungsmenge (Elektronen) in der Zelle ist der einfallenden Lichtmenge (Photonen) proportional
- Auf dem Sensor ist eine Vielzahl von Fotodioden untergebracht, aktuell technisch $> 100.000.000$ Pixel erreicht

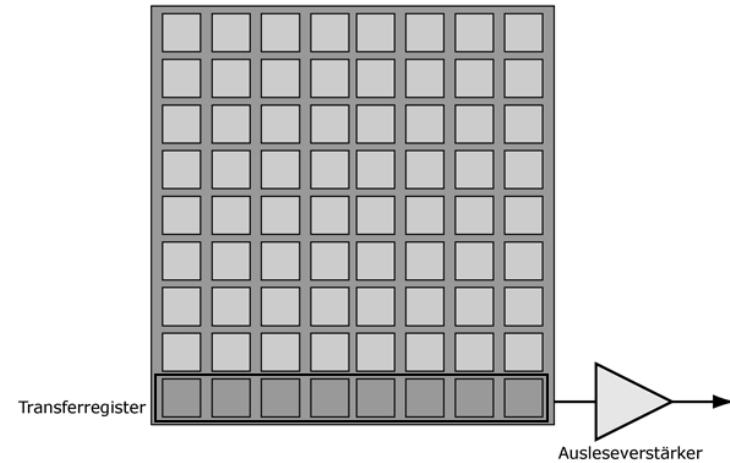


Sensorausschnitt bei 40facher Vergrößerung
Quelle: petapixel.com

Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- Auf die flächig angeordneten Fotodioden wird ein Bild projiziert
- Jede Fotodiode erhält eine diesem Bild entsprechende Lichtmenge
- Nach der Belichtung werden die Ladungen aller Zellen **verschoben und seriell ausgelesen.**
- Der Sensor liefert **analoge Bildsignale**, die Weiterverarbeitung erfolgt extern

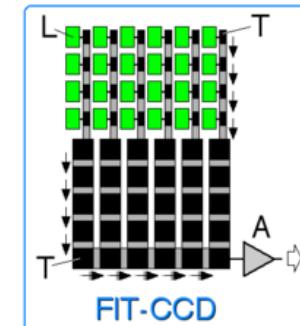
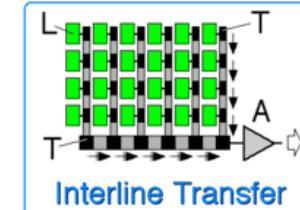
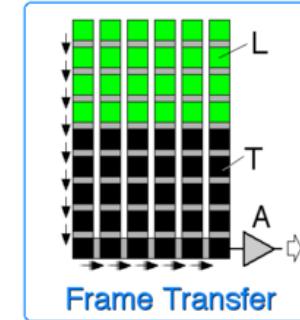
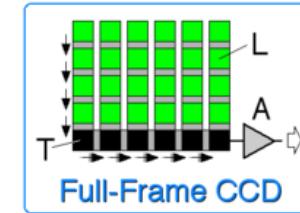


Quelle:
kompendium.infotip.de/bildsensoren.html

Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

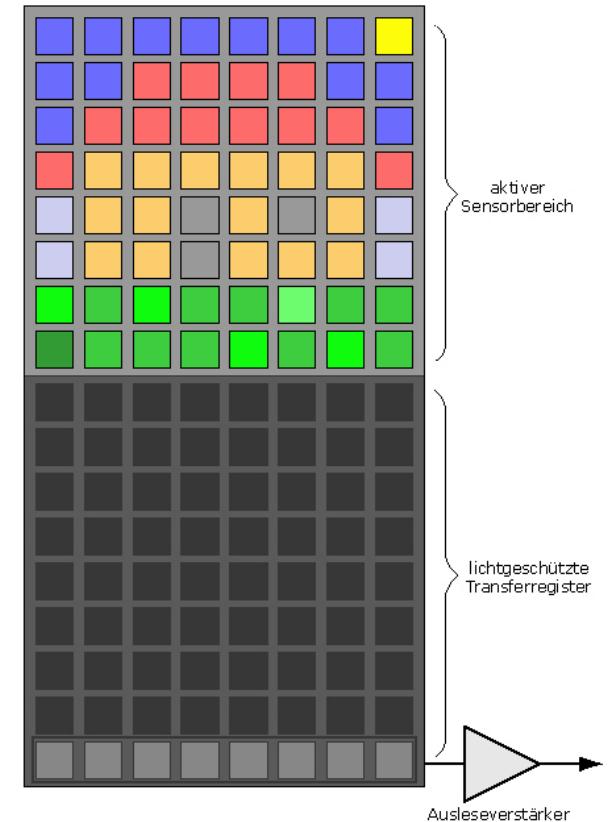
- Für das Auslesen wird relativ viel Zeit benötigt, sehr schnelle Bildfolgen sind nicht ohne Weiteres möglich
- Während des Auslesens darf kein Licht mehr auf die Zellen fallen, weil sonst Ladung hinzukommt, die das Bild verfälschen würde
- Lösungsansätze:
 - Mechanischer Verschluss
 - Variation und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



Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- Variation 1 gegenüber dem einfachen FFT-CCD: **Frame Transfer-CCD**
- Neben dem lichtempfindlichen Sensorbereich liegt ein **abgedeckter Bereich mit der gleichen Zellenanzahl**
- Das Bild wird schnell und vollständig (**Frame**) in dieses lichtgeschützte **Transferregister** übertragen
- Erst von dort wird es zeilenweise ausgelesen.

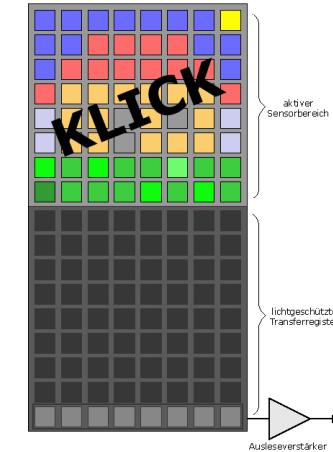


Quelle:
kompendium.infotip.de/bildsensoren.html

Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- Vorteile von Frame Transfer-CCDs:
 - Etwas schnellere Bildfolgen, weil der Sensor parallel zum Auslesen schon wieder belichtet werden kann
 - Die einzelnen Fotodioden sind genauso groß wie beim FFT-CCD, sie besitzen die gleiche Empfindlichkeit
 - Bei längeren Belichtungszeiten Verzicht auf mechanischen Verschluss möglich
- Nachteile von Frame Transfer-CCDs:
 - Doppelte Sensorfläche benötigt
 - Höherer Preis
 - Für kurze Belichtungszeiten noch immer ein mechanischer Verschluss erforderlich

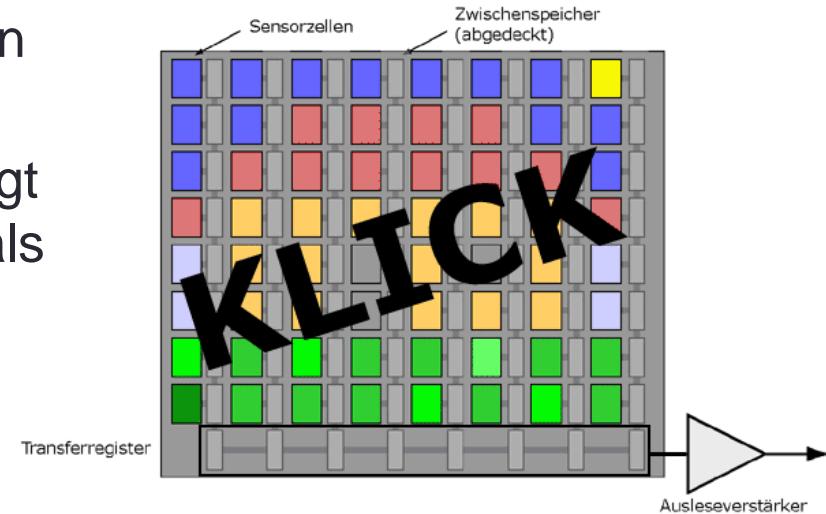


Quelle:
kompendium.infotip.de/bildsensoren.html

Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- Variation 2 gegenüber dem einfachen FFT-CCD: **Interline Transfer-CCD**
- Neben jeder einzelnen Fotodiode liegt ein **abgedeckter Zwischenspeicher** als Transferregister
- Das Bild wird sehr schnell in die Zwischenspeicher transferiert
- Erst von dort wird zeilenweise ausgelesen.

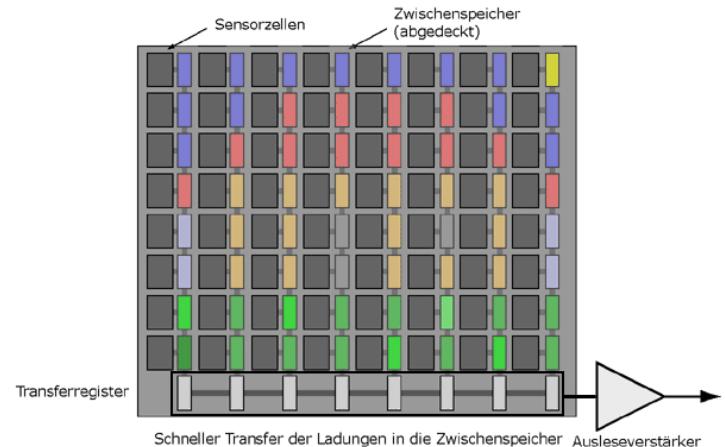


Quelle:
kompendium.infotip.de/bildsensoren.html

Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- Vorteile von Interline Transfer-CCDs:
 - Noch einmal schnellere Bildfolgen, weil der Sensor parallel zum weiter beschleunigten Auslesen schon wieder belichtet werden kann
 - Verzicht auf mechanischen Verschluss üblich
- Nachteile von Frame Transfer-CCDs:
 - Die Fläche der nutzbaren Fotodioden nimmt bei gegebener Sensorgröße ab (kleinerer Fill-Factor), damit geringere Lichtempfindlichkeit und mehr Rauschen bei wenig Licht.
 - Empfindlich für **Smearing**: Unerwünschte Sättigung oder Übertreten von Ladungen in benachbarte Fotodioden oder Transferregisterzellen, die das Bild stören
- Häufigste Bauart bei CCD-basierten Kameras

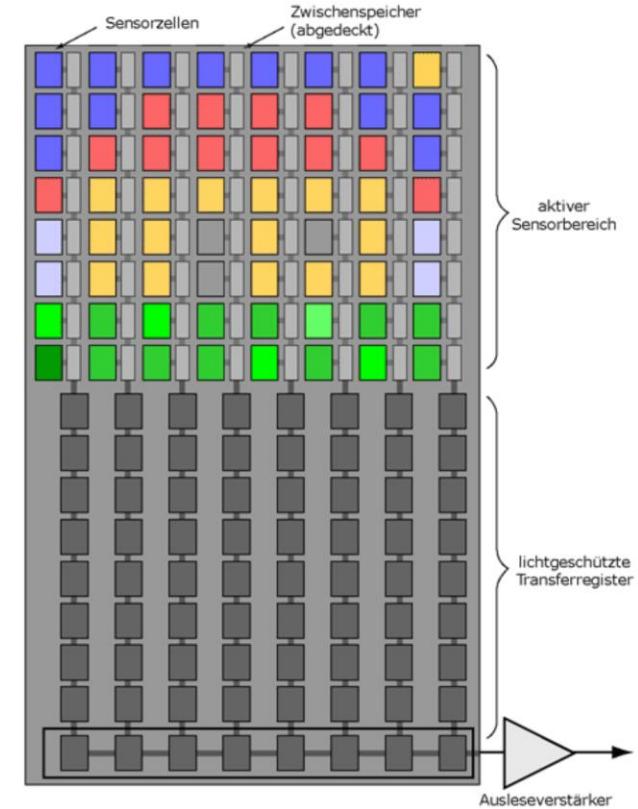


Quelle:
kompendium.infotip.de/bildsensoren.html

Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 1: CCD-Sensoren

- Variation 3 gegenüber dem einfachen FFT-CCD: **Frame Interline Transfer-CCD**
- Kombiniert die Techniken des Frame und des Interline Transfer-CCD
- Vorteile:
 - Deutlich reduziertes Smearing durch schnellsten Ladungstransport in völlig abgedunkelten Bereich
 - Kein mechanischer Verschluss nötig
- Nachteil:
 - Teuer, da pro Bildelement drei Zellen erforderlich



Quelle:
kompendium.infotip.de/bildsensoren.html

Aktuelle Sensoren

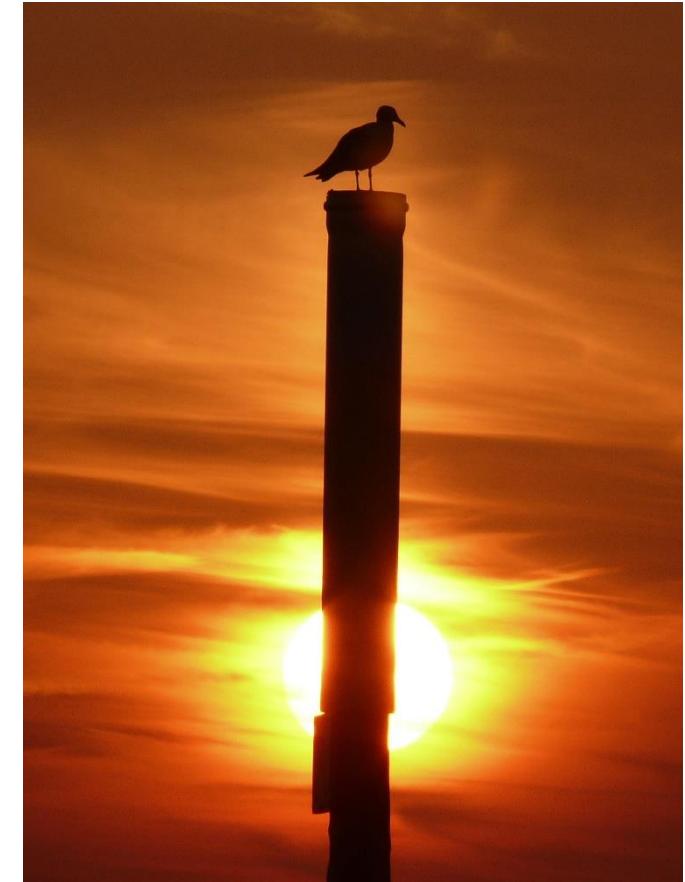
Eigenschaften von CCD-Sensoren

- **Vorteile:**
- Hohe Lichtempfindlichkeit und wenig Rauschen wegen des großen möglichen **Fill Factors** (Anteil der lichtempfindlichen Fläche von der Gesamtfläche)
- Weniger defekte Pixel aufgrund der einfachen Struktur
- Da alle Pixel vom gleichen Verstärker ausgelesen werden: sehr homogenes Bild
- Für industrielle und wissenschaftliche Anwendungen mit hohen Qualitätsanforderungen lange konkurrenzlos

Aktuelle Sensoren

Eigenschaften von CCD-Sensoren

- **Nachteile:**
- 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**



Blooming: Die Sonne sättigt die Pixel und Elektronen treten in den Schatten des Pfahls

Aktuelle Sensoren

Eigenschaften von CCD-Sensoren

- **Nachteile:**
- 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**

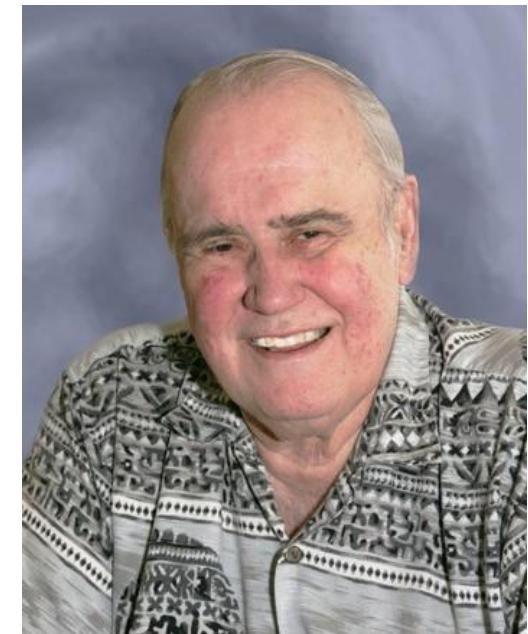


Quelle:
www.youtube.com/watch?v=bdTpW2ERcQo

Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 2: CMOS-Sensoren

- CMOS-Technik 1963 beschrieben von Frank Wanlass und 1967 patentiert
- 1968 erster Logik-Schaltkreis der CDC 40XX-IC-Familie
- Grundlage der Computertechnologie
- CMOS-Sensoren für Bildverarbeitung ab Mitte der 1970er Jahre eingesetzt

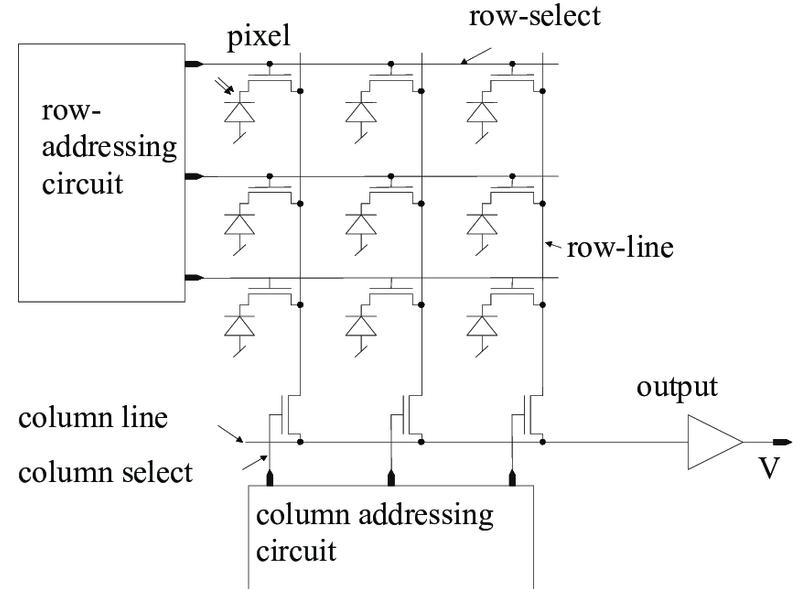


Frank Wanlass (2009). Quelle:
www.ithistory.org/honor-roll/dr-frank-marion-wanlass

Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 2: CMOS-Sensoren

- Wie beim CCD-Sensor sind Fotodioden auf einem Halbleitersubstrat flächig angeordnet
- Unterschied zum CCD: jede Fotodiode (jedes Pixel) erhält mindestens **einen eigenen Transistor als Schalter** zum Auslesen (Passive Pixel Sensor)
- Ladungen werden zum Auslesen nicht über den ganzen Sensor verschoben

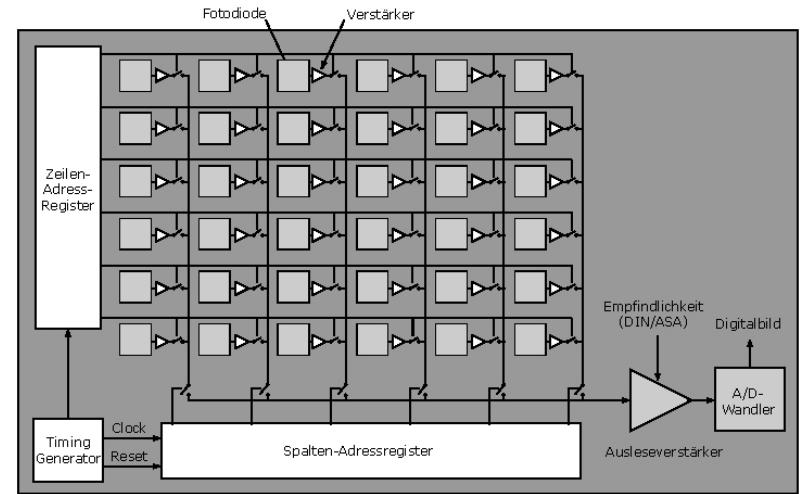


Quelle:
www.researchgate.net/figure/Architecture-of-CMOS-passive-image-sensor-6_fig2_2909829

Aktuelle Sensoren

Funktionsweise 2: CMOS-Sensoren

- Ladungen werden nach Belichtung schnell seriell ausgelesen
- Adressregister übernehmen die Steuerung des Auslesevorgangs aller Spalten und Zeilen
- Die Register und die Komponenten zur weiteren Verarbeitung sind auf dem Sensorchip untergebracht



Quelle:
kompendium.infotip.de/bildsensoren.html

Aktuelle Sensoren

Eigenschaften früher PPS-CMOS-Sensoren

Vorteile:

- Sehr geringe Leistungsaufnahme
- Signalverarbeitung on-Chip: viel preisgünstigere Kameras möglich

Nachteile:

- Hoher Platzbedarf für Elektronik **reduziert Fill Factor**, z.T. unter 30%
- **Geringe Quanteneffizienz** (Wirkungsgrad Photonen zu Elektronen),
- mehr Rauschen, weniger Dynamik, real kaum schneller als CCD
- Fertigungstechnik erlaubt nur geringe Dichte der Fotodioden

Konsequenz: Wegen geringerer Bildqualität zunächst ohne Bedeutung

Aktuelle Sensoren

Entwicklung der CMOS-Sensoren

- Ende der 80 Jahre Einsatzreife für geringere Anforderungen, z.B. optische Computermaus
- Grundlagenforschung zu **Active Pixel Sensors**: Zur Verbesserung des Rauschabstandes bekommen die Dioden einzelne Verstärker
- Ab 1990 arbeitet Eric Fossum am NASA **Jet Propulsion Laboratory** an CMOS-Sensoren
- Jede Fotodiode erhält jetzt **mindestens drei MOSFET-Transistoren**, einer davon ist ein Verstärker



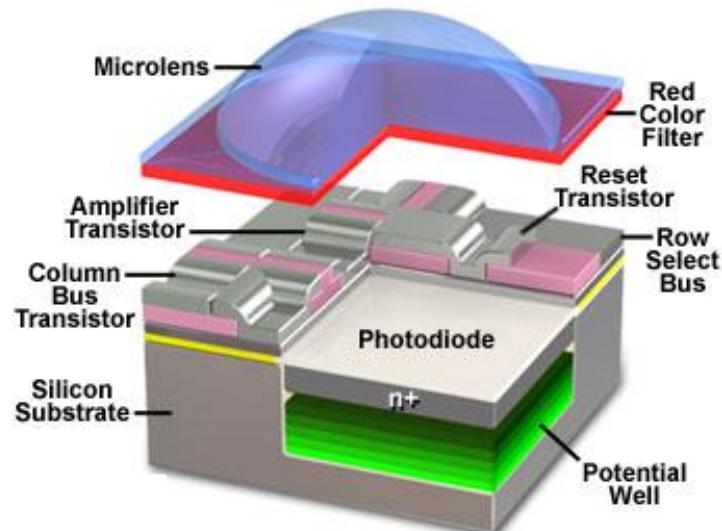
Quelle: www.invent.org/inductees/eric-fossum

Aktuelle Sensoren

Entwicklung der CMOS-Sensoren

- Ab 1995 kommerzielle Herstellung von APS-Sensoren, u.a. für Webcams
- Fortschritte im Herstellungsprozess reduzieren den Platzbedarf für die nicht lichtempfindliche Elektronik
- Mikrolinsen vor jedem Pixel fokussieren das Licht auf die Photodiode
- Quanteneffizienz steigt auf rund 70% an

Anatomy of the Active Pixel Sensor Photodiode



Quelle: olympus-lifescience.com

Aktuelle Sensoren

Eigenschaften aktueller APS-CMOS-Sensoren

Vorteile:

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

Nachteile:

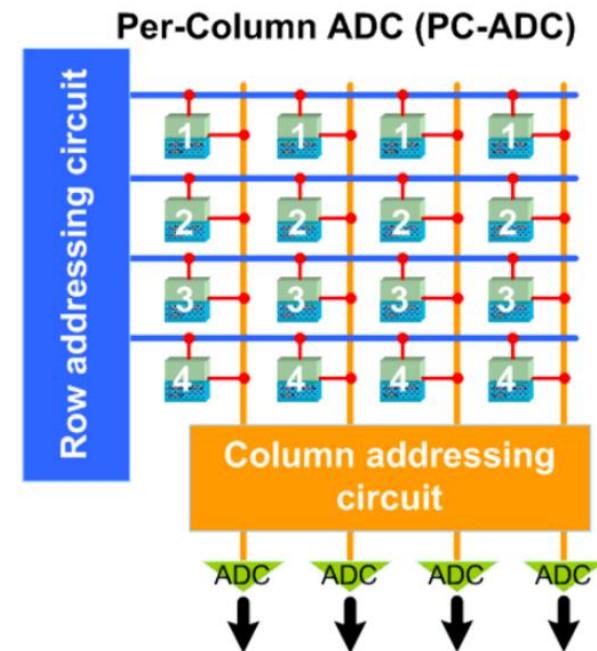
- Unterschiedlich empfindliche Pixel (inhomogenes Bild)
- Noch immer nicht ganz der gleiche Fill Factor wie bei CCD

Konsequenz: CMOS hat CCD verdrängt, CCD-Herstellung geht zurück

Aktuelle Sensoren

Sonderfall DPS-CMOS-Sensoren

- Für extreme Anforderungen an Dynamik und/oder Bildwiederholrate
- Statt eines AD-Wandlers erhält jede Spalte einen eigenen Wandler
- Teilweise parallele Datenverarbeitung auf dem Chip: deutlich schneller
- Rückkopplung mit Fotodioden bei Übersteuerung: Selbst-Reset und erneute Messung
- Nicht für Consumer-Anwendungen

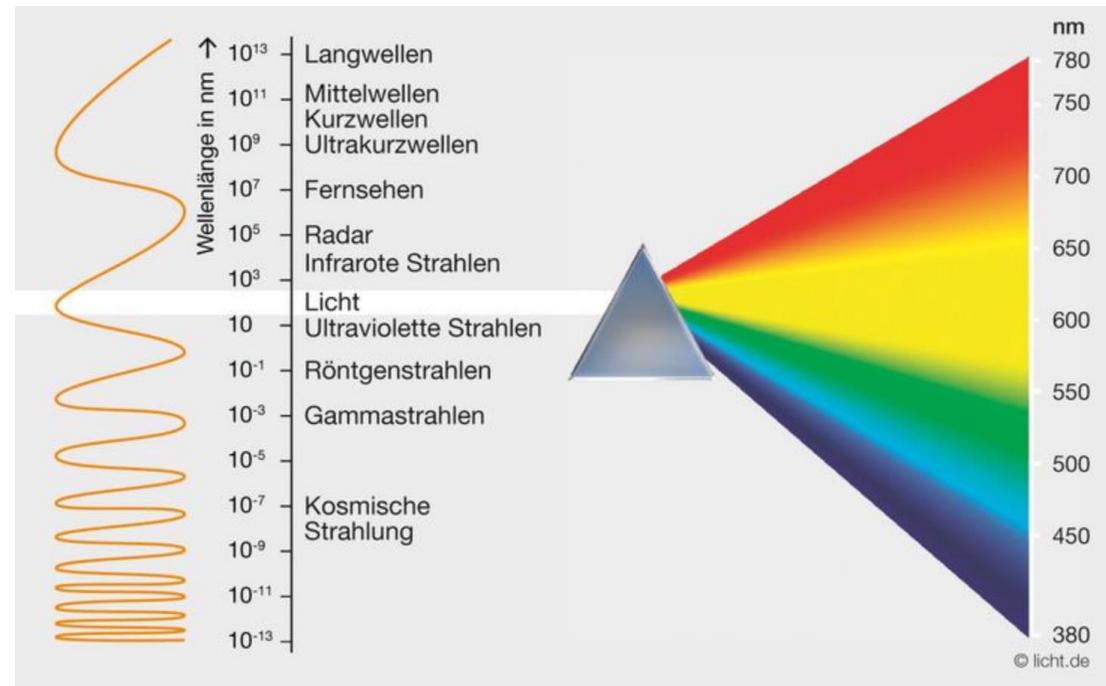


Quelle: mdpi.com/1424-8220/9/1/430/htm

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Farben und Farbwiedergabe

- Was ist Farbe?
- Licht verschiedener Wellenlängen
- Von rot = **780nm** bis blau = **380nm**



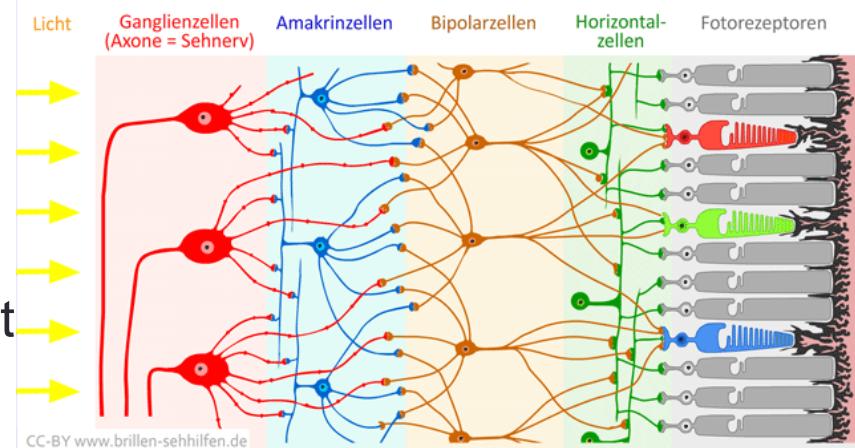
Quelle: www.licht.de/de/de/lichtlexikon

Aktuelle Sensoren

Farben und Farbwiedergabe

- Unser Auge besitzt Rezeptoren für Helligkeit und die drei Grundfarben **rot, grün und blau** (RGB)
- Wir können damit Millionen von Farben unterscheiden
- Detailauflösung und Empfindlichkeit für Farben sind jedoch geringer als für Helligkeit (Nachts sind alle Katzen grau)

Aufbau der Netzhaut (Retina)



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

Quelle:

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

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Farben und Farbwiedergabe

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

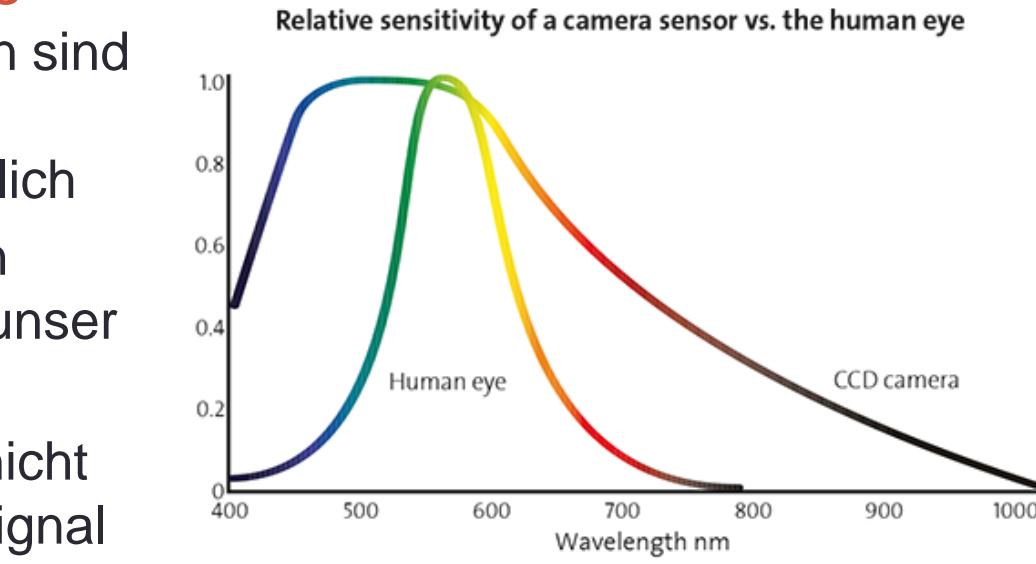
$$L = R + G + B$$

- 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

Aktuelle Sensoren

Farben und Farbwiedergabe

- CCD- uns CMOS-Sensoren sind per se für alle Farben des sichtbaren Lichtes empfindlich
- Sensoren decken dabei ein breiteres Spektrum ab als unser Auge
- Farben lassen sich daher nicht ohne weiteres am Sensorsignal erkennen



Quelle:

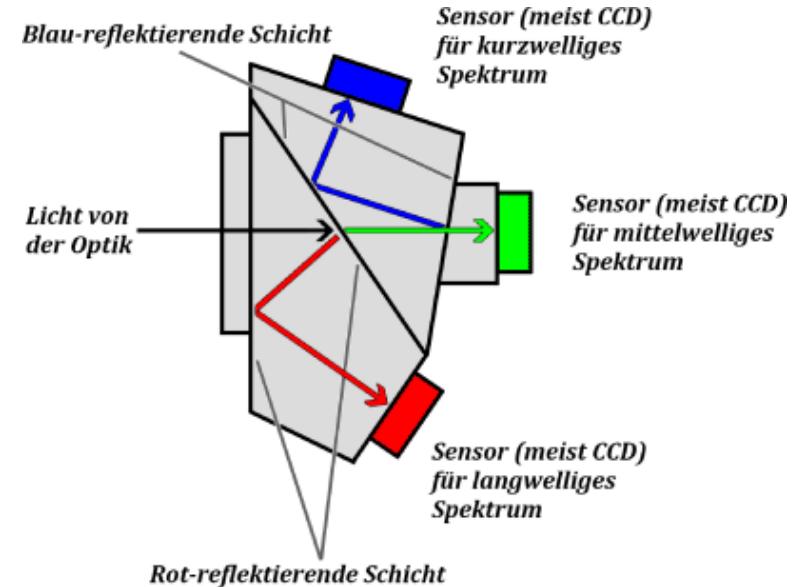
[/www.stemmer-imaging.com/de-at/grundlagen/wellenlaenge-des-lichtes/](http://www.stemmer-imaging.com/de-at/grundlagen/wellenlaenge-des-lichtes/)

Aktuelle Sensoren

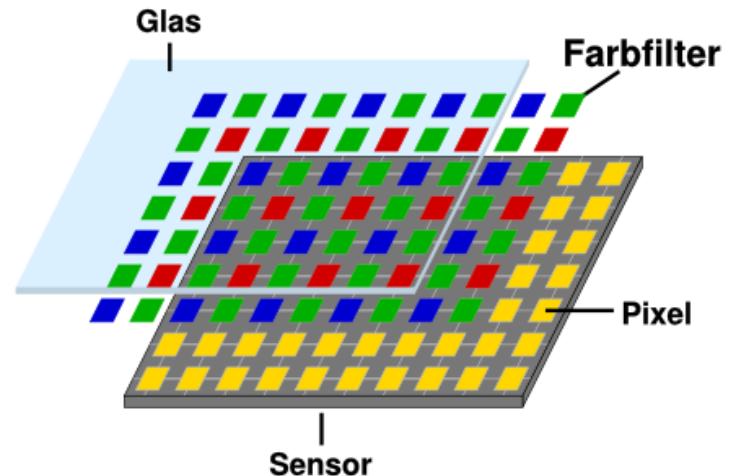
Farben und Farbwiedergabe

- Ein Lösungsansatz: **Farbfilter**
- Entweder ein ganzer Sensor oder einzelne Pixel erhalten Farbfilter für je eine der drei Grundfarben

- Ein Sensor für jede Grundfarbe in hochwertigen Videokameras oder in Kameras für wissenschaftliche Zwecke
- Ein Sensor mit Farbfiltern vor den Pixeln in Consumer- und Profikameras



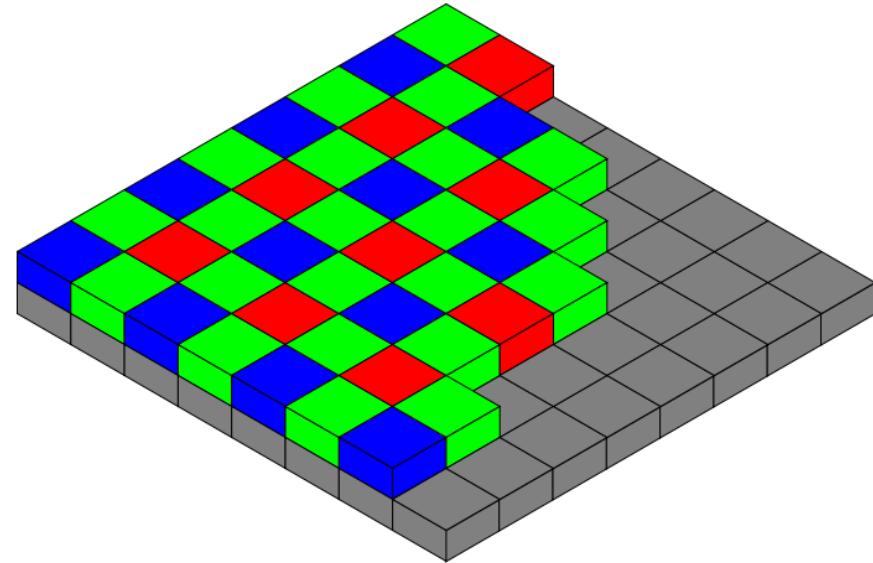
Quelle: Kameratechnik, link.springer.com



Quelle: www.elmar-baumann.de/fotografie

Aktuelle Sensoren

Farben und Farbwiedergabe



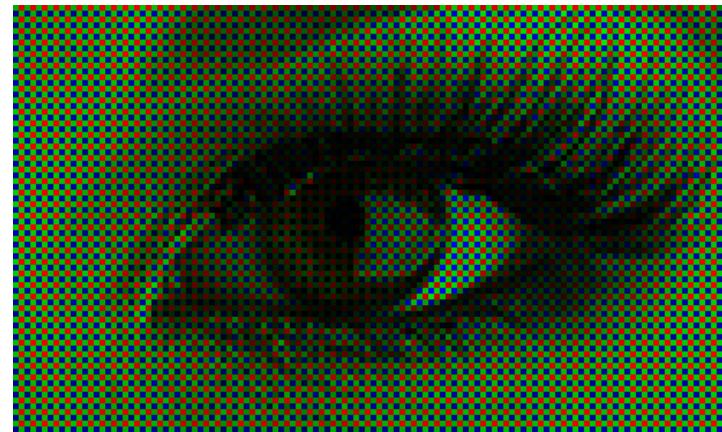
Quelle: wikipedia.org; Autor Cburnett

- Das menschliche Auge besitzt um 550 nm die größte Empfindlichkeit
- Sensoren müssen für eine als korrekt empfundene Farbwiedergabe 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 vielen 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

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Farben und Farbwiedergabe

- Der Bayer-Filter wurde 1976 für Eastman Kodak patentiert
- Er liefert mit einer einzigen Belichtung ein komplettes Farbbild, aber die Farbinformationen sind unvollständig und ähneln einem **Mosaik**



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

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Farben und Farbwiedergabe

- Die Sensor-Rohdaten müssen vervollständigt werden, bevor sie brauchbar sind: **Demosaicing**
- Die fehlenden Farbinformationen werden für jedes Pixel **interpoliert**



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

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Farben und Farbwiedergabe

- Farbesensoren 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 Anzahl an Pixeln
 - 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
 - ...sind in den meisten aktuellen Digitalkameras verbaut

Aktuelle Sensoren

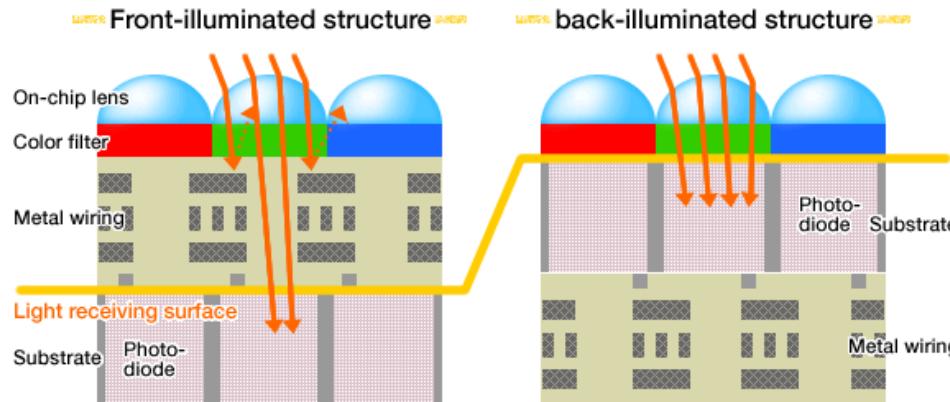
CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

- Backside Illuminated Sensor
- Foveon-Sensor
- Andere Pixelanordnungen (Super-CCD-Sensor, X-Trans-Sensor...)
- Recherche einzeln oder in Gruppen:
- Was bedeuten diese Begriffe?
- Welche Hersteller haben diese Technologien eingeführt?
- Welche Vorteile bieten die Technologien (Marketing, real/getestet)?
- Welche Nachteile haben die Technologien?
- Abschließend werden Ergebnisse im Plenum erörtert.

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

- **Backside Illuminated Sensor (BIS)**
- Bei normalen Sensoren liegen Transistoren und Leitungen auf der dem Bild zugewandten Sensorseite und verdecken teilweise die Fotodioden
- Bei einem BIS ist dies umgekehrt



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

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

- 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 (entspricht mehr als einer Verdoppelung)

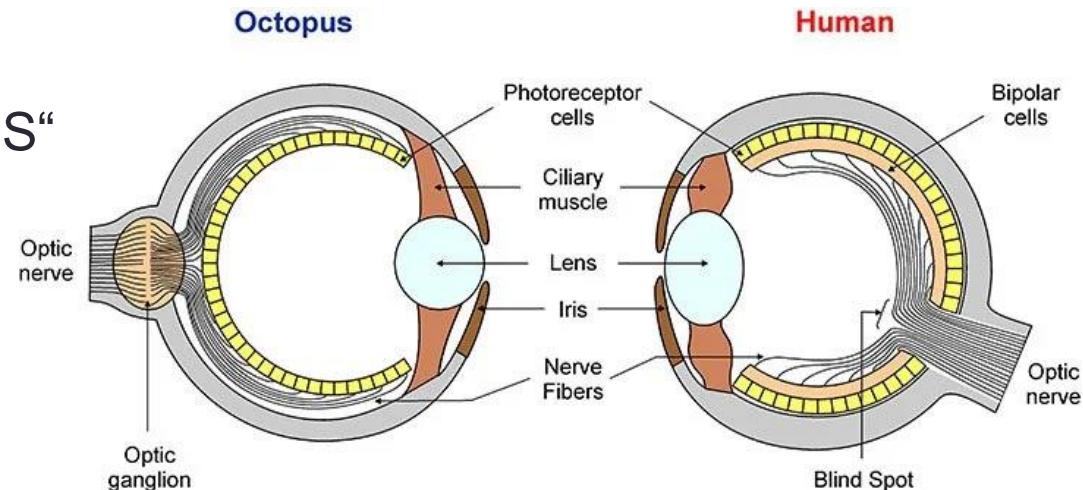
Quelle: <https://www.sony.net/SonyInfo/News/Press/200806/08-069E/>

- BIS sind deutlich schwieriger herzustellen
- BIS besitzen ein sehr dünnes und damit weniger stabiles Substrat
- BIS werden seit Beginn der Vermarktung durch Sony im August 2009 zum Standard, auch und gerade für kleine Sensoren in Smartphones

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

- **Backside Illuminated Sensor** – Beispiel aus der Natur: Augen von Wirbeltieren und Tintenfischen (Cephalopoden)
- Wirbeltiere besitzen „normale“ Sensoren
- Tintenfische besitzen „BIS“
- **Konvergente Evolution**



Quelle:

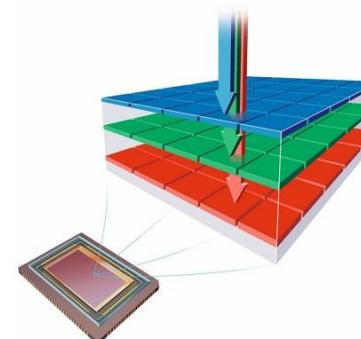
www.reddit.com/r/todayilearned/comments/bm76rt/til_that_everyone_is_actually_blind_in_one_part/

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

- **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:

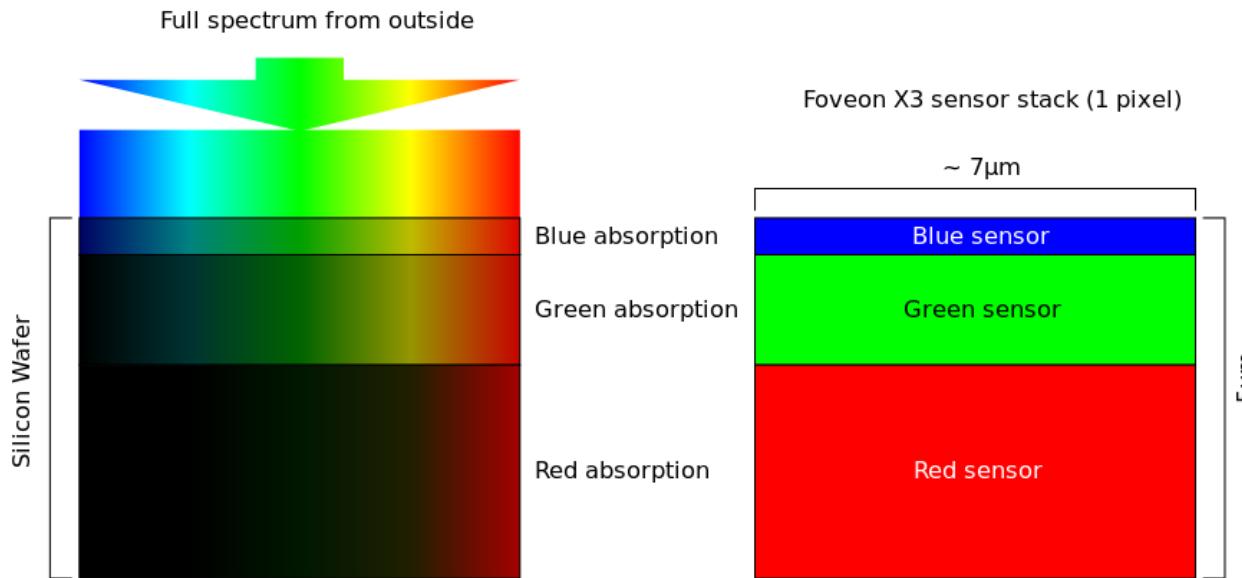
- Blau bis ca 1,8 µm
- Grün bis ca.3,6 µm
- Rot bis ca. 7 µm



Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

- Foveon-Sensor



Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Foveon_X3

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

- Foveon-Sensor
- Der Verzicht auf Interpolation liefert bei gleicher rechnerischer Pixelanzahl gegenüber dem Bayer-Filter **schärfere Bilder**
- Die angegebene Pixelanzahl einer Bilddatei entspricht der physikalischen Anzahl auf dem Sensor, weil jede Fotodiode für alle Farben genutzt werden kann.
- Der Foveon-Sensor ist **nicht anfällig für Moiré**

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

- Foveon-Sensor
- Moiré entsteht durch Wechselwirkungen mit regelmäßigen (Gitter-) Linien im Motiv und dem Farbmuster des Bayer-Filters
- Der Foveon X3-Sensor vermeidet Moiré prinzipbedingt und kann daher ohne Tiefpassfilter verwendet werden (Anti-Aliasing-Filter)



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

Aktuelle Sensoren

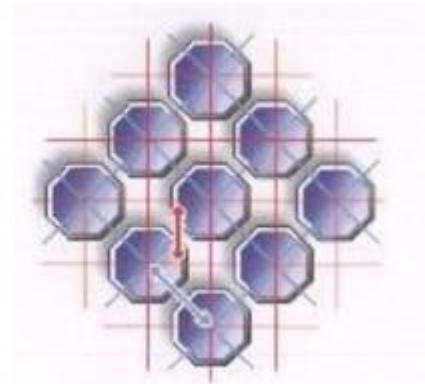
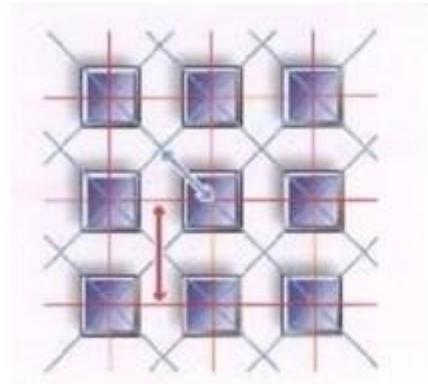
CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

- Foveon-Sensor
- 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
- Foveon-Sensoren werden aktuell nur vom japanischen Hersteller **Sigma** eingesetzt, die für 2020 angekündigte Einführung eines Vollformatsensors wurde aus technischen Gründen auf unbestimmte Zeit verschoben

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

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



Quelle: www.optique-ingénieur.org/en/courses/OPI_ang_M05_C06/co/Contenu_19.html

Aktuelle Sensoren

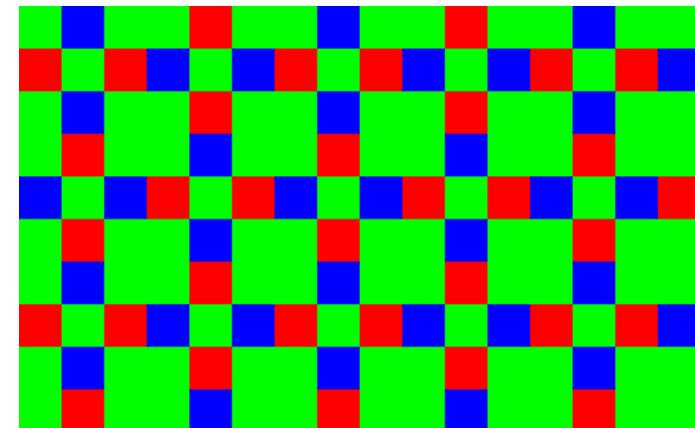
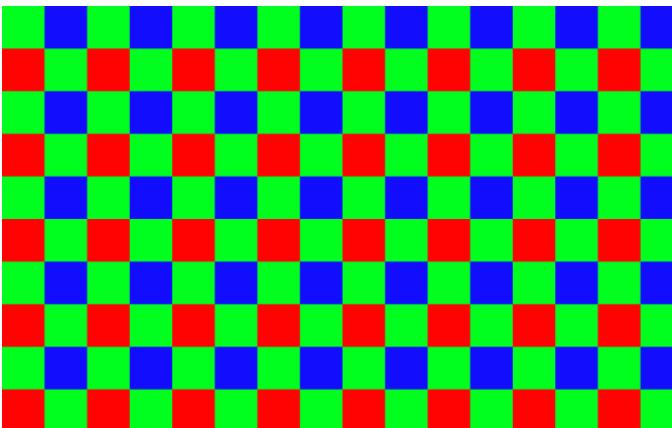
CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

- 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

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

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



Quelle: Ckendel, commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19113240

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Weitere Varianten

- **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 Auflösungsvorteil, 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



Aktuelle Sensoren

Quelle: pro.sony/de_CH/technology/full-frame-sensor

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

- **Sensorgröße** definiert die tatsächlichen Abmessungen des Sensors in Zoll
- **Sensorauflösung** definiert die Anzahl der Pixel pro Fläche, Vereinfacht oft als **Anzahl der Pixel auf dem gesamten Sensor** angegeben
- **Pixel-Pitch** definiert die rechnerische Größe der Pixel in µm:

$$\text{Pixel Pitch} = \frac{\text{Sensorbreite (mm)}}{\text{Sensorauflösung in Pixel}} \times 1000$$

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Sensorgröße:

Smartphones: meist $< \frac{1}{2}$ "

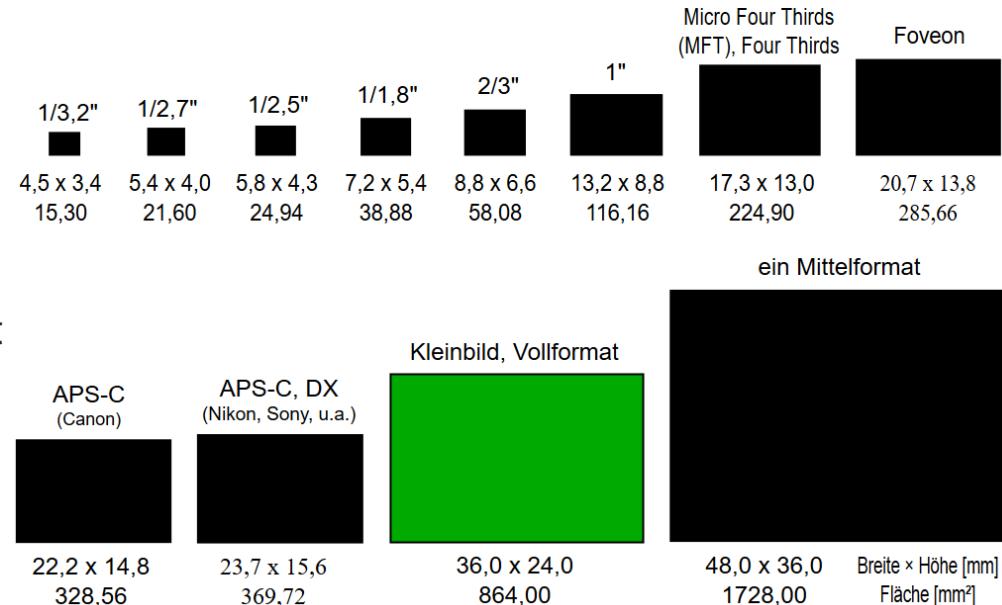
Einsteiger bis Mittelklasse $<$ MFT

Mittelklasse: MFT bis Vollformat

Spitzen-/Profiklasse: KB-Vollformat

Sonderfall Mittelformat(e) und
größer

Gängige Formate von Kameratasensoren



Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Vollformatsensor

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Auswirkungen der Sensorgröße – Bildqualität

- Je größer der Sensor desto besser die Bildqualität, besonders bei wenig Licht
 - Die Fläche des Sensors bestimmt die Menge der Photonen, die aufgenommen werden kann
 - Je mehr Photonen eingefangen werden, umso weniger machen sich das **thermische Grundrauschen des Sensors** (Dunkelstrom) und **das Photonenrauschen** (ungleichmäßiger da quantisierter Lichteinfall) bemerkbar
- Je größer der Sensor desto größer und schwerer die nötige Optik

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Auswirkungen der Sensorgröße – Bildqualität

- Vergleich der Leistung einer Kamera mit 1/1,9“ CCD-Sensor und 10 MP ...



Aufgenommen mit ISO 100

Aufgenommen mit ISO 1600

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Auswirkungen der Sensorgröße – Bildqualität

- und einer Kamera mit 1“ CMOS-Sensor und 20 MP



Aufgenommen mit ISO 100

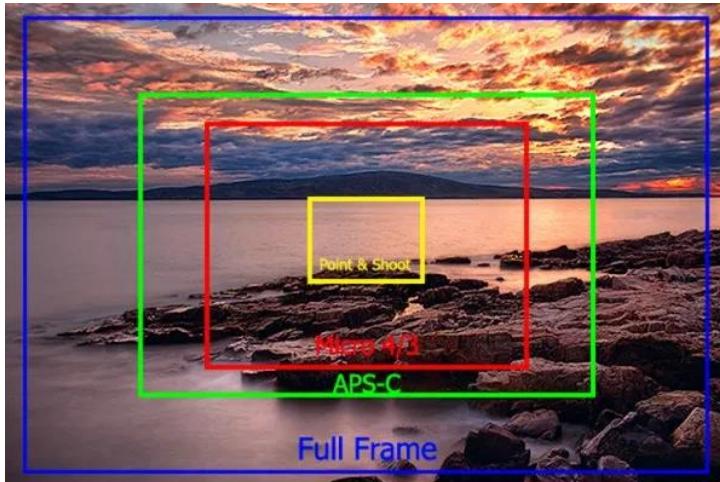
Aufgenommen mit ISO 1600

Aktuelle Sensoren

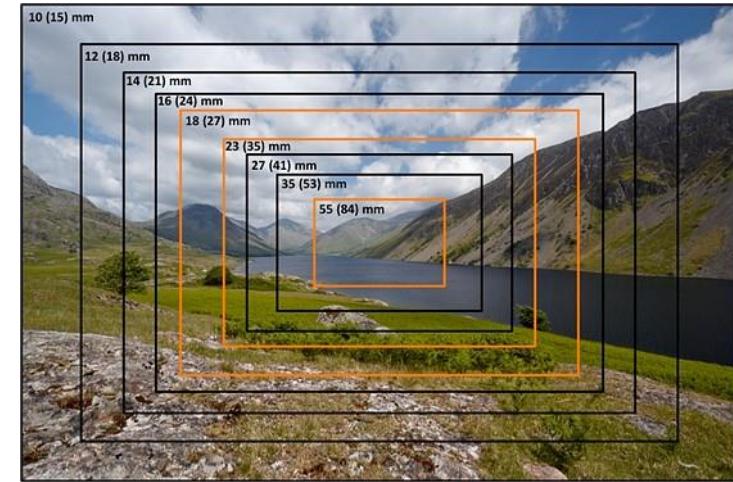
CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Auswirkungen der Sensorgröße – Bildausschnitt

- Einfluss auf den sichtbaren Bildausschnitt: Ein kleiner Sensor wirkt (fast) wie ein Teleobjektiv



Quelle: digital-photography-school.com



Quelle: dpreview.com/forums/post/60039124

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Auswirkungen der Sensorgröße – Brennweitenangabe

- Einfluss auf die Angabe der **Brennweite**: Umrechnung vom Kleinbild auf kleinere Sensoren über den **Crop-Factor**: Äquivalente Brennweite

- APS-C: 1,5 - 1,6
- MFT: 2,0
- 1": 2,7
- 1/2,3": 5,6



- Deshalb verschiedene Angaben der Brennweite auf den Objektiven

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Auswirkungen der Sensorgröße – Brennweitenangabe

- Angabe der realen Brennweite in den Bilddaten:

1“ Leica V-Lux 114, $f=146\text{mm}$

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



Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Auswirkungen der Sensorgröße – Brennweitenangabe

- Die Leica V-Lux 114 liefert bei einer realen Brennweite von 146mm den gleichen Bildausschnitt und damit die gleiche „Vergrößerung“ wie eine Vollformatkamera mit 400mm Brennweite
- Die **KB-äquivalente maximale Brennweite** des Zoom-Objektivs der Leica V-Lux 114 mit 1“ Sensor beträgt **400mm**
- Der **Crop-Factor** für den **1“ Sensor** liegt bei $400 : 146 = 2,74$

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Auswirkungen der Sensorgröße – weitere Faktoren

- An **kleine Gehäuse** passen nur **kleine Objektive**, die weniger lichtstark sind und daher noch weniger Licht auf den Sensor lassen
- Kleine Sensoren liefern **hohe Schärfentiefe** und gestatten daher **kein optisches Freistellen** eines scharf abgebildeten Motivs gegen einen unscharfen Hintergrund (wichtiges fotografisches Gestaltungsmittel)
- Die Blendenöffnung ist bei kleinen Sensoren ebenfalls kleiner, kleinere Blendenöffnungen führen zu **höherer Beugungsunschärfe**

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Auswirkungen der Sensorgröße – weitere Faktoren

- Auch wenn durch Nachbearbeitung und technische Entwicklung viel erreicht wurde:

Sensorfläche ist durch nichts zu ersetzen

- Aber: Die Sensorfläche kann auch durch gleichzeitiges Belichten **vieler kleiner Sensoren** erhöht werden



Quelle: HMD Global

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, **Auflösung** und Co.

Sensorauflösung – viel hilft viel?

- 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 Vollformatsensoren
- Aktuell erreichen Smartphone-Sensoren bei 1/1,33“ Größe 108 MP Auflösung.
- Nikons aktuelle Top-Kamera besitzt einen Vollformatsensor mit „nur“ **45,7 MP** (Nikon Z7 und D850), Canons EOS 5Ds liefert **50,3 MP**

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Sensorauflösung – viel hilft viel?

- Theoretisch bedeuten mehr Pixel nur mehr Details und damit schärfere, sehr hochauflösende Bilder. Aber...
- ...da ist ja noch die Sache mit der Fläche...
- ...und wieder das Grundrauschen...



Quelle: techlife.news/samsung



Quelle: Nikon

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Sensorauflösung – viel hilft viel?

- Bei gegebener Sensorfläche bestimmt die Anzahl der Pixel auch deren Fläche – und damit die Menge der Photonen pro Pixel
- Nikon Vollformatsensor mit 45,7 MP:
Pixel 4,34 µm,
Fläche 18.84 µm²
- Isocell Bright HMX-Sensor mit 108 MP:
Pixel 0,8 µm
Fläche 0,64 µm²

Der Vollformatsensor besitzt Pixel mit 30-facher Fläche

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

Sensorauflösung – viel hilft viel?

- Kleine Pixelfläche führt zum bekannten Problem: Weniger Photonen bei gleichbleibendem thermischen Grundrauschen
- Die 108 MP Smartphone-Kamera benötigt daher ausgezeichnete Lichtverhältnisse, um genügend Photonen für die 108 MP zu sammeln
- Im Normalfall werden je 4 Pixel zusammengefasst, i.e. der Sensor arbeitet mit 27 MP (Pixel Binning)
- 108 MP Bilder werden so komprimiert, dass die Dateien 14-26 MB Größe erreichen. Es ergeben sich weitere Qualitätsverluste

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Größe, Auflösung und Co.

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

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

- Für jede Sensorgröße scheint es einen besten Kompromiss mit der Auflösung zu geben, aktuell z.B. 25 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...

Aktuelle Sensoren

CCD und CMOS-Sensoren: Zusammenfassung

- CCD- und CMOS-Sensoren basieren auf Halbleitern und nutzen den photoelektrischen Effekt zur Bildgewinnung
- CCD-Sensoren waren lange Zeit führend in der Qualität
- CMOS-Sensoren haben gegenwärtig die Qualität von CCD-Sensoren erreicht und überflügelt, die CCD-Produktion wird eingestellt
- Zur Auswertung von Farbinformationen hat sich der Einsatz eines Bayer-Filters durchgesetzt, nur wenige Sensoren verfahren anders
- Sensorfläche und Sensorauflösung haben entscheidenden Einfluss auf die Konstruktion und Bildqualität von Kameras

Themenübersicht

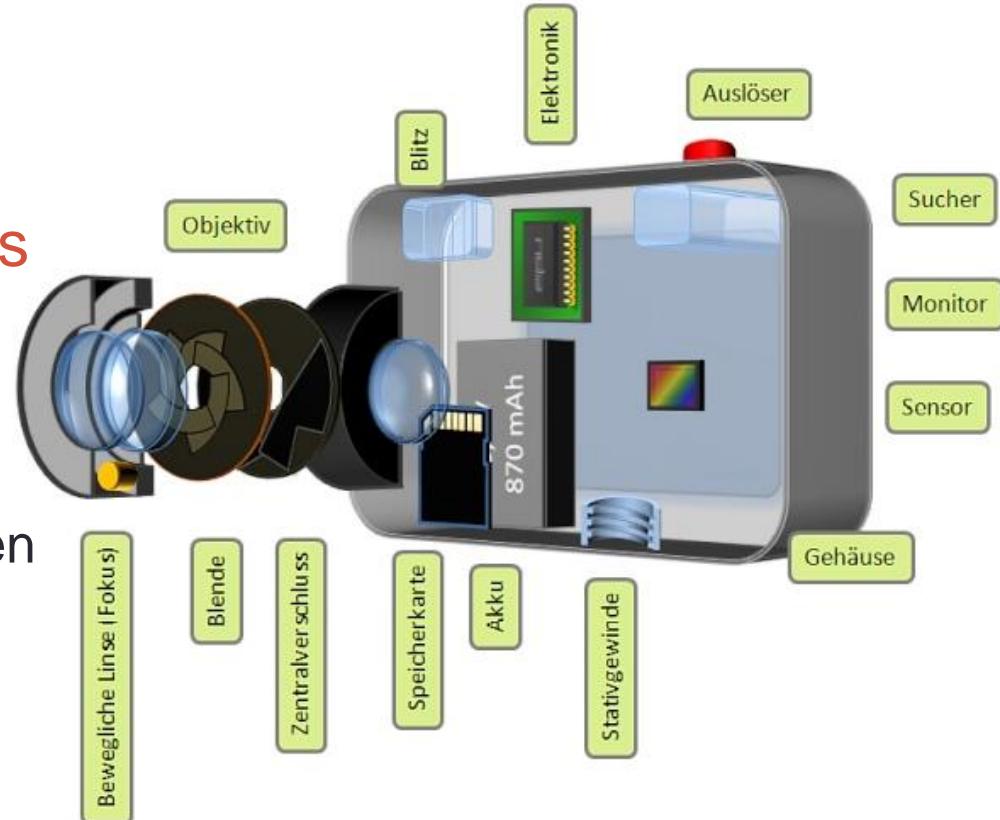
- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- **Aktuelle Sensoren und Kameras**
 - CCD, CMOS, Formfaktor und Größe
 - Komponenten, Typen: Smartphone, Kompakt- und Bridgekameras, DSLR und DSLM
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildverwaltung und Bildbearbeitung
 - Bilder verwalten
 - Bilder digital bearbeiten: Farben, Belichtung, Ausschnitte, Schärfe, Effekte...

Kameras

Aufbau von Digitalkameras

Jede Digitalkamera besitzt folgende Komponenten:

- Objektiv mit Blende
- Gehäuse mit Bedienelementen
- Verschluss
- Sensor
- Bildprozessor
- Speichermedium
- Stromversorgung



Quelle: <https://nikokerch.wordpress.com/eine-seite/>

Kameras

Aufbau von Digitalkameras

Details zu einigen Komponenten

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



Kameras

Aufbau von Digitalkameras

Details zu einigen Komponenten

- Verschluss zur Belichtungssteuerung
 - Als mechanischer **Zentralverschluss** im Objektiv
 - Als mechanischer **Schlitzverschluss** im Gehäuse
 - **Elektronisch** im Sensor
 - Mechanischer plus elektronischer Verschluss
- Sensor
 - Wandelt Licht in elektrische Signale
- Bildprozessor
 - Verarbeitet Sensorsignale und errechnet Bilder

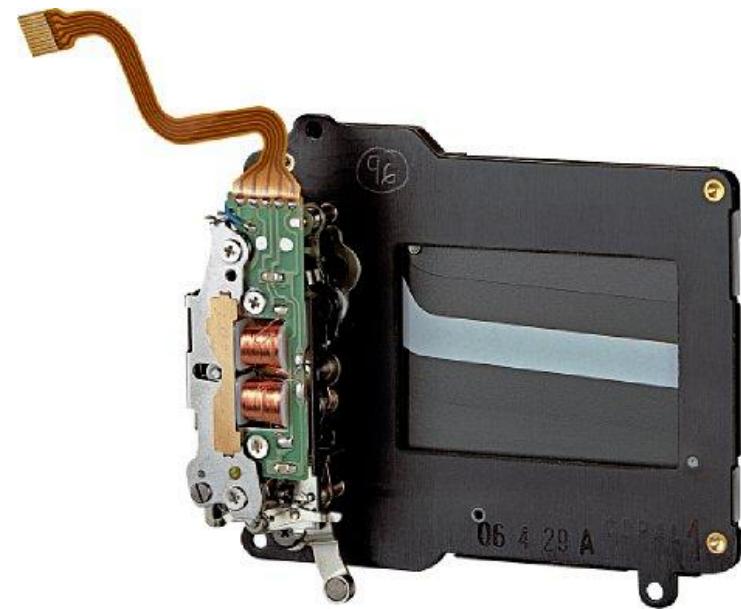
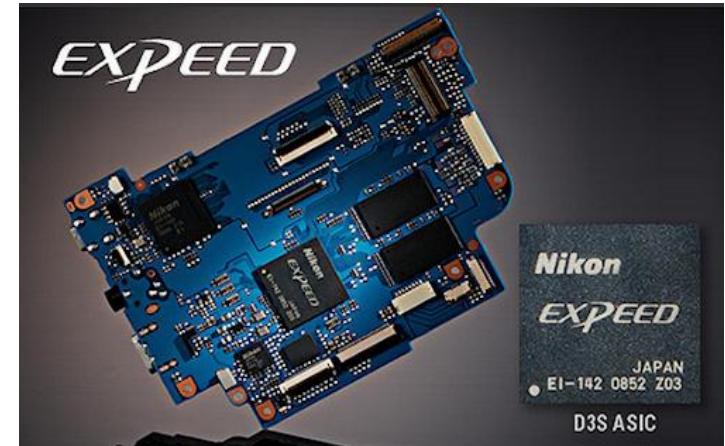


Foto: Leica Camera AG

Quelle: www.fotintern.ch



Kameras

Aufbau von Digitalkameras

Details zu einigen Komponenten

- Speicher

Speichermedien:

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



Quelle: Sony

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

Kameras

Aufbau von Digitalkameras

Details zu einigen Komponenten – Speicher

Exkurs Dateiformate:

- **Nicht komprimierte Formate:** Alle Bildinformationen vom Sensor werden gespeichert:
 - RAW-Dateien
 - TIFF, DNG
- **Komprimierte Formate:** Es findet eine Datenreduzierung der Bildinformationen statt, bevor das Bild gespeichert wird:
 - JPEG
 - HEIF/HEIC

Kameras

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

Nicht komprimierte Formate

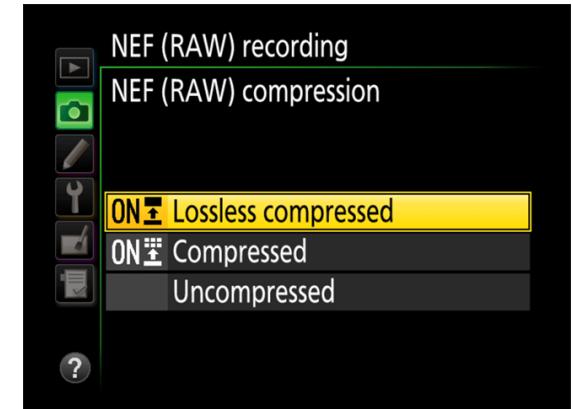
- RAW-Dateien speichern den genauen vom Bildprozessor ausgegebenen Wert für jedes Sensorpixel (nach Demosiacing usw.)
- Gute Sensoren liefern z.B. je Farbkanal Daten 14 Bit Auflösung
- Die Helligkeitsabstufungen der Farbpixel können so in 16384 diskreten Werten gespeichert werden
- RAW-Dateien liefern alle aufgezeichneten Informationen, sind aber groß: Bei 24 Mio. Pixeln und 14 Bit je Farbe rund **35 MByte**

Kameras

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

Nicht komprimierte Formate

- 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



Kameras

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

Nicht komprimierte Formate

- 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

Kameras

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

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



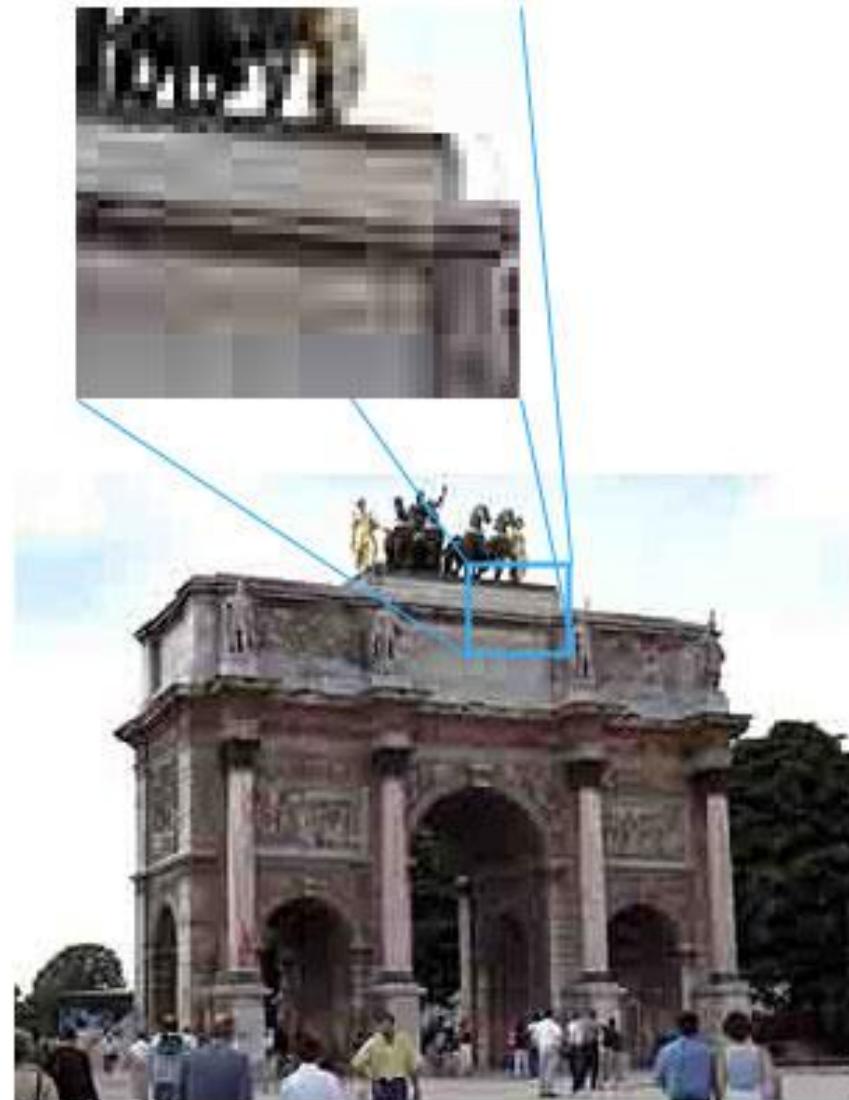
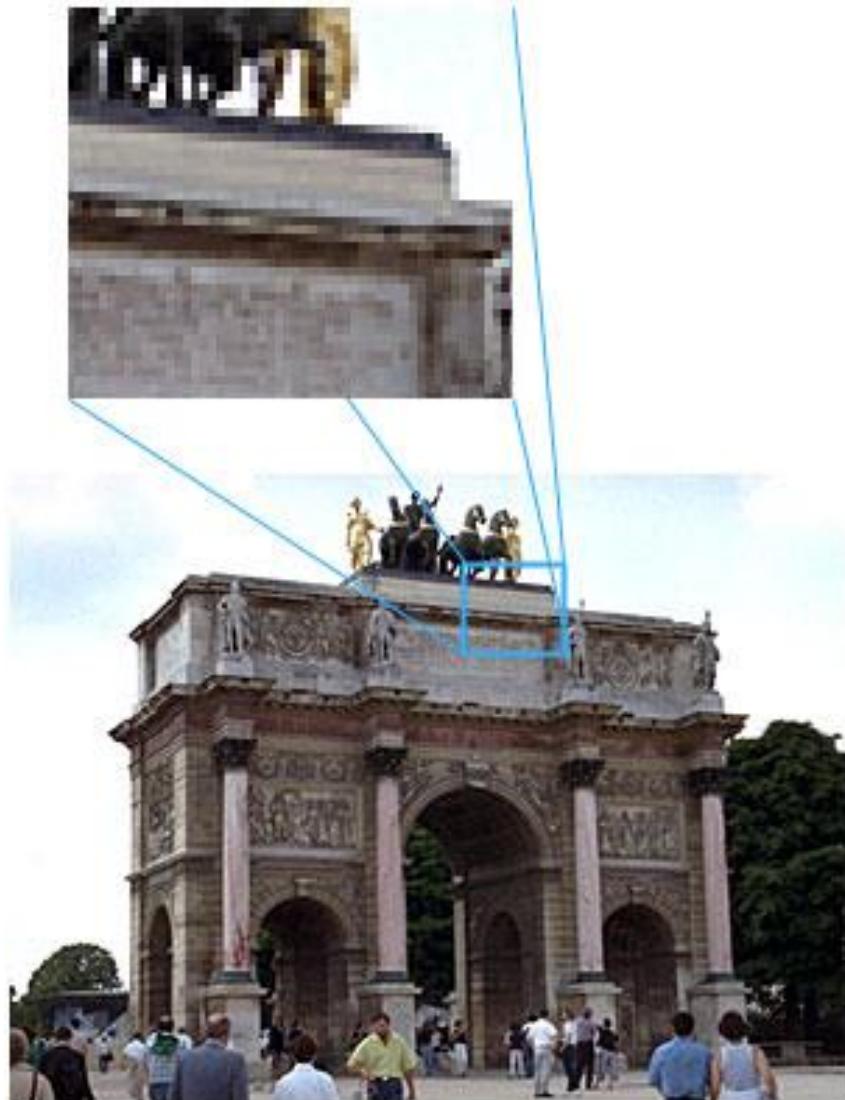
Quelle: de.wikipedia.org/wiki/JPEG

Kameras

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

Komprimierte Formate

- Die **sequenzielle Komprimierung** ist die häufigste und umfasst folgende Schritte
 - Reduzierung der Bilddaten auf 8 Bit je Farbe
 - Umrechnung vom RGB-Farbsystem ins YCbCr-System (Helligkeit, blau und rot)
 - Für jeden Auszug (Y, Cb und Cr) Zusammenfassung der Pixel in Blöcke zu 8 Pixeln
 - Ausführung mehrerer mathematischer Operationen und Rundungen (Quantisierung)
 - Vereinfachung der Datenschreibweise (Huffman-Kodierung)
 - Speicherung
- Für Anzeige und Druck wird die Kompression wieder zurückgerechnet
- Das Verfahren ist sichtbar verlustbehaftet



Quelle: www.mathematik.de

Kameras

Aufbau von Digitalkameras – Dateiformate

Komprimierte Formate

- Apple erklärte 2017, zukünftig das komprimierte Dateiformat, **HEIF** oder **High Efficiency Image File Format** nutzen zu wollen
- Entwickelt von der MPEG (Motion Picture Expert Group)
- HEIF oder HEIC (HEI Codec) bietet folgende Vorteile:
 - Verarbeitet 8 und 16 Bit Farbtiefe
 - Ermöglicht verlustfreie Komprimierung
 - Kann als Containerformat auch mehrere Fotos, Animationen, Bearbeitungsschritte und Audio speichern
 - Besitzt eine höhere Kompressionsrate als JPEG
- Apple und Canon unterstützen HEIF, es soll zukünftig JPEG ablösen

Themenübersicht

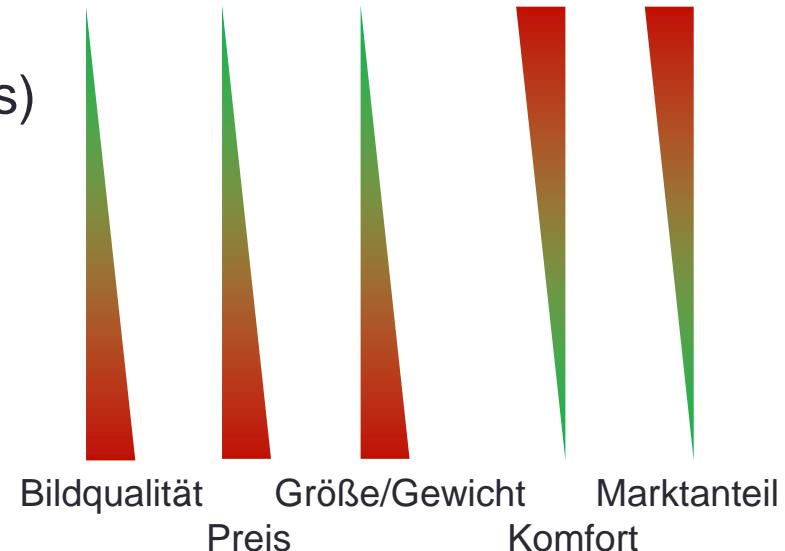
- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- Aktuelle Sensoren und Kameras
 - CCD, CMOS, Formfaktor und Größe
 - Komponenten, Typen: Smartphone, Kompakt- und Bridgekameras, DSLR und DSLM
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildverwaltung und Bildbearbeitung
 - Bilder verwalten
 - Bilder digital bearbeiten: Farben, Belichtung, Ausschnitte, Schärfe, Effekte...

Kameras

Kameratypen – Einteilung

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Smartphone-Kameras
- Kompaktkameras (Pocket-Kameras)
- Bridge- oder Megazoom-Kameras
- Systemkameras
 - Spiegellos
 - Spiegelreflex
- Mittelformatkameras
- Spezialkameras



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Smartphone-Kameras
 - Fest eingebaute Objektive
 - Eine oder mehrere Kameras
 - Kleine Sensoren 1/3,2“ – 1/1,33“
 - Basis-Automatikfunktionen
 - Point-and-shoot
 - KI zur Steigerung der Bildqualität
 - Erzielen zunehmend Leistungen wie Kompaktkameras
 - Sichtbare Schwächen bei wenig Licht



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Kompaktkameras
 - Fest eingebaute Objektive
 - Kleine Sensoren 1/3,2“ – 2/3“
 - Viel Automatik, Point-and-shoot
 - Schwach bei wenig Licht
- Ausnahme: Edel-Kompakte
 - Sensor MFT bis Vollformat
 - Hochwertige Optik, hochpreisig
 - Erfüllen professionelle Ansprüche



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- 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"
 - Bildqualität im unteren Profibereich
 - Noch Schwächen bei wenig Licht



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Systemkameras

Spiegelreflex (DSLR, Digital Single Lens Reflex)

- Heller optischer Sucher mit realem Bildausschnitt
- Spiegel für Sucherbild und Messungen,
wird bei der Auslösung hochgeklappt



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Systemkameras

Spiegelreflex (DSLR, Digital Single Lens Reflex)

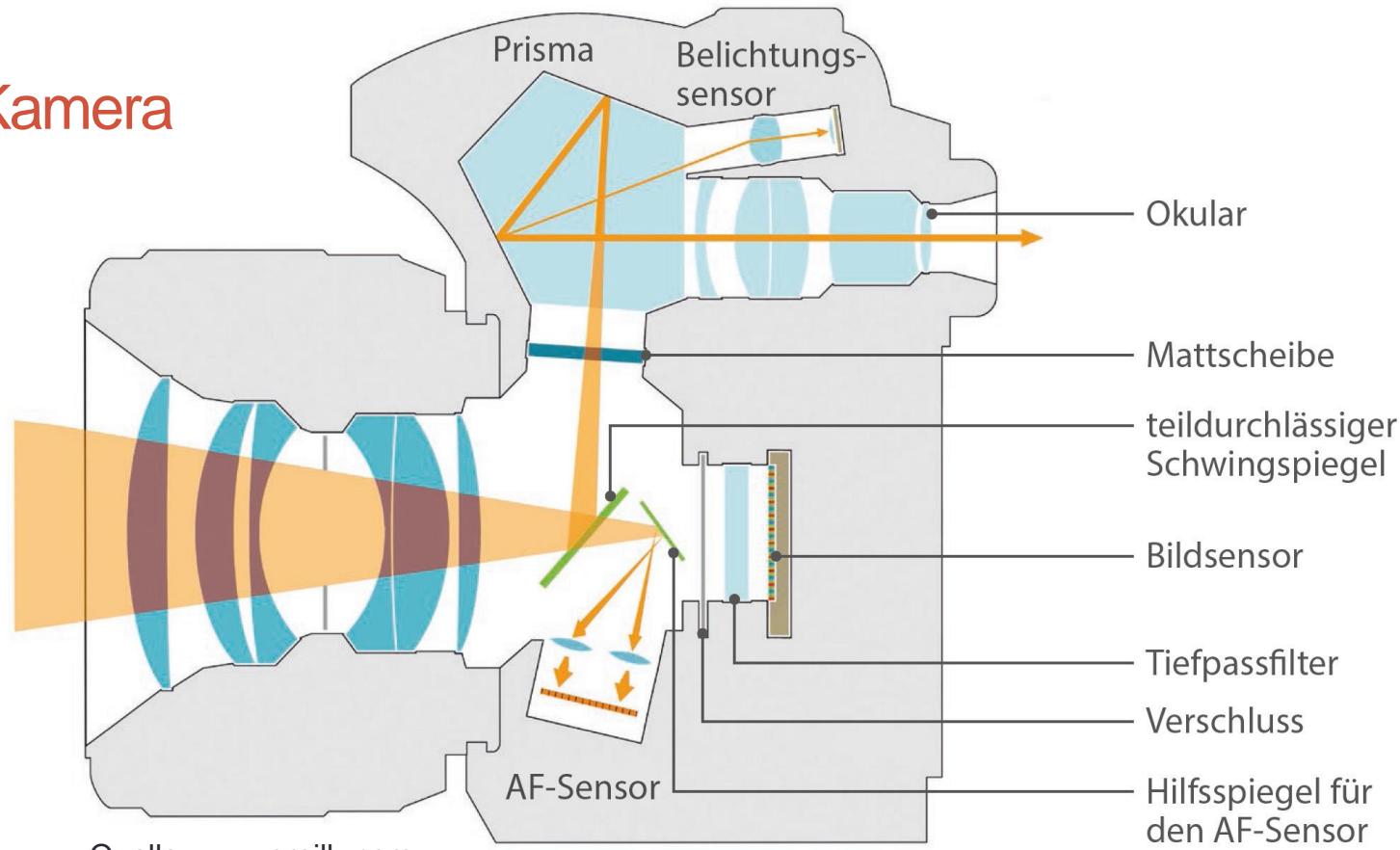
- Unterscheidet sich von zweiäugigen Spiegelreflexkameras wie der **Rolleiflex** von 1929 mit **zwei Linsensystemen**
- Ein Linsensystem für Sucher (TLR, Twin Lens Reflex)



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

Kameras

DSLR-Kamera



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Systemkameras

Spiegelreflex (DSLR, Digital Single Lens Reflex)

- 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

Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Systemkameras, spiegellos (DSLM)
- Digital Single Lens Mirrorless
 - Größe ab Bridgekamera, Profikameras größer
 - Wechselobjektive, für KB noch eingeschränkt
 - Sensorgröße MFT bis Vollformat
 - Vollumfängliche manuelle Bedienung und Automatik
 - Profikameras mit State-of-the-Art-Bildqualität
 - Vollformat optimale Bildqualität auch bei wenig Licht
 - Langsamer als DSLR, Autofokus oft schwächer
 - Elektronischer statt optischer Sucher, nur Live View



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

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



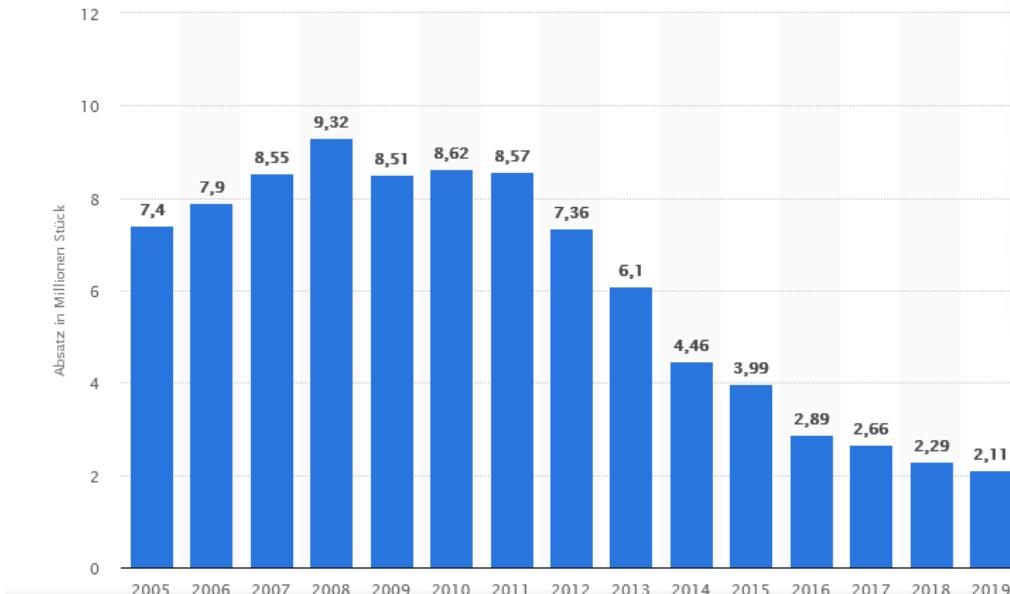
Quelle: hasselblad

Kameras

Kameratypen – Aktuelle Entwicklung und Ausblick

Sterben echte Kameras aus?

- Die Verkaufszahlen brechen seit 2011 dramatisch ein – ohne Corona



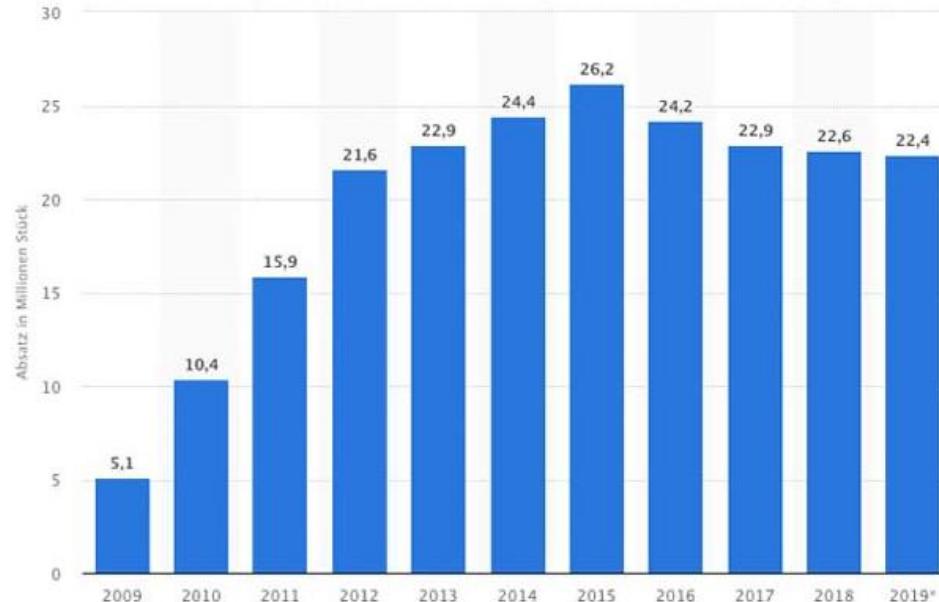
Quelle: de.statista.com

Kameras

Kameratypen – Aktuelle Entwicklung und Ausblick

Sterben echte Kameras aus? – Genauer hinsehen

- Der Smartphone-Markt ist in Deutschland auch gesättigt...



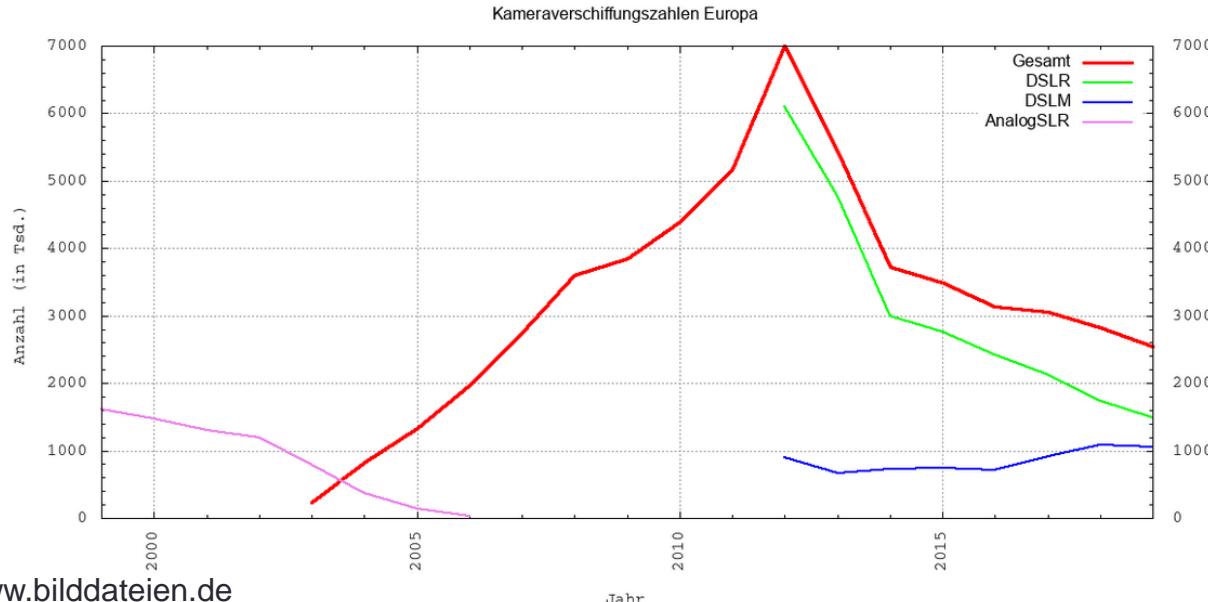
Quelle: de.statista.com

Kameras

Kameratypen – Aktuelle Entwicklung und Ausblick

Sterben echte Kameras aus? – genauer hinsehen

- Absatzzahlen nach Kameratypen: Vor Allem die DSLR bricht ein



Kameras

Kameratypen – Aktuelle Entwicklung und Ausblick

Genauere Analysen führen zu folgenden Schlüssen:

- Sensoren bis MFT sind/werden von Smartphone überflügelt : Rechenpower und KI schlagen Sensorgröße für Point-and-Shoot
- Kompaktkameras sind bald praktisch überflüssig, was bleibt sind Vollformat und Mittelformat
- Systemkameras im Vollformat bieten erheblich mehr künstlerische Gestaltungsmöglichkeiten
- DSLR sind komplizierter als DSLM und nur noch wenig besser, ihr Marktanteil wird weiter sinken - und der Gebrauchtwert ebenso
- Vollformat und Mittelformat in Profi-Systemkameras werden bleiben

Kameras

Sensoren und Kameras -Zusammenfassung

- Digitalkameras gibt es aktuell in verschiedenen Qualitätsklassen
- Point-and-Shoot-Kameras in Smartphone und Kompaktkamera
- Bridge- und Einsteiger Systemkameras mit 1“ bis APSC-Sensor
- Profi-Systemkameras als DSLR und DSLM mit Vollformat
- Mittelformat für maximale Qualitätsanforderungen
- CMOS-Sensoren mit Bayer-Filter sind Standard für Farbaufnahmen
- 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

Bildbearbeitung

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

Teil 2

Referent: Hendrik Siegmund

Themenübersicht

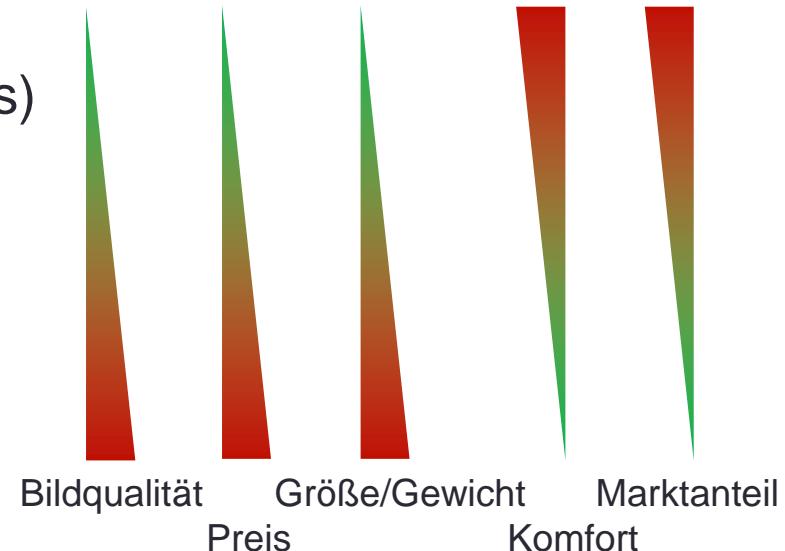
- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- Aktuelle Sensoren und Kameras
 - CCD, CMOS, Formfaktor und Größe
 - Komponenten, Typen: Smartphone, Kompakt- und Bridgekameras, DSLR und DSLM
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildverwaltung und Bildbearbeitung
 - Bilder verwalten
 - Bilder digital bearbeiten: Farben, Belichtung, Ausschnitte, Schärfe, Effekte...

Kameras

Kameratypen – Einteilung

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Smartphone-Kameras
- Kompaktkameras (Pocket-Kameras)
- Bridge- oder Megazoom-Kameras
- Systemkameras
 - Spiegellos
 - Spiegelreflex
- Mittelformatkameras
- Spezialkameras



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Smartphone-Kameras
 - Eine oder mehrere Kameras
 - Fest eingebaute Objektive
 - Kleine Sensoren 1/3,2“ – 1/1,33“
 - Basis-Automatikfunktionen
 - Point-and-shoot
 - KI zur Steigerung der Bildqualität
 - Erzielen Leistungen wie Kompaktkameras
 - Sichtbare Schwächen bei wenig Licht



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

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



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Kompaktkameras: Sonderfall Edel-Kompakte
 - Hochpreisig, ab 500,- €
 - Hoher Anspruch an Design und Qualität
 - Sensor ab MFT bis Vollformat
 - Hochwertige Optik
 - Erfüllen z.T. professionelle Ansprüche



Quellen: Leica,
Fujifilm

Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- 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"
 - Bildqualität im angehenden Profibereich
 - Noch Schwächen bei wenig Licht



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Systemkameras

Spiegelreflex (DSLR, Digital Single Lens Reflex)

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



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Systemkameras

Spiegelreflex (DSLR, Digital Single Lens Reflex)

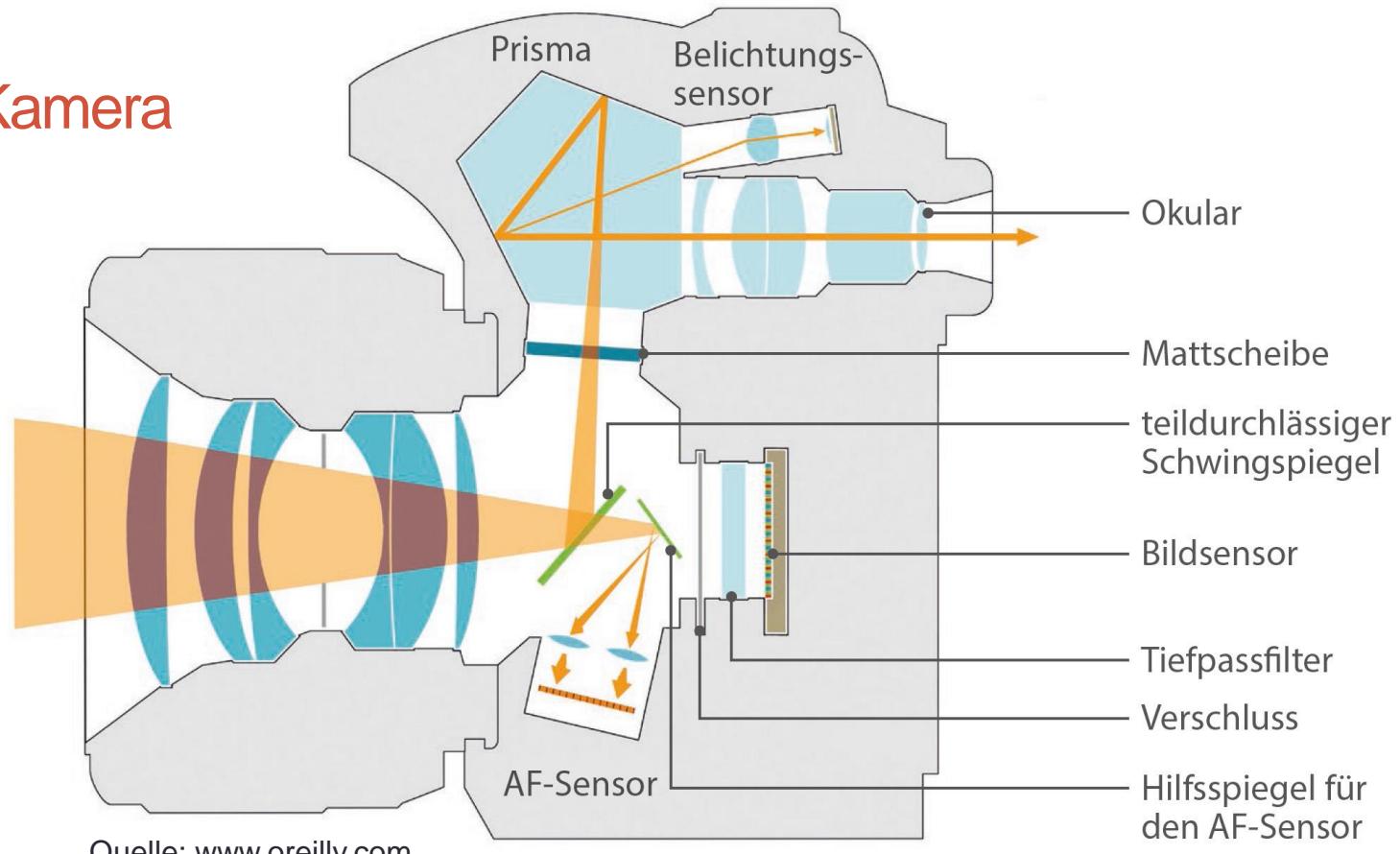
- Unterscheidet sich von zweiäugigen Spiegelreflexkameras wie der **Rolleiflex** von 1929 mit **zwei Linsensystemen**
- Ein Linsensystem für Sucher (TLR, Twin Lens Reflex)



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

Kameras

DSLR-Kamera



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Systemkameras

Spiegelreflex (DSLR, Digital Single Lens Reflex)

- 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

Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

- Systemkameras, spiegellos (DSLM)
- Digital Single Lens Mirrorless
 - Größe ab Bridgekamera, vergleichbar mit DSLR
 - Wechselobjektive, für KB noch eingeschränkt
 - Sensorgröße MFT bis Vollformat
 - Vollumfängliche manuelle Bedienung und Automatik
 - Profikameras mit State-of-the-Art-Bildqualität
 - Vollformat optimale Bildqualität auch bei wenig Licht
 - Langsamer als DSLR, Autofokus oft schwächer
 - Elektronischer statt optischer Sucher, nur Live View



Kameras

Kameratypen

Digitale Kameras werden üblicherweise in folgende Klassen eingeteilt:

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



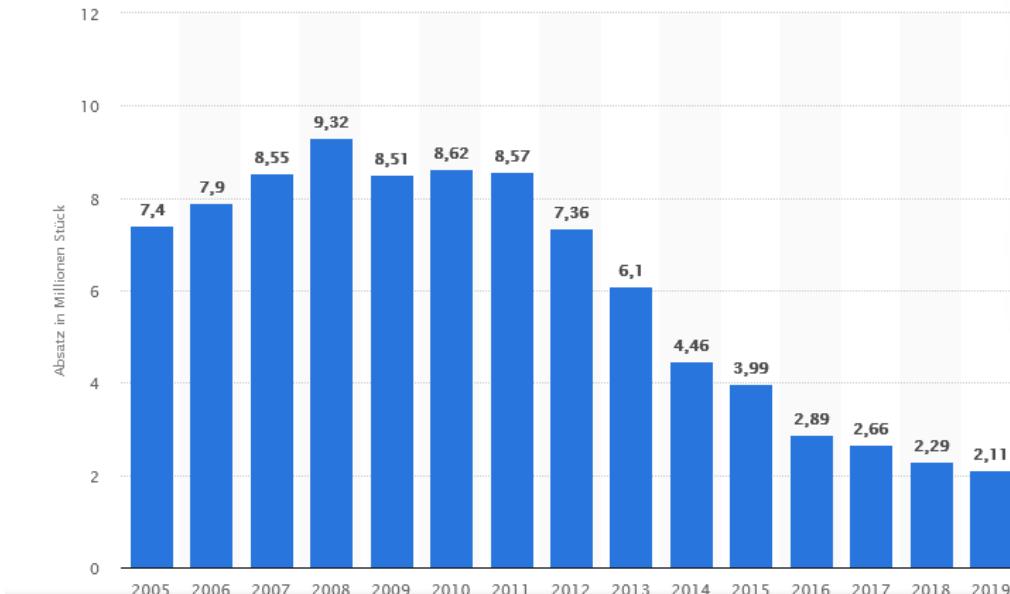
Quelle: hasselblad

Kameras

Kameratypen – Aktuelle Entwicklung und Ausblick

Sterben echte Kameras aus?

- Die Verkaufszahlen brechen seit 2011 dramatisch ein – ohne Corona



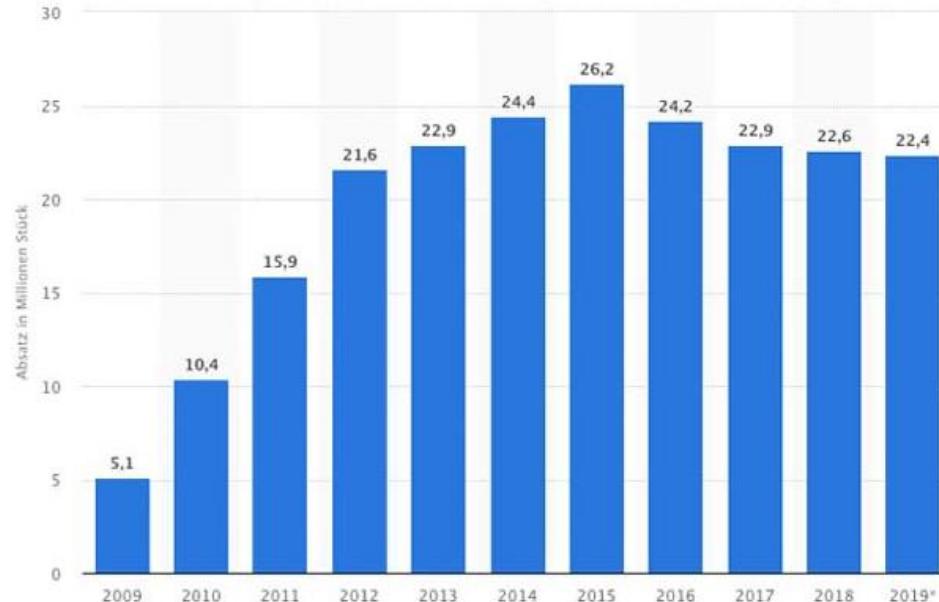
Quelle: de.statista.com

Kameras

Kameratypen – Aktuelle Entwicklung und Ausblick

Sterben echte Kameras aus? – Genauer hinsehen

- Auch der Smartphone-Markt ist in Deutschland gesättigt...



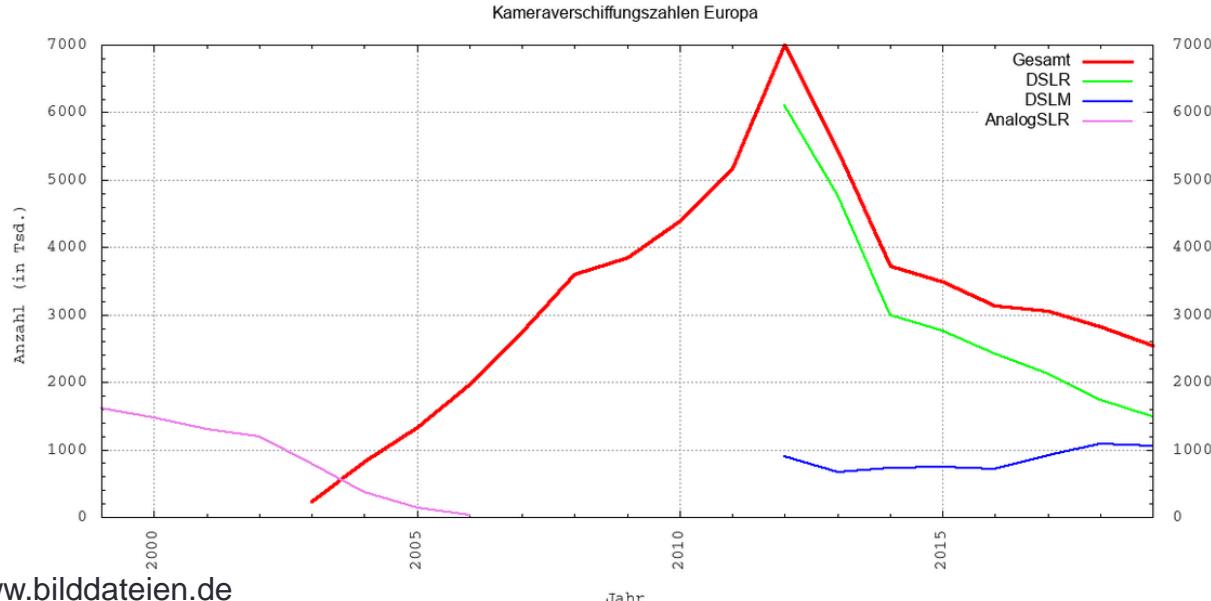
Quelle: de.statista.com

Kameras

Kameratypen – Aktuelle Entwicklung und Ausblick

Sterben echte Kameras aus? – genauer hinsehen

- Absatzzahlen nach Kameratypen: Vor Allem die DSLR bricht ein



Kameras

Kameratypen – Aktuelle Entwicklung und Ausblick

Genauere Analysen führen zu folgenden Schlüssen:

- Sensoren bis MFT sind/werden von Smartphone überflügelt : Rechenpower und KI schlagen Sensorgröße für Point-and-Shoot
- Kompaktkameras sind bald praktisch überflüssig, was bleibt sind Vollformat und Mittelformat
- Systemkameras im Vollformat bieten erheblich mehr künstlerische Gestaltungsmöglichkeiten
- DSLR sind komplizierter als DSLM und nur noch wenig besser, ihr Marktanteil wird weiter sinken, und der Gebrauchtwert ebenso
- Vollformat und Mittelformat in Profi-Systemkameras werden bleiben

Kameras

Sensoren und Kameras -Zusammenfassung

- Digitalkameras gibt es aktuell in verschiedenen Qualitätsklassen
- Point-and-Shoot-Kameras in Smartphone und Kompaktkamera
- Bridge- und Einsteiger Systemkameras mit 1“ bis APSC-Sensor
- Profi-Systemkameras als DSLR und DSLM mit Vollformat
- Mittelformat für maximale Qualitätsanforderungen
- CMOS-Sensoren mit Bayer-Filter sind Standard für Farbaufnahmen
- 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

Themenübersicht

- Das Modul Bildbearbeitung
 - Ablauf, Lernziele, Prüfungen, Literatur
- Fotografie
 - Grundlagen, Entwicklung, Film und Bildaufnahmeröhren
- Aktuelle Sensoren und Kameras
 - CCD, CMOS, Formfaktor und Größe
 - Komponenten, Typen: Smartphone, Kompakt- und Bridgekameras, DSLR und DSLM
- Bildgestaltung
 - Gestaltungs- und Kompositionstechniken kennenlernen und praktisch anwenden
- Bildverwaltung und Bildbearbeitung
 - Bilder verwalten
 - Bilder digital bearbeiten: Farben, Belichtung, Ausschnitte, Schärfe, Effekte...

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

- Bildgestaltung und Komposition
 - Motivauswahl, Bildausschnitt, Kameraposition, Perspektive...
- Belichtung
 - Blendeneinstellung
 - Belichtungszeit
 - Empfindlichkeit/Verstärkung
- Fokus
 - Autofokus, Stabilisator und Belichtungsprogramme
 - Bildfehler und ihre Korrektur

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition – Motivauswahl

- Kommerzielle Fotografie: Definition durch den Auftraggeber
- Produktfotos, Werbefotos, Nachrichten usw.
- Illustrationen für Publikationen
- Hochzeitsfotos
- Portraits, Familien-, Gruppen oder Klassenfotos...

Bildgestaltung

Elemente der 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

Elemente der Bildgestaltung
Bildgestaltung und Komposition –
Motivauswahl



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

...im Rahmen der Gesetze

- Persönlichkeitsrechte fotografierte Personen
- Datenschutz
- Urheberrechte abgelichteter Motive
- Eigentumsrechte beim Betreten von Grundstücken
- Ausdrücklich ausgesprochenes Fotografierverbot
- ...

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

Für Bildausschnitt und Komposition gibt es einige einfache Stilmittel:

- Symmetrie brechen erzeugt 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

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Symmetrie brechen: Motive nicht mittig oder zu klein platzieren, um statische und langweilige Bilder zu vermeiden



Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Symmetrie brechen - Ausnahme:
Die Symmetrie soll ausdrücklich
eingefangen werden



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Aufteilung nach dem goldenen Schnitt:



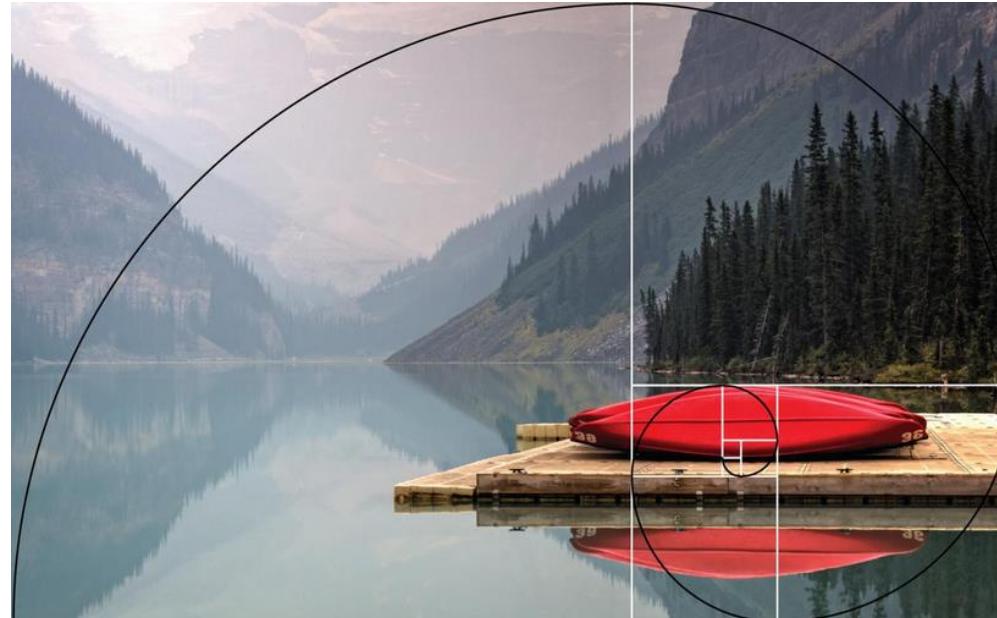
$$a/b = (a+b)/a = \text{etwa } 1,618$$

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

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Goldener Schnitt



Quelle: www.whitewall.com/de/mag/goldener-schnitt

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Eine Anpassung an horizontale und vertikale Drittel



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Steigende Linien...



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- ...oder fallende Linien



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Kontrasten 1:
Kontrast durch Verbllassen in schwarzweiß

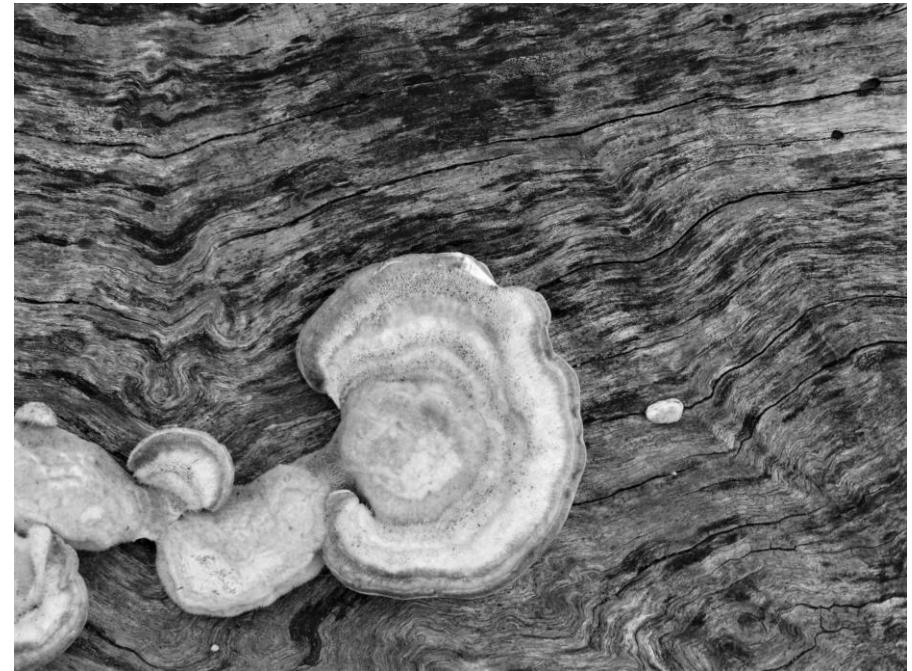


Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Kontrasten 2:
Strukturen in schwarzweiß



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Kontrasten 2:
Strukturen und (etwas) Farbe

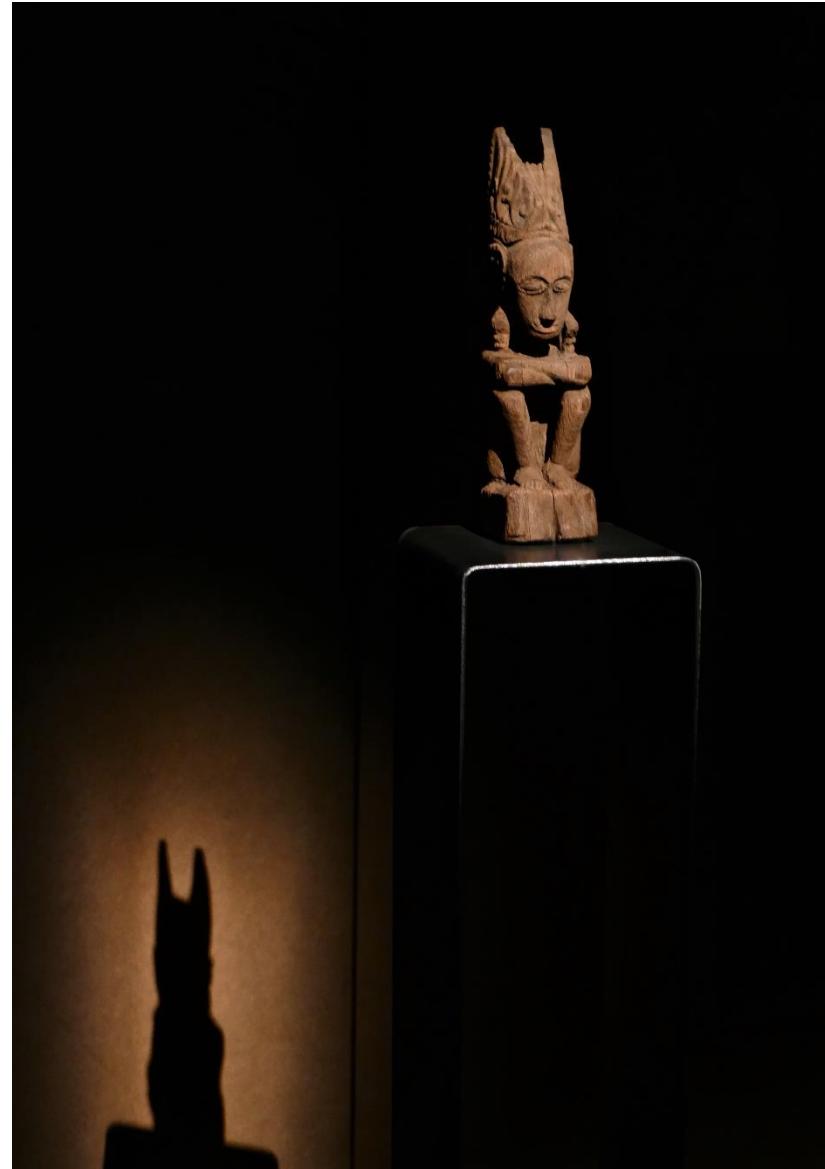


Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Kontrasten 3:
- Licht und Schatten 1



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Kontrasten 3:
- Licht und Schatten 2



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Kontrasten 4:
- Beleuchtung



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition –
Bildausschnitt und Komposition

- Arbeiten mit Farben und
Farbkontrasten 1



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition –
Bildausschnitt und Komposition

- Arbeiten mit Farben und
Farbkontrasten 2



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Bildgestaltung und Komposition –
Bildausschnitt und Komposition

- Arbeiten mit Farben und
Farbkontrasten 3



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung
Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Farben und Farbkontrasten 3



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung
Bildgestaltung und Komposition

- Arbeiten mit Perspektive



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

- Bildgestaltung und Komposition
 - Motivauswahl, Bildausschnitt, Kameraposition...
- **Belichtung**
 - Blendeneinstellung
 - Verschlusszeit
- Fokus
- Autofokus, Stabilisator und Belichtungsprogramme
- Bildfehler und ihre Korrektur

Bildgestaltung



Bildgestaltung – Belichtung und Belichtungseffekte

Die Lichtmenge auf dem Sensor wird neben dem Motiv durch zwei weitere Faktoren bestimmt:

- Blendeneinstellung
 - Belichtungszeit
-
- Die Helligkeit im finalen Bild kann zusätzlich durch die **Empfindlichkeit** beeinflusst werden



ISO

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

Bildgestaltung

Bildgestaltung – Blendeneinstellung

- Die **Blende** bestimmt die **Lichtmenge**, die durch ein Objektiv tritt
- Sie ist außerdem maßgeblich für die **Schärfentiefe**, den Entfernungsbereich, der auf einem Foto scharf abgebildet wird
- Für jedes Objektiv kann eine bestimmte **maximale Lichtstärke** angegeben werden (i.e. die minimal mögliche Blendenzahl)
- Mathematisch ist die **Blendenzahl** das **Öffnungsverhältnis** eines Objektives:

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

Bildgestaltung

Bildgestaltung – Blendeneinstellung

- Die maximale **Lichtstärke** (i.e. die minimal mögliche Blendenzahl) wird als **Kehrwert der Blendenzahl** angegeben, z.B.:

$f=1/2,8$ oder $f/2,8$



- Eine entsprechende Angabe steht auf jedem Objektiv
- Bei Zoomobjektiven ist Angabe als Bereich üblich: **18-70mm/3,5-4,5**

Bildgestaltung

Bildgestaltung – Blendeneinstellung

- Die Lichtmenge, die durch ein Objektiv tritt, kann durch **Abblenden** reduziert werden
- Ausgehend von der größtmöglichen Öffnung (kleinste Blendenzahl, max. Lichtstärke) wird die Öffnung in **Stufen** einer **Blendenreihe** verkleinert
- Zwischenwerte sind möglich



Quelle: de.wikipedia.org

Bildgestaltung

Bildgestaltung – Blendeneinstellung

Blendenreihe

- Die 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
- Es gibt sehr teure Objektive mit Öffnungsverhältnis <1

Bildgestaltung

Bildgestaltung – Blendeneinstellung

- Beim Abblenden erhöht sich die Schärfentiefe
- Je höher die Blendenzahl, umso größer ist der Entfernungsbereich um das 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

Bildgestaltung – Blendeneinstellung

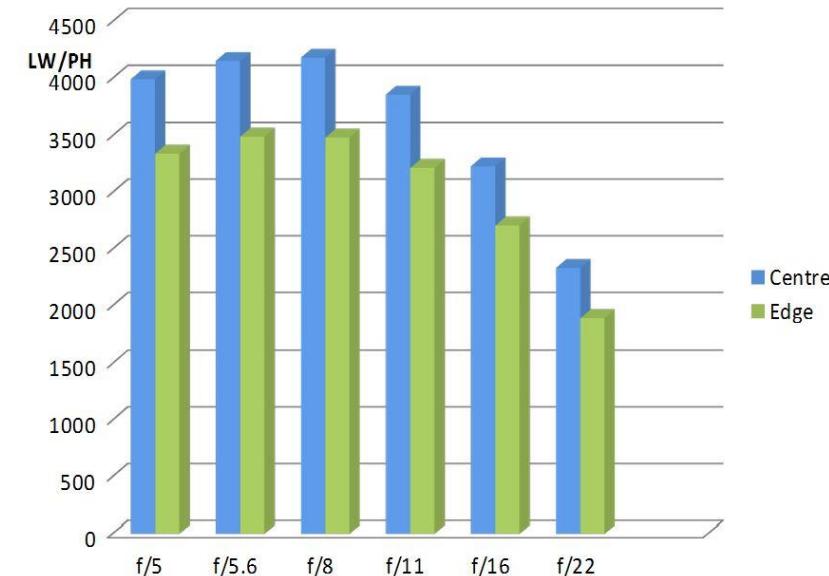
- Lichtstarke Objektive können nahe Objekte aus einem entfernten, unscharfen Hintergrund herausarbeiten
- Die visuell angenehme Darstellung des unscharfen Hintergrundes (Bokeh) ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal für Objektive



Bildgestaltung

Bildgestaltung – Blendeneinstellung

- Abbildungsfehler lassen sich durch Abblenden vermindern
- Mit zunehmendem Abblenden tritt an den Rändern der Blendenöffnung **Beugung** auf, die sich als Unschärfe bemerkbar macht
- Objektive besitzen deshalb eine hinsichtlich der Schärfe optimale Blende, die **kritischen Blende**
- Sie liegt meist ein bis zwei Stufen über der Lichtstärke des Objektivs



Quelle: www.ephotozine.com

Bildgestaltung

Bildgestaltung – 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 sind Voraussetzung für die Vermeidung von Bewegungsunschärfe
- Für kurze Verschlusszeiten eignen sich lichtstarke Objektive

Bildgestaltung

Bildgestaltung – Belichtungszeit

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



Bildgestaltung

Bildgestaltung – Belichtungszeit

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



Bildgestaltung

Bildgestaltung – Belichtungszeit

- Bei schnellen Motiven und kurzen Belichtungszeiten kann ein Problem sichtbar werden:
Der Rolling Shutter-Effekt
- Tritt bei CMOS-Sensoren mit zeilenweiser Belichtung auf
- Während der Belichtung bewegt sich das Motiv weiter
- Alle Zeilen des Bildes geben unterschiedliche Positionen des Motivs wieder



Quelle: www.fotomagazin.de



Bildgestaltung

Bildgestaltung – Belichtungszeit

- Rolling Shutter-Effekte sind nur schwer vollständig zu vermeiden:
- Kamera mit mechanischem Verschluss verwenden
- Vermeidung von Situationen, in denen der Effekt sichtbar wird
- Stark abblenden, um Belichtungszeiten zu verlängern und auf „Global Shutter“ umzustellen
- ND-Filter verwenden
- Korrektur in der Nachbearbeitung

Bildgestaltung

Bildgestaltung – Belichtungszeit

- Für spezielle Effekte wie Lichtmalerei, Aufnahmen von Gewittern oder in der Astrofotografie sind lange Belichtungszeiten erforderlich



Quelle: digitalefotoschule.de



Bildgestaltung

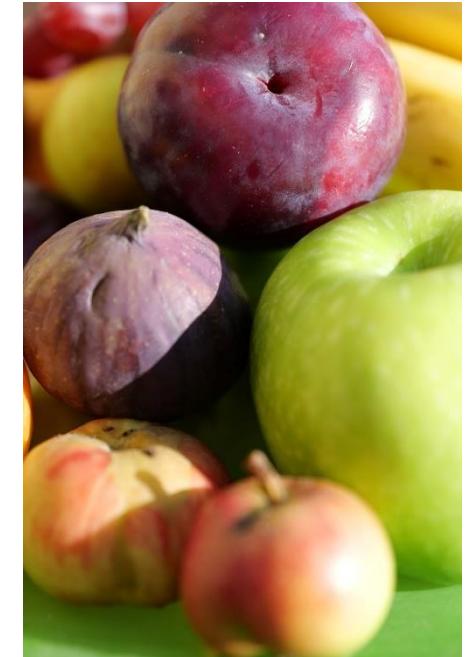
Elemente der Bildgestaltung

- Belichtung und Belichtungseffekte
- **Fokus**
- Bildfehler und ihre Korrektur
- Autofokus, Stabilisator und Belichtungsprogramme
- Bildgestaltung und Komposition
 - Motivauswahl, Bildausschnitt, Kameraposition...

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung – Fokus

- Der Fokus setzt den Akzent für das Bild
- Bei mehreren gleichrangigen Objekten auf einem Foto bestimmt der Fokuspunkt, wohin der Betrachter als erstes blickt – selbst dann, wenn das fokussierte Objekt nicht im Bildzentrum liegt



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung – Fokus

- Der Fotograf kann bei der Bildgestaltung frei wählen, auf welchen Teil des Motivs fokussiert wird
- Bei Porträtaufnahmen von Mensch und Tier wird in der Regel auf die Augen fokussiert



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung – Fokus

- Bei Makroaufnahmen ist es oft von Bedeutung, das gesamte Motiv scharf abzubilden: Blüten, Schmetterlinge...



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung – Fokus

- ...oder das Motiv soll wieder einmal freigestellt werden
- Mit Blende, Belichtungszeit und Fokus ist bereits sehr viel Gestaltungsspielraum gegeben



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung – Empfindlichkeit

- Nicht immer sind für die benötigte Blende oder eine kurze Belichtungszeit genügend Licht vorhanden
- In der analogen Fotografie wurden 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 digitalen Fotografie ist die **Verstärkung** das Äquivalent zur Körnung
- Mit der Verstärkung lassen sich ungünstige Lichtverhältnisse zum Teil ausgleichen, die **Empfindlichkeit** für Sensorelektronen steigt

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung – Empfindlichkeit

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

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

- Die Verstärkung verhält sich so wie im analogen Film die Empfindlichkeit, es 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

Elemente der Bildgestaltung – Empfindlichkeit

- De facto wird durch die Verstärkung erreicht, dass weniger Elektronen vom Sensor im AD-Wandler zur gleichen Helligkeitsstufe werden.
- Das Problem: Der Signal-Rauschabstand sinkt, weil das Rauschen mit verstärkt wird.
- Außerdem werden weniger Elektronen im AD-Wandler als die hellste möglichen 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 800-3200 ISO noch brauchbar sein

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

- Belichtung und Belichtungseffekte
- Fokus
- **Bildfehler und ihre Korrektur**
- Autofokus, Stabilisator und Belichtungsprogramme
- Bildgestaltung und Komposition
 - Motivauswahl, Bildausschnitt, Kameraposition...

Bildgestaltung

Bildfehler und ihre Korrektur

- Verzeichnung: Geometrische Abbildungsfehler
- Vignettierung: Helligkeitsabfall zu den Bilddecken
- Chromatische Aberrationen: Farbränder
- Rauschen bei zu wenig Licht
- Sättigung und Detailverlust bei Überbelichtung

- Korrekturmöglichkeiten:
 - In der Kamera
 - In der Nachbearbeitung

} Objektivfehler
}
} Sensorgrenzen

Bildgestaltung

Verzeichnung: Geometrische Abbildungsfehler

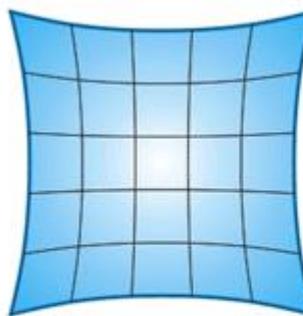
Tonnen- oder Kissenförmige Verzerrungen



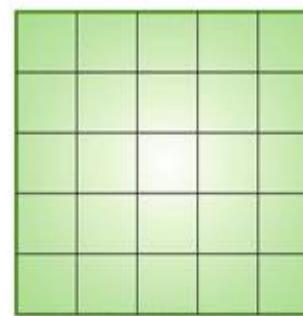
Bildgestaltung

Verzeichnung: Geometrische Abbildungsfehler

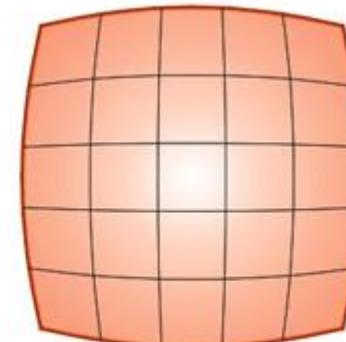
- Im Objektiv verändert sich die Vergrößerung mit zunehmendem Abstand von der Optischen Achse
- Je nach Objektivkonstruktion und Lage der Blende entstehen Tonnen- oder Kissenförmige Verzerrungen
- Bei Zoomobjektiven oft abhängig von der eingestellten Brennweite



Kissenförmige
Verzeichnung



verzeichnungsfreie
Abbildung



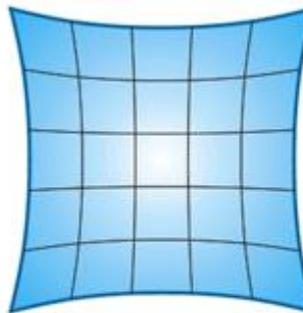
tonnenförmige
Verzeichnung

Quelle: www.univie.ac.at

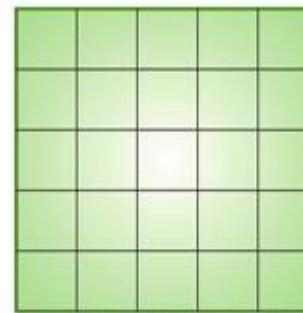
Bildgestaltung

Verzeichnung: Geometrische Abbildungsfehler

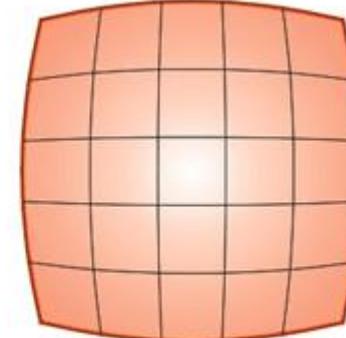
- Korrektur im Objektiv durch entsprechende Berechnung und Konstruktion
- Bei hochwertigen Objektiven bis unter eine Toleranzschwelle korrigiert



Kissenförmige
Verzeichnung



verzeichnungsfreie
Abbildung



tonnenförmige
Verzeichnung

Quelle: www.univie.ac.at

Bildgestaltung

Vignettierung: Helligkeitsabfall zu den Bildecken



Bildgestaltung

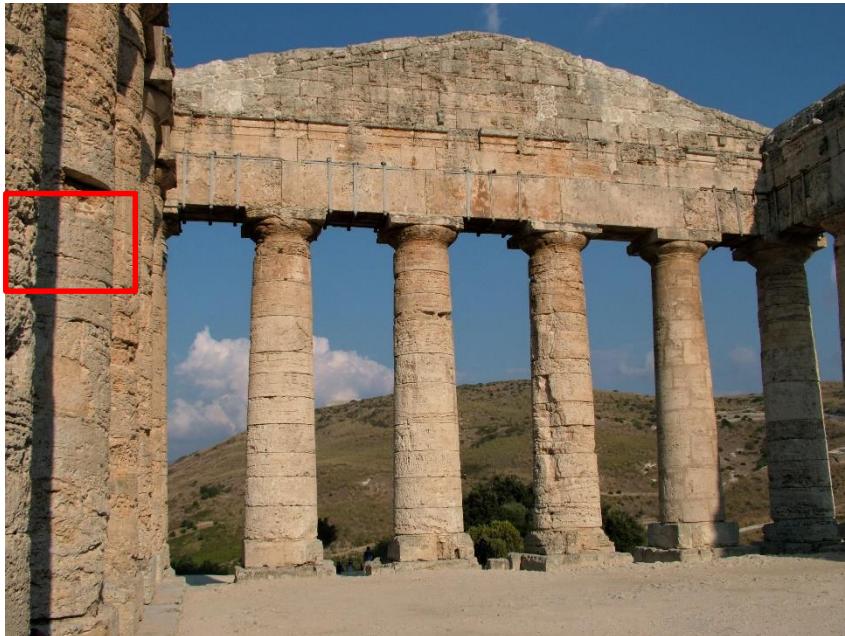
Vignettierung: Helligkeitsabfall zu den Bilddecken

- 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 werden

Bildgestaltung

Chromatische Aberrationen: Farbränder

Laterale chromatische Aberration, rot und grün nicht konvergent



Bildgestaltung

Chromatische Aberrationen: Farbränder

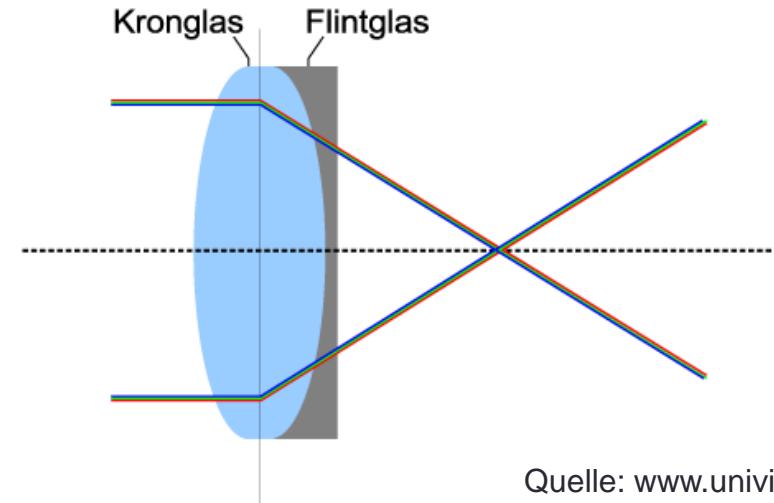
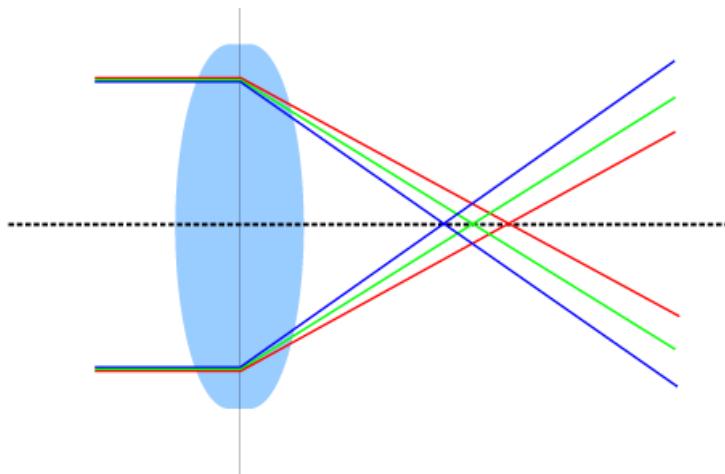
Longitudinale CA, blau nicht in der Fokusebene, Purple Fringing



Bildgestaltung

Chromatische Aberrationen: Farbränder

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



Bildgestaltung

Digitale Korrektur der Objektivfehler

Objektivfehler können zum Teil digital korrigiert werden:

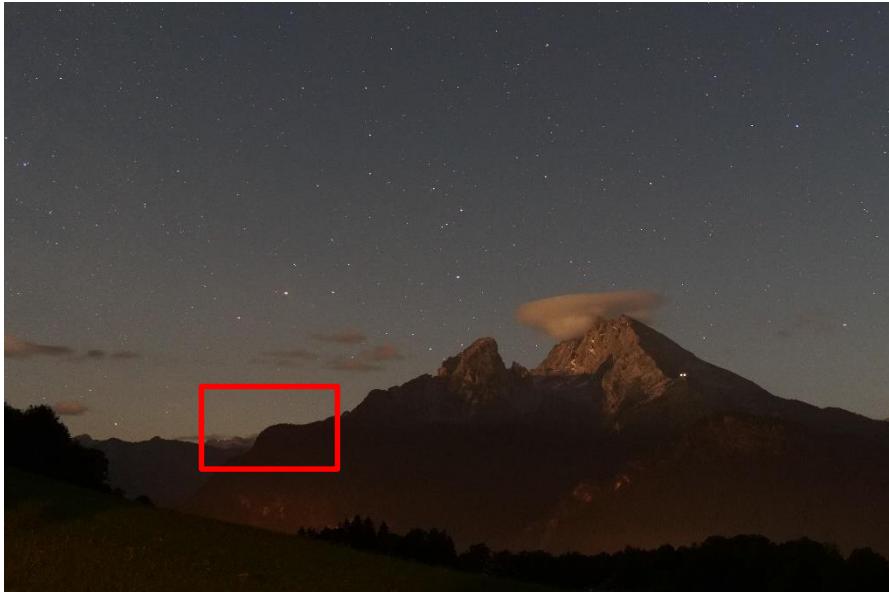
Geometrie, Vignettierung und chromatische Aberration

- In Kompakt- und Bridgekameras schon im Bildprozessor, oft nicht erkennbar und nicht abschaltbar
- In hochwertigen Kameras Korrekturen im Bildprozessor abschaltbar, zumindest für RAW-Dateien
- Mit Hilfe von Objektivprofilen bei der digitalen Nachbearbeitung
- Bildprozessor verarbeitet einen größeren Bildausschnitt und korrigiert durch Verschieben von Pixeln und Belichtungskorrektur
- Kann sich auf RAW- und JPEG-Dateien auswirken

Bildgestaltung

Rauschen bei zu wenig Licht

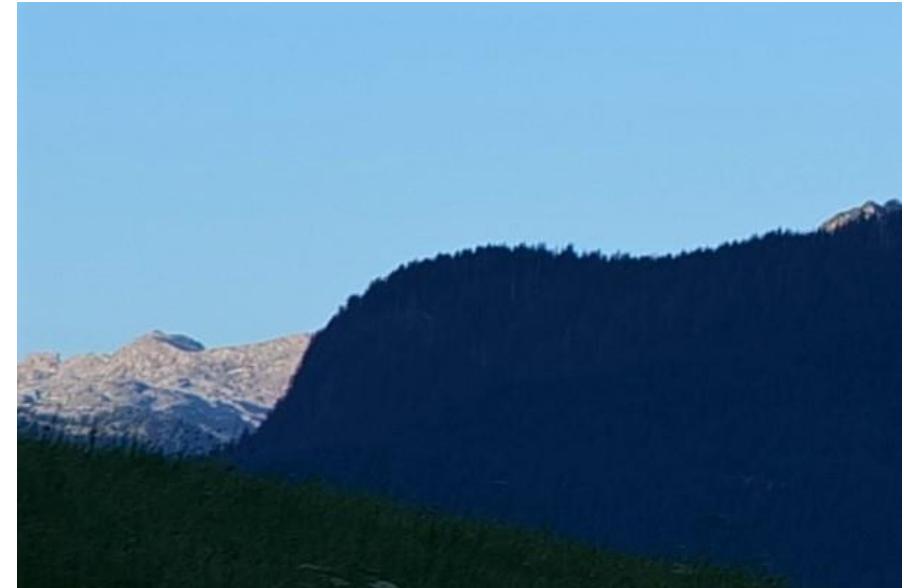
Die Verstärkung (ISO 6400) ist so hoch, dass Rauschen sichtbar wird



Bildgestaltung

Rauschen bei zu wenig Licht

Tagsüber mit weniger Verstärkung ist das Grundrauschen nicht sichtbar



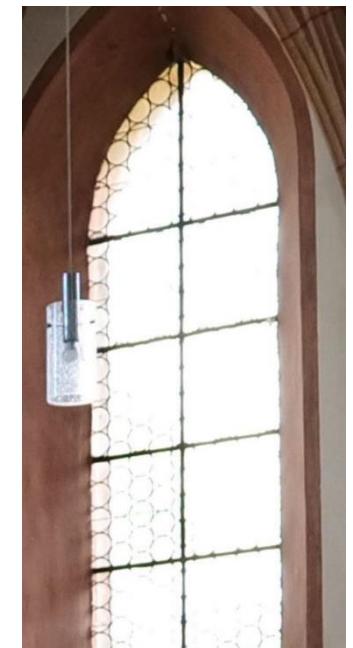
Bildgestaltung

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 etwas mehr Spielraum, aber stets auf Kosten der Schärfe

Bildgestaltung

Sättigung und Detailverlust bei Überbelichtung
Strukturen in hellen Bereichen gehen verloren



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
- Durch Kamerainterne Messung und Anzeige in **Histogrammen** oder betonten **Spitzenlichtern** schon beim Fotografieren vermeidbar
- HDR-Programm der Kamera nutzen (Belichtungsreihe)

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

- Belichtung und Belichtungseffekte
- Fokus
- Bildfehler und ihre Korrektur
- **Autofokus, Stabilisator und Belichtungsprogramme**
- Bildgestaltung und Komposition
 - Motivauswahl, Bildausschnitt, Kameraposition...

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Autofokus, Stabilisator und Belichtungsprogramme

- 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“

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Autofokus Autofokussysteme

- Zu unterscheiden ist zwischen **Aktivem Autofokus und Passivem AF**
- Bei aktivem AF misst die Kamera die Entfernung zum Motiv, entweder per Ultraschall oder Infrarotlicht
- Dies funktioniert bei geringeren Entfernungen, ist jedoch nicht bei Teleaufnahmen oder durch Glasscheiben möglich (Ultraschall)
- Eingesetzt in analogen Kameras



Quelle: www.scandig.info/Autofokus.html

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Autofokus

Autofokussysteme

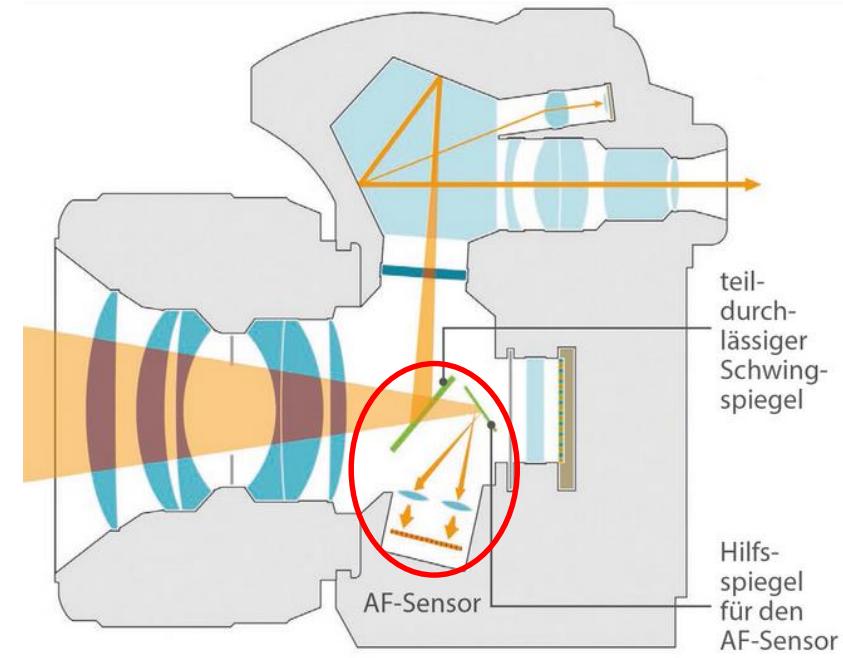
- Aktuelle Digitalkameras arbeiten zur automatischen Fokussierung mit zwei möglichen **passiven AF-Varianten** oder deren Kombination:
- **Phasenvergleichs-Autofokus**
- **Kontrast-Autofokus**
- **Hybrid-AF**

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Autofokus

Phasenvergleichs-Autofokus

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

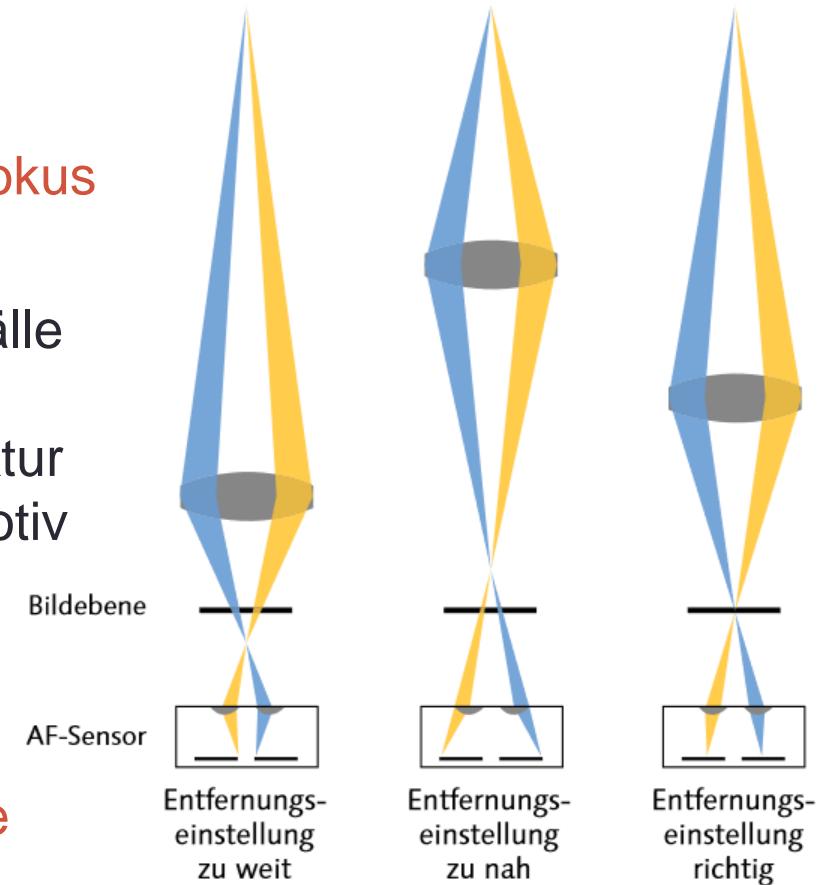


Quelle: www.oreilly.com

Bildgestaltung

Elemente der 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

Elemente der Bildgestaltung - Autofokus

Phasenvergleichs-Autofokus

Pro

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

Contra

- Er ist jedoch stark von exakter Kalibrierung abhängig, weil AF-Messung und Aufnahme nicht 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

Elemente der Bildgestaltung - Autofokus

Kontrast-Autofokus

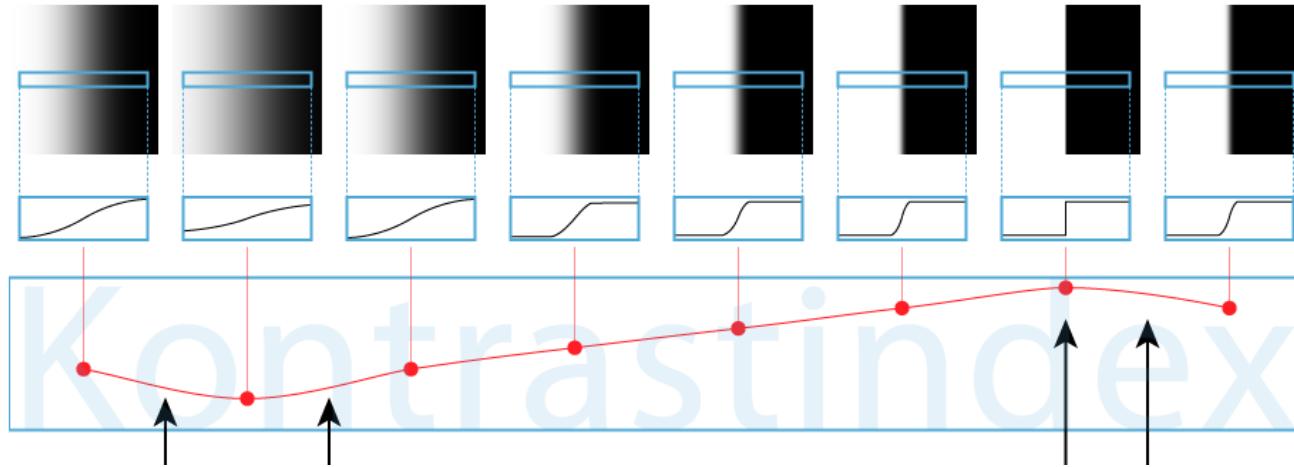
- Kontrast-Autofokus misst den Kontrast an Kanten des Motivs. Der Kantenkontrast erreicht ein Maximum bei optimal eingestelltem Fokus
- Zur Messung wird zunächst ermittelt, in welche Richtung das Objektiv eingestellt werden muss, um den Kontrast zu erhöhen
- Ist die korrekte Richtung gefunden, wird solange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

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Autofokus

Kontrast-Autofokus

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



Einstellrichtung falsch... ...korrekt...

...Fokus überschritten und zurück

Quelle: onzesi.de/technik/kontrastautofokus.php

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Autofokus

Kontrast-Autofokus

Pro

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

Contra

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

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Autofokus

Voraussetzungen für Autofokus

- Die Kamera muss zur automatischen Fokussierung einzelne Linsen im Objektiv bewegen können:
- Über einen **Antrieb im Kameragehäuse**, der auf das Objektiv wirkt
- Über einen im **Objektiv integrierten Motor**
- Dies setzt spezielle AF-Objektive voraus
- Aktuelle Objektive besitzen einen internen (Ultraschall-)Motor, der Leise und sehr schnell die Scharfstellung erledigt

Bildgestaltung

Elemente der 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 Objektive ohne Autofokus trotzdem weiter an neuen Kameräen verwendet werden können, dann jedoch nur mit manuellem Fokus



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Autofokus

Grenzen der Autofokussysteme und manuelle Fokussierung

- Alle passiven Autofokussysteme benötigen Licht und Helligkeitsunterschiede 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 daher und aus gestalterischen Gründen nach wie vor manuelle Fokussierung wichtig:
 - Makrofotografie
 - Landschaftsfotografie
 - Available-Light-Fotografie
 - Astrofotografie

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Autofokus

Grenzen der Autofokussysteme und manuelle Fokussierung

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



Quelle: de.wikipedia.org

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Belichtungsautomatik

- Digitalkameras unterstützen die richtige Belichtung mit automatischer Belichtungsmessung und oft mit verschiedenen Motivprogrammen
- Standard ist eine automatische Belichtung mit:
 - **Zeitvorwahlautomatik S** (Verschlusszeit wird vom Benutzer eingestellt)
 - **Blendenvorwahlautomatik A** (Blende wird vom Benutzer eingestellt)
 - **Programmautomatik P** (Kamera wählt Situationsabhängig beides selbst)



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Belichtungsautomatik

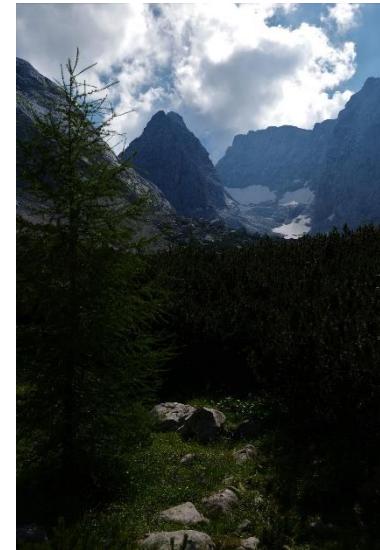
- Grundlegendes Axiom der Belichtungsmessung ist, dass die gesamte Lichtmenge eines gleichmäßig beleuchteten, kontrastarmen Motivs einem mittleren Helligkeitswert entspricht
- Die korrekte Belichtung führt dann zu einem **mittleren Grau mit 18% Intensität** (logarithmischer Maßstab)
- Die Helligkeitsverteilung hat dann sowohl für dunkle als auch für helle Bildbereiche ausreichend Dynamikspielraum

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Belichtungsautomatik

- Zweites Axiom der Belichtungsmessung ist, dass der vom menschlichen Auge wahrnehmbare Kontrastumfang höher ist als bei Digitalkameras
- Kontrastreiche Motive können nicht gleichzeitig in dunklen und hellen Bereichen korrekt belichtet werden
- Fotograf oder Bildprozessor entscheiden, welche Bereiche unter- oder überbelichtet werden

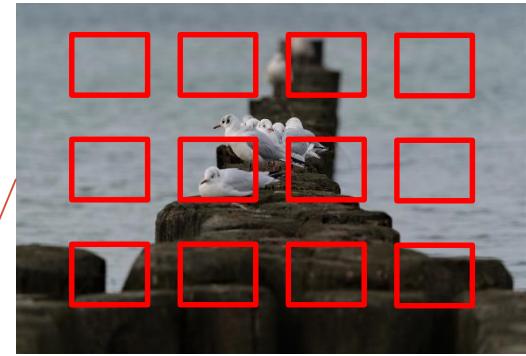


Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Belichtungssamatik

- Um entweder über weite Teile eines Bildes oder für einen einzelnen Bildausschnitt korrekt belichten zu können, bieten die Kameras verschiedene Messmethoden und Messpunkte:
- Matrix- oder Mehrfeldmessung
- Spot-Messung
- Mittenbetonte Integralmessung



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung

Belichtungsautomatik

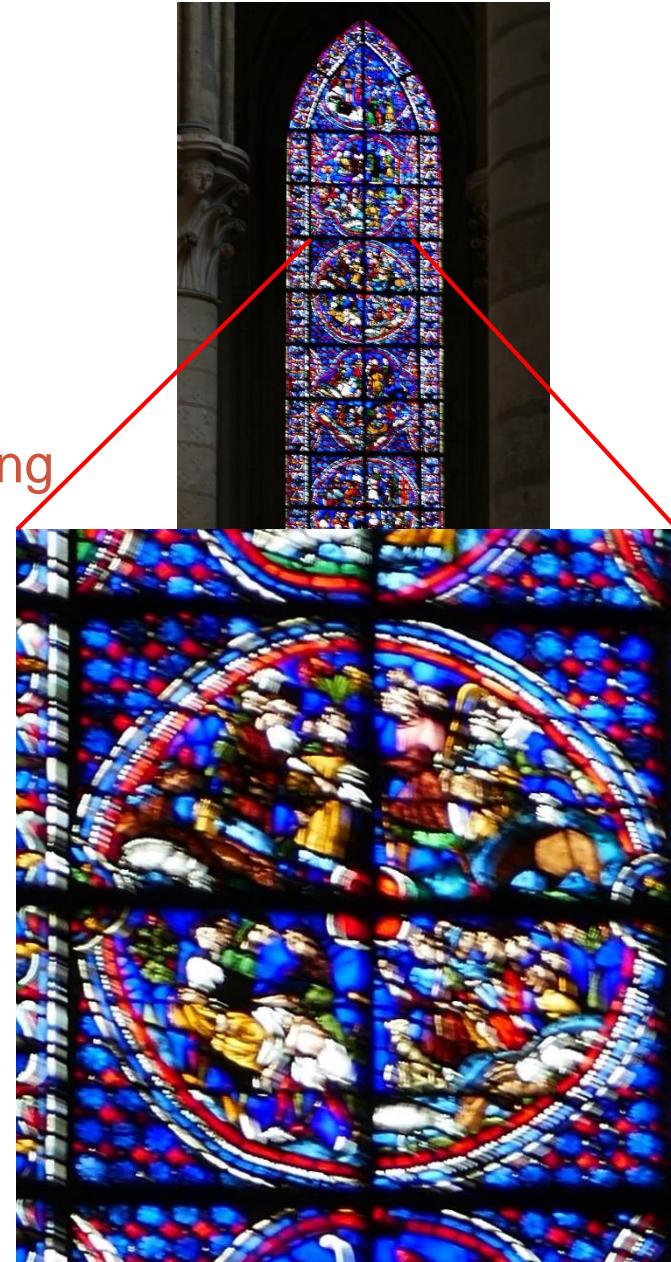
- Die Matrix- oder Mehrfeldbelichtung ist meist voreingestellt und soll ausgewogene Ergebnisse liefern
- Bei Spot-Messung kann der Messpunkt oft an eine beliebige Stelle im Bild gelegt werden, etwa dorthin, wo auch der Fokus liegen soll
- Gelingt dennoch keine zufrieden stellende Belichtung, kann ein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

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Bildstabilisierung

Längere Belichtungszeiten mit höheren
Brennweiten

- Werden Kameras ohne Stativ eingesetzt, besteht die Gefahr, dass Aufnahmen durch unbeabsichtigte Kamerabewegungen unscharf werden oder **verwackeln**
- Dabei entstehen typische **Verwackelungsunschärfen**, die einer Bewegung ähneln
- Das Risiko des Verwackelns nimmt mit Belichtungszeit und Brennweite zu



Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Bildstabilisierung

Längere Belichtungszeiten mit höheren Brennweiten

- Lange Zeit galt daher die Faustregel „Verwende ohne Stativ keine Belichtungszeiten größer als der Kehrwert der Brennweite“

Beispiel: 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
- Kameras verfügen daher über verschiedene Verfahren zur Bildstabilisierung, entweder optisch oder per KI

Bildgestaltung

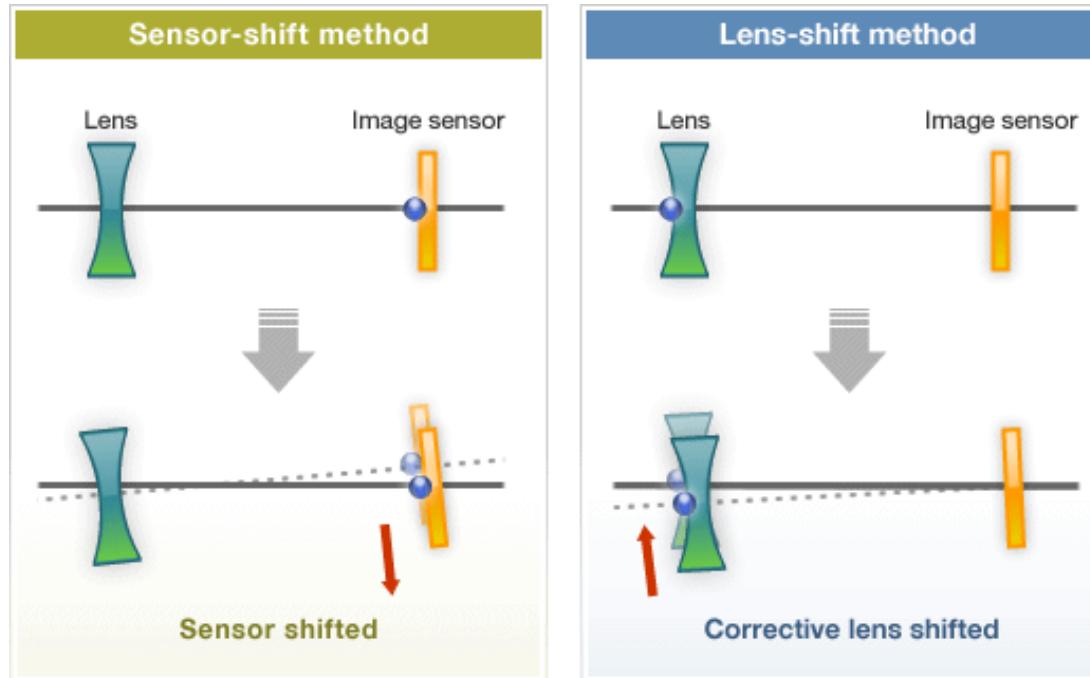
Elemente der Bildgestaltung - Bildstabilisierung

Längere Belichtungszeiten mit höheren Brennweiten

- Optische Bildstabilisierung ist auf zweierlei Weise umsetzbar:
- 1. Objektive mit **Beschleunigungs- und Rotationssensor** gleichen unerwünschte Kamerabewegungen durch Linsenbewegungen aus
- 2. Kameragehäuse mit **Beschleunigungs- und Rotationssensor** bewegen den Bildsensor, um Verwackeln auszugleichen

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Bildstabilisierung



Quelle: Sony

Bildgestaltung

Elemente der Bildgestaltung - Bildstabilisierung

Längere Belichtungszeiten mit höheren Brennweiten

- Die Kamera- und Objektivhersteller verwenden diese Verfahren uneinheitlich
- Panasonic und Sony beides gleichzeitig ein, sofern die Objektive dies unterstützen
- Hersteller geben bis zu 6 Blendenstufen längere Belichtungszeiten mit Stabilisierung an, realistisch sind aktuell 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

Elemente der Bildgestaltung - Bildstabilisierung

Längere Belichtungszeiten mit höheren Brennweiten

- Manche Smartphones bieten **Electronic Image Stabilization EIS** auf Softwarebasis, insbesondere bei der Videoaufzeichnung
- Die Korrektur von Verwackelungsunschärfe ist eingeschränkt auch noch in der Nachbearbeitung möglich, Photoshop bietet entsprechende Optionen beim Einstellen der Schärfe
- Die Ergebnisse sind aktuell beachtlich, reichen aber nicht an OIS heran

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
- 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: Belichtung, Ausschnitte, Schärfe, Effekte, Farben...
 - Bilder verwalten

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Was zu bearbeiten ist...

- Bild importieren und evtl. grob vorkorrigieren (RAW-Import)
- Kamera- und Aufnahmefehler, Verzeichnung, Perspektive, Rotation...
- Belichtung korrigieren: Lichter, Schatten, Helligkeit, Kontrast
- Bildausschnitt wählen (Crop)
- Schärfe einstellen und Weichzeichnen
- Farbe anpassen: Sättigung, Farnton, Weißabgleich und Co.
- Metadaten bearbeiten: EXIF-Daten
- Dateiformat zum Speichern wählen und Dateien speichern

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

...und mit welcher Software

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

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen Software-Beispiele

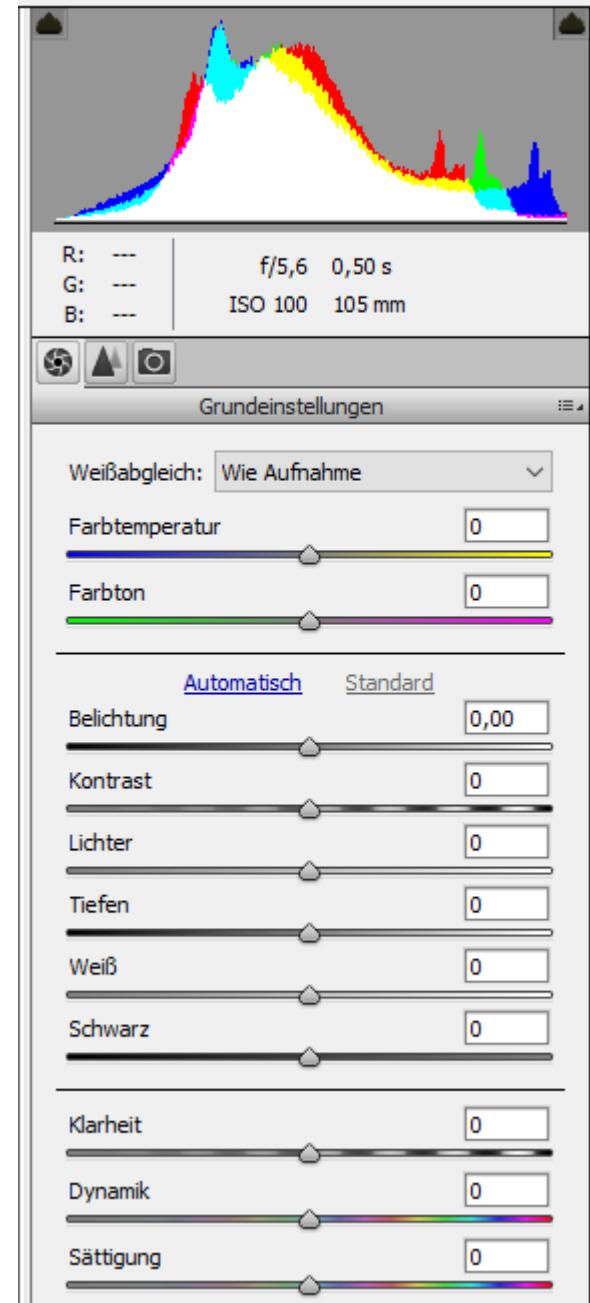
- Bildbearbeitung kostenlos
- Bildbearbeitung und -verwaltung für Urlaubsfotos
- Professionelle Bildbearbeitung (und ggf. -verwaltung)

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	65,- €	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

Bildbearbeitung Grundlagen – Importieren: RAW-Dateien

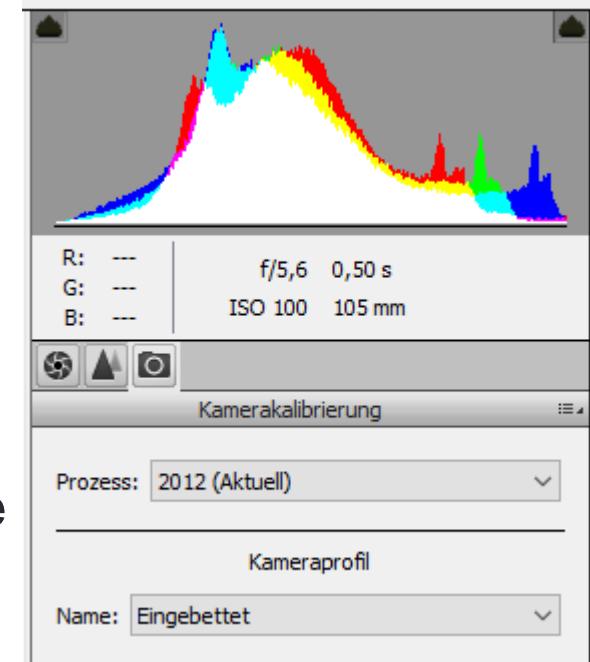
- Bilddatei z.B. über Photoshop-Plugin **Camera Raw** öffnen
- Manuell Grundeinstellungen vornehmen für
 - Weißabgleich, Belichtung
 - Schärfe, Rauschen
 - Objektivfehler korrigieren (chromatische Aberrationen, Vignettierung)
 - Einstellungen speichern, für alle zukünftigen Importe



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Importieren:
RAW-Dateien, Alternative

- 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



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Verzeichnung, Perspektive, Rotation



OK

Zurück

Hilfe

Vorschau

Verzerrung entfernen

Vignette

Stärke

abdunkeln aufhellen

Mittelpunkt

Perspektive steuern

Vertikale Perspektive

Horizontal Perspektive

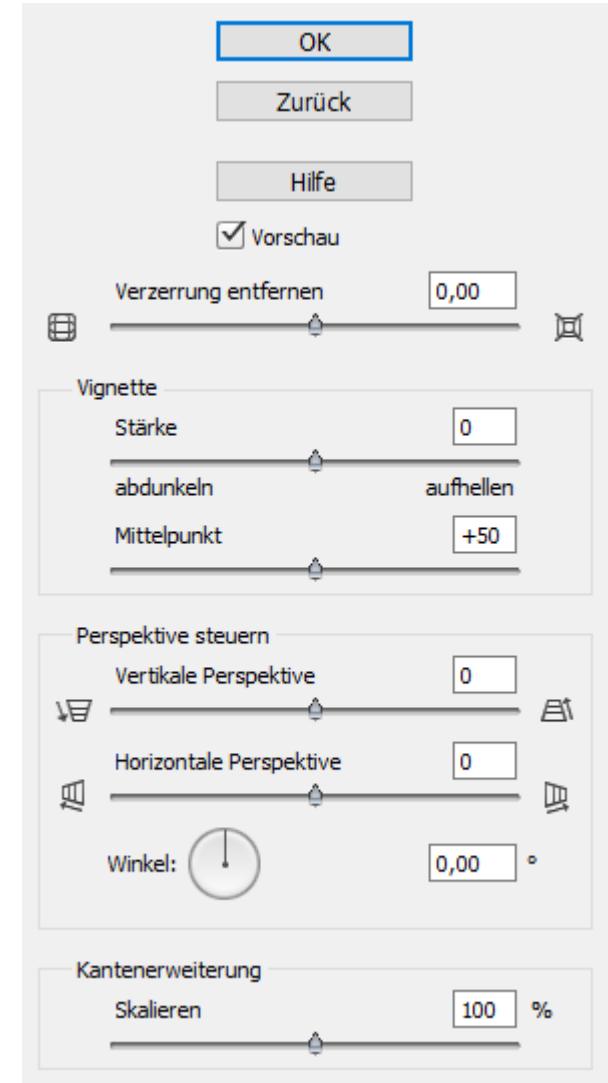
Winkel: °

Kantenerweiterung

Skalieren %

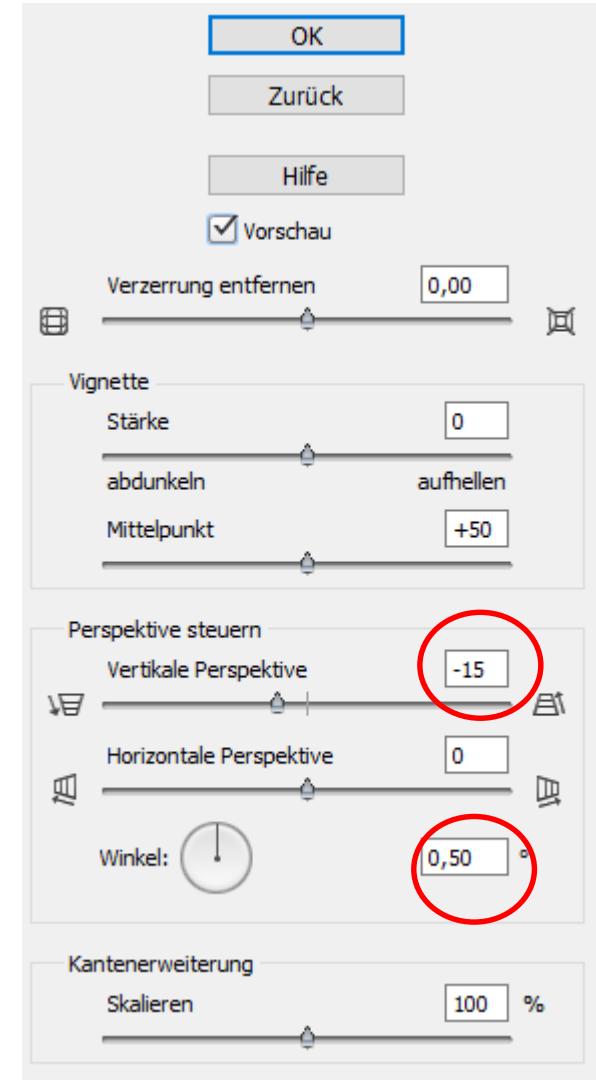
Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Verzeichnung, Perspektive, Rotation



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Verzeichnung, Perspektive, Rotation



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Verzeichnung, Perspektive, Rotation

Transformationen = Änderungen auf der Strukturbene der Pixel

Vorteil: Korrektur der Geometriefehler

Nachteile: Verkleinern des Bildausschnitts, Reduzierung der Detailauflösung

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Belichtung, Helligkeit, Kontrast

Bezüglich der Belichtung besitzen Digitalkameras einen nach oben und unten begrenzten **Dynamikbereich**:

Schwarz = Null Elektronen im Pixel plus/minus Rauschen

Weiß = erreichbares Maximum der Elektronenzahl eines Pixels

Bei 8 Bit je Kanal z.B.: Schwarz = 0, Weiß= 255r, 255g, 255b

Im Bereich der Tiefen führen schon wenige Elektronen mehr zu sichtbaren Helligkeitsunterschieden

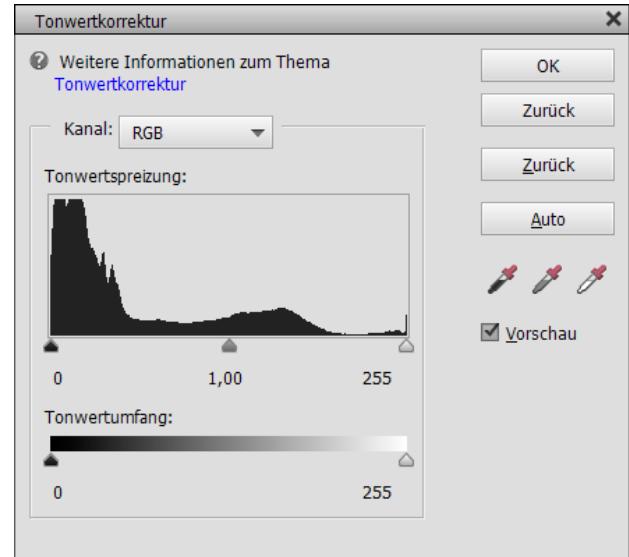
Im Bereich der Lichter gibt es eine harte Grenze, die nicht überschritten werden kann, mehr Licht führt zu keinem weiteren Informationsgewinn

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Belichtung, Helligkeit, Kontrast

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

Unterbelichtete Bilder führen zu verstärktem Rauschen und Detailverlust in den Tiefen, überbelichtete Bilder zu völligem Verlust von Informationen in den Lichtern



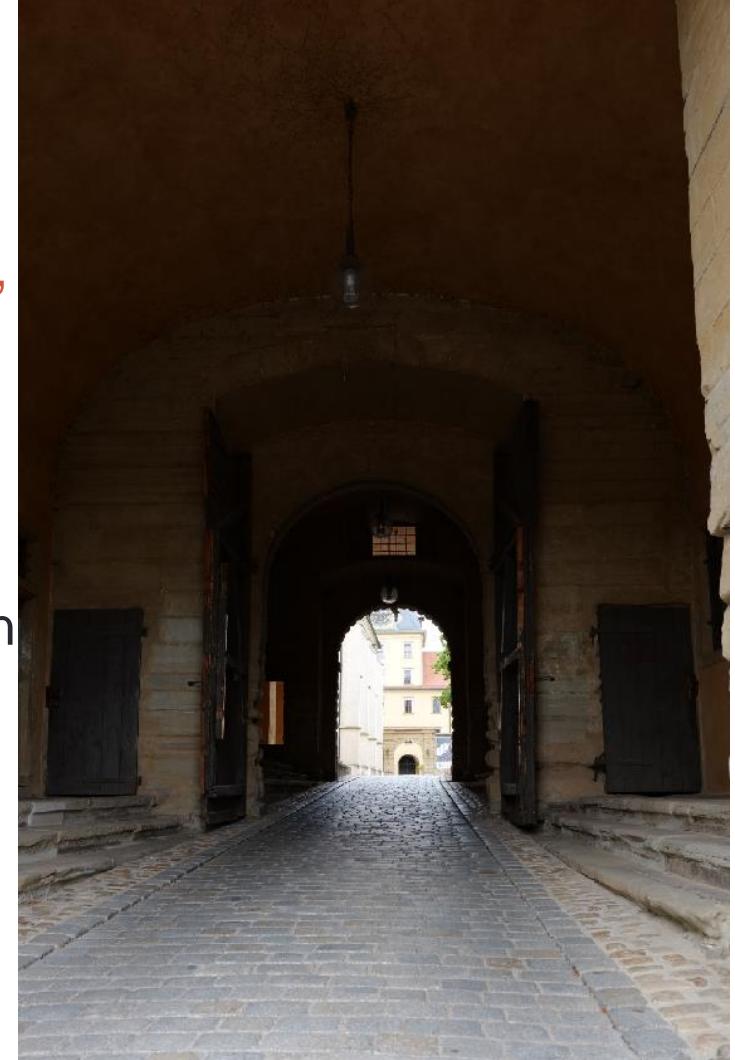
Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Belichtung,
Helligkeit, Kontrast

Korrekt belichtete Bilder lassen sich
optimal einstellen

Herausforderung:

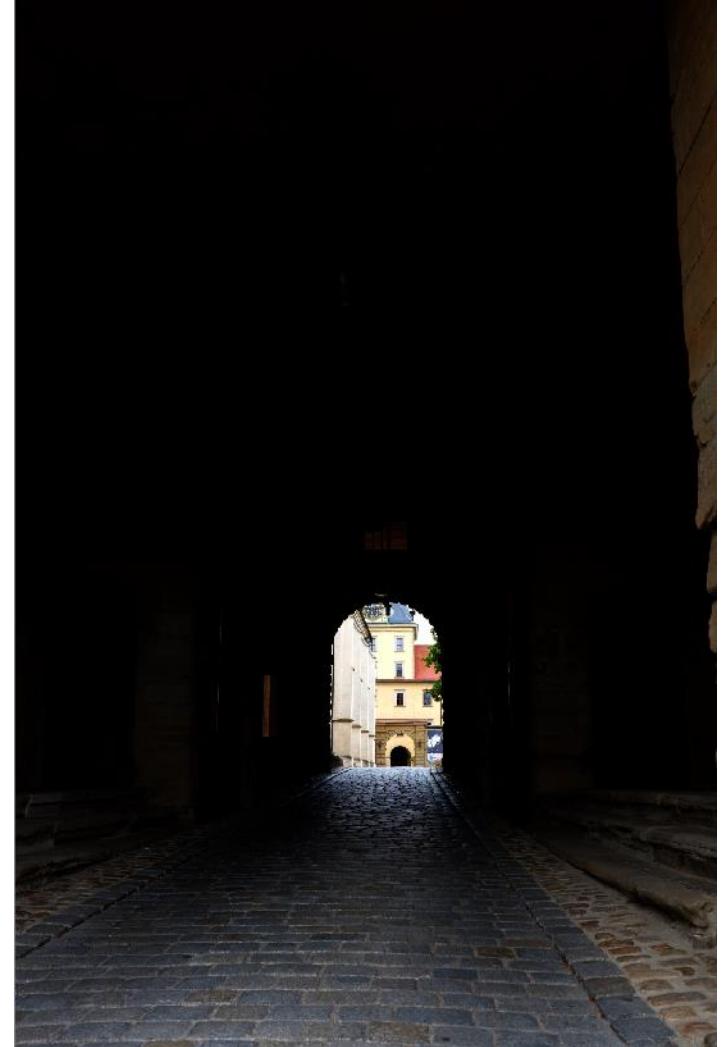
- Ausreichend Informationen in den Tiefen
und in den Lichtern einstellen
- Natürlichen Eindruck erhalten



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Belichtung,
Helligkeit, Kontrast

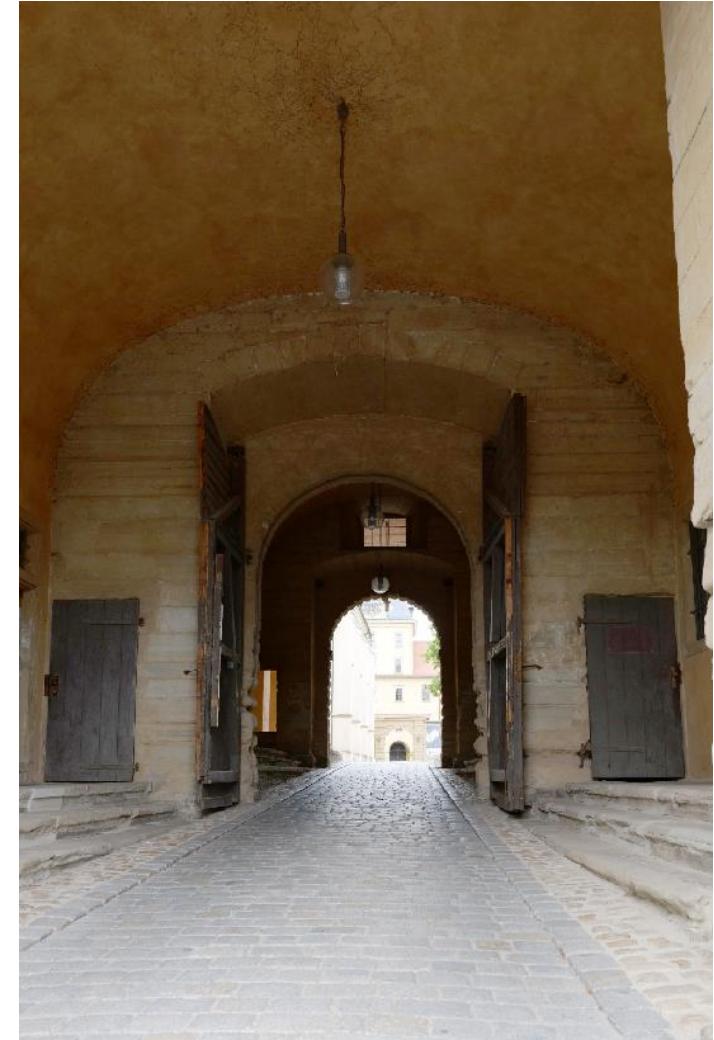
Passend eingestellte Lichter führen zu
Detailverlust in den Tiefen...



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Belichtung,
Helligkeit, Kontrast

Details in den Tiefen sorgen für zu helle
Lichter



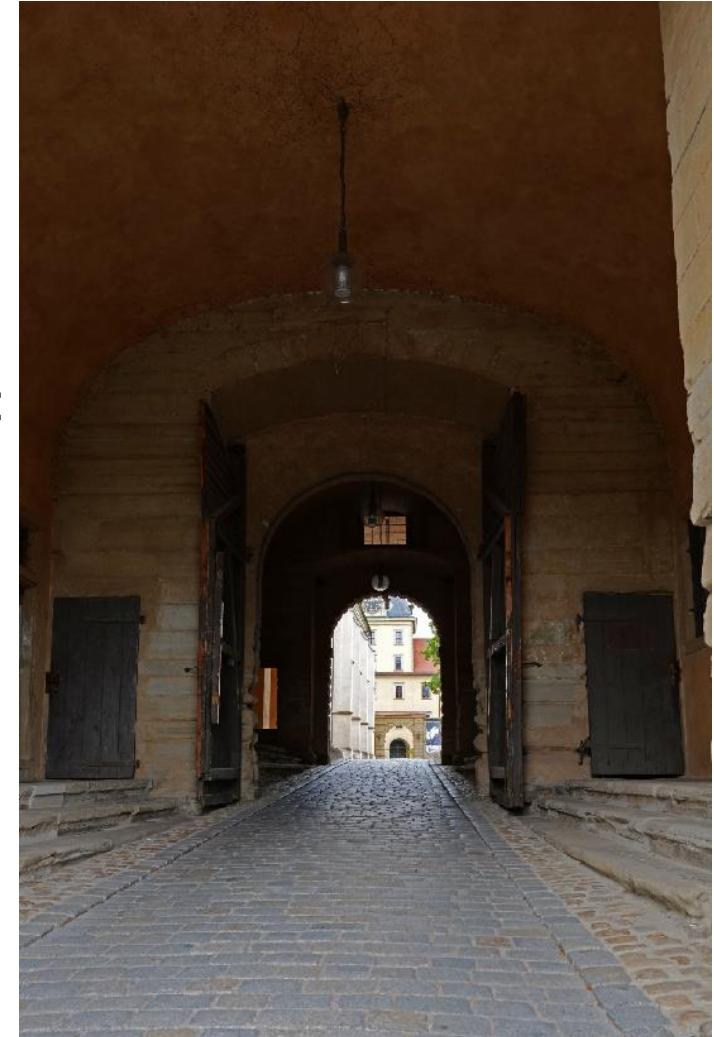
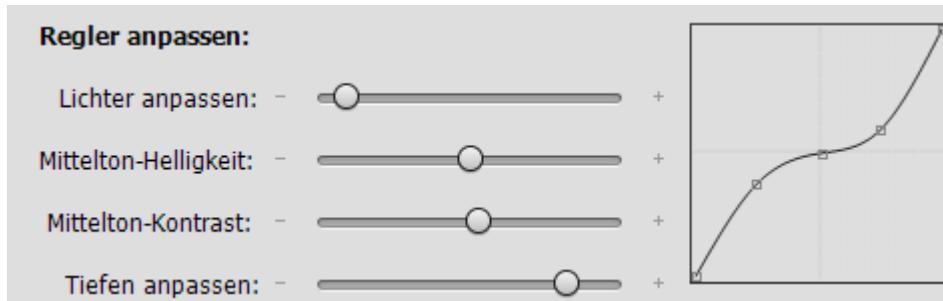
Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Belichtung, Helligkeit, Kontrast

Die optimale Einstellung liegt dazwischen:

Selektives Aufhellen der Tiefen plus selektives Abdunkeln der Lichter bei gleichem Kontrastumfang

Die Gradationskurve bekommt Schlenker



Bildbearbeitung

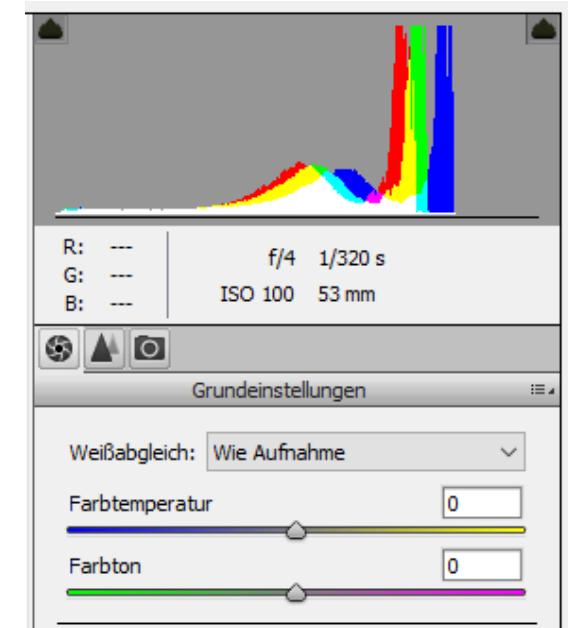
Bildbearbeitung Grundlagen – Farbe anpassen, Basiseinstellungen

- Weißabgleich einstellen
- Farbstich entfernen
- Sättigung einstellen

Ziel: Natürlicher Bildeindruck

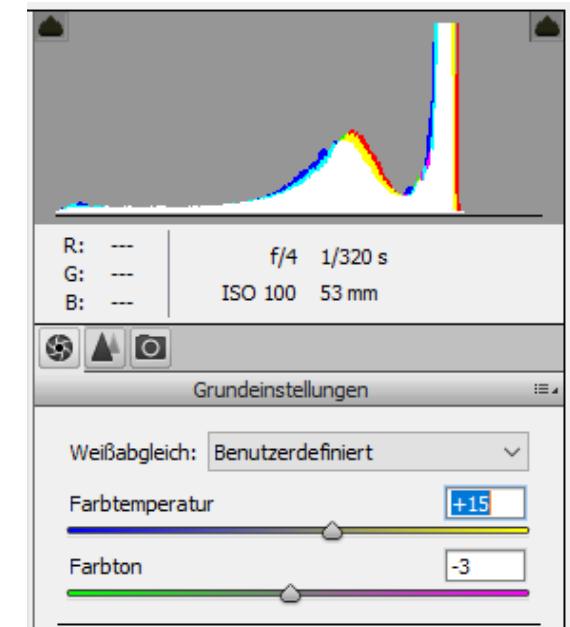
Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Farbe anpassen, Basiseinstellungen
Weißabgleich einstellen, Farbtemperatur



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Farbe anpassen, Basiseinstellungen
Weißabgleich einstellen, Farbtemperatur



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbsättigung verändern

- Möglich für alle Kanäle (RGB) gemeinsam, Steigerung der Sättigung erhöht die Farbunterschiede und lässt Farben stärker wirksam werden, stärker leuchten

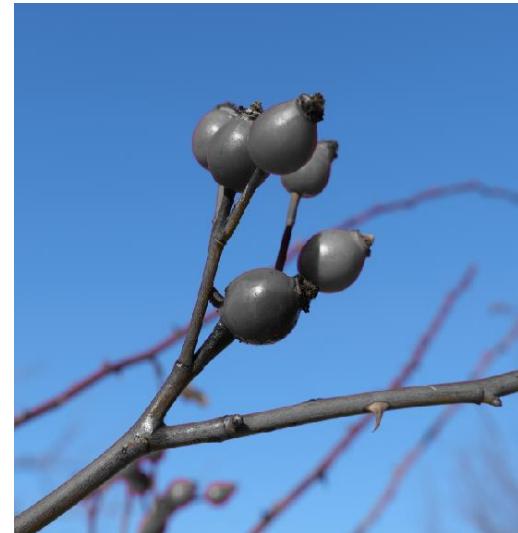
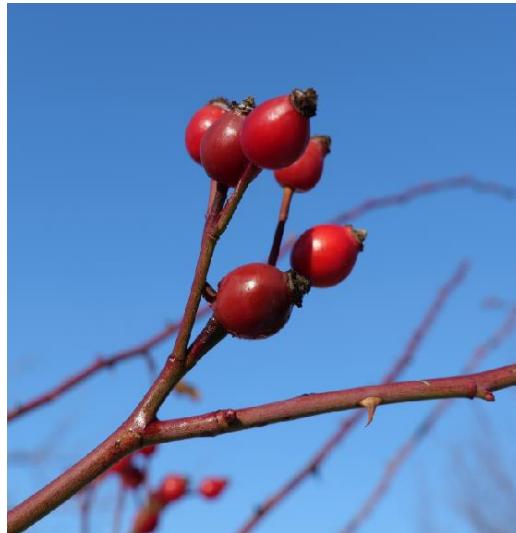


Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Farbe anpassen, Basiseinstellungen

Farbsättigung verändern

Möglich für einzelne Kanäle, verändert Helligkeit einzelner Farbanteile und erzielt spezielle Effekte



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Bildausschnitt wählen

Anpassung an z.B. goldenen Schnitt oder Drittelung



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Bildausschnitt wählen

Hervorheben von Details

Begrenzt durch tatsächliche Kameraauflösung, benötigt Reserve

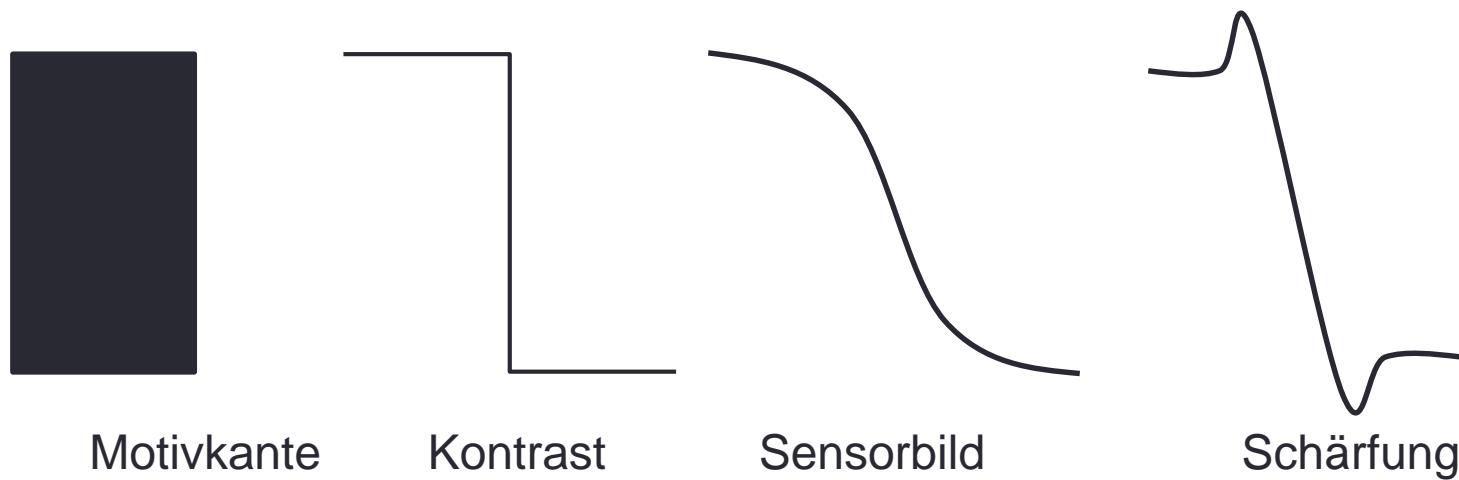


Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Schärfen

Die Kameraauflösung und damit die tatsächliche Bildschärfe ist in der Fotografie grundsätzlich technisch begrenzt

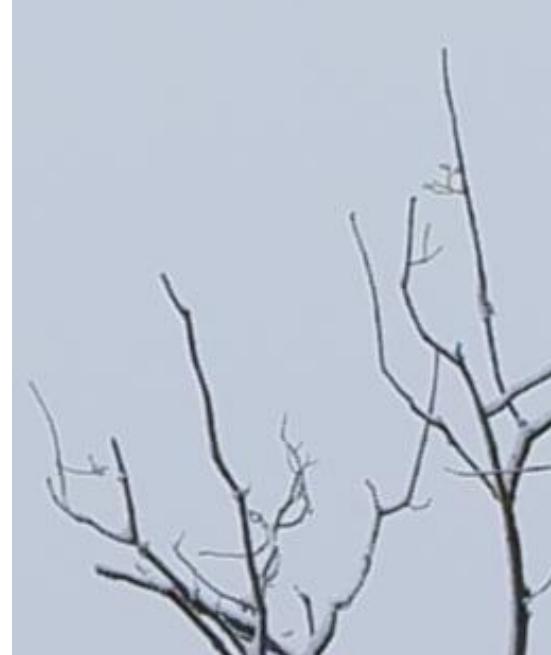
Das Schärfen hebt den Kantenkontrast an, um eine subjektiv schärfere Bildwirkung zu erzielen



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Schärfen

Beispiel mit sichtbaren Schärfungsartefakten



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen – Schärfen

Schärfung steigert außerdem das sichtbare Rauschen

Die Schärfeeinstellung ist daher ein Kompromiss zwischen erwünschter Wirkung und störenden Artefakten

Dies gilt auch für viele andere Einstellungs- und Korrekturmöglichkeiten in der Nachbearbeitung.

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement

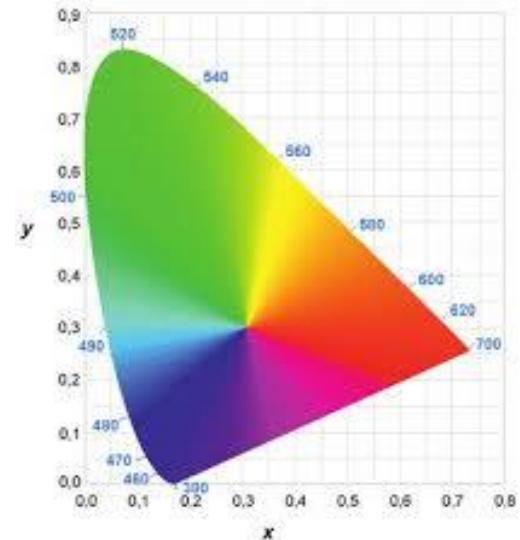
- Grundlagen
- Farträume: sRGB, AdobeRGB, CYMK...
- Kalibrieren
- Ausgabe auf verschiedenen Medien

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement

- Menschen nehmen die Farben des Lichts aufgrund unterschiedlicher abgestrahlter Wellenlängen 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



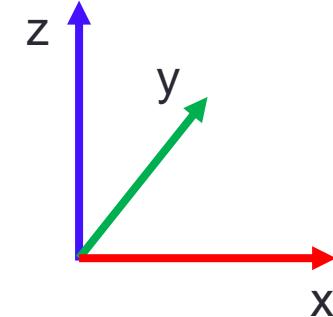
Quelle: www.ugra.ch

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement

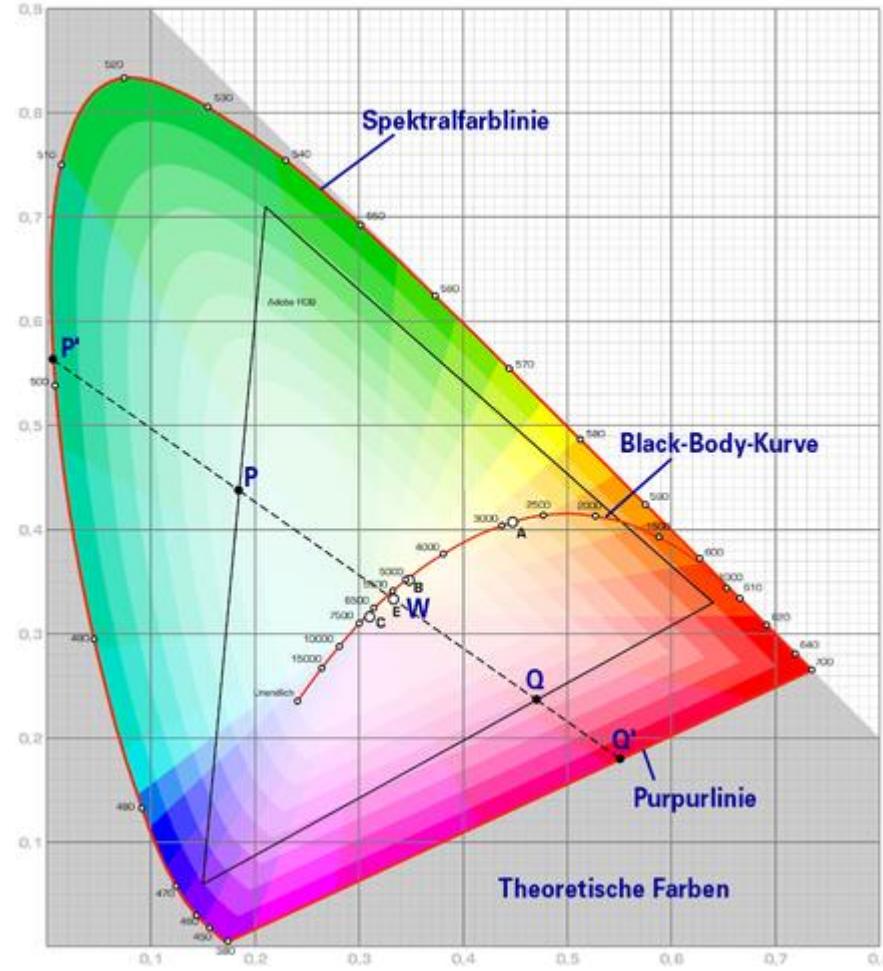
- Die CIE verwendet einen dreidimensionalen Farbraum
- Jede Farbe wird als eine Kombination aus drei Koordinaten x, y und z für die Primärfarben Rot (x), Grün (y) und Blau (z) beschrieben
- Die CIE-Normfarbtafel ist eine normierte, zweidimensionale Projektion dieses Farbraums auf die Ebene der durch die Koordinaten x und y aufgespannten Fläche
- Für jede Farbe sind Werte für **x** und **y** direkt ablesbar
- Der Wert der Blau-Koordinate **z** lässt sich aus der Beziehung $x+y+z=1$ errechnen



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen Farbmanagement

- Weißes Licht bedeutet gleichen Anteil aller drei Primärfarben:
 $x=y=z=0,33$
- Weiß liegt daher im Zentrum
- Der Umriss der wahrnehmbaren Farbfläche ist durch die Farben der **Spektrallinien** und die theoretischen Farben der **Purpurlinie** beschrieben



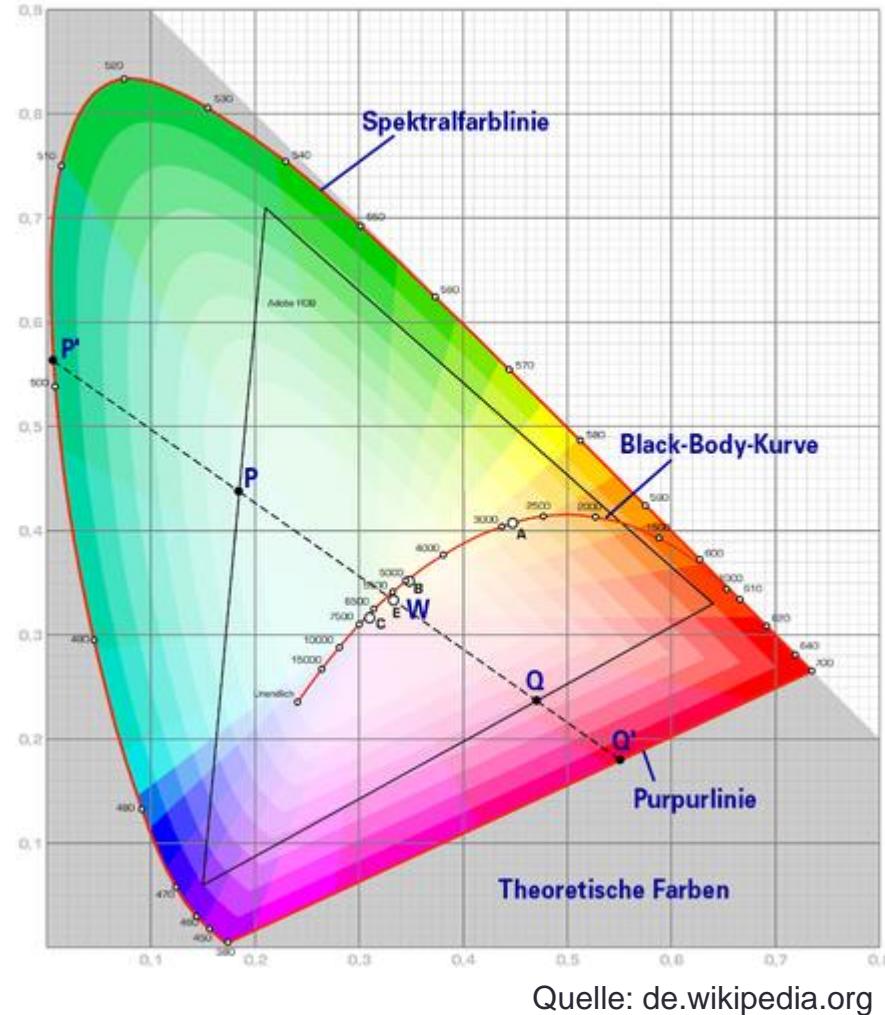
Quelle: de.wikipedia.org

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement

- In der CIE-Normfarbtafel kann außerdem noch die Farbkurve eines strahlenden schwarzen Körpers eingetragen werden
 - Sie entspricht dem Farbton, die eine Lichtquelle aufgrund ihrer Temperatur in unserer Wahrnehmung besitzt
 - Die Kurve gibt die Farbtemperatur weißen Lichts an



Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement

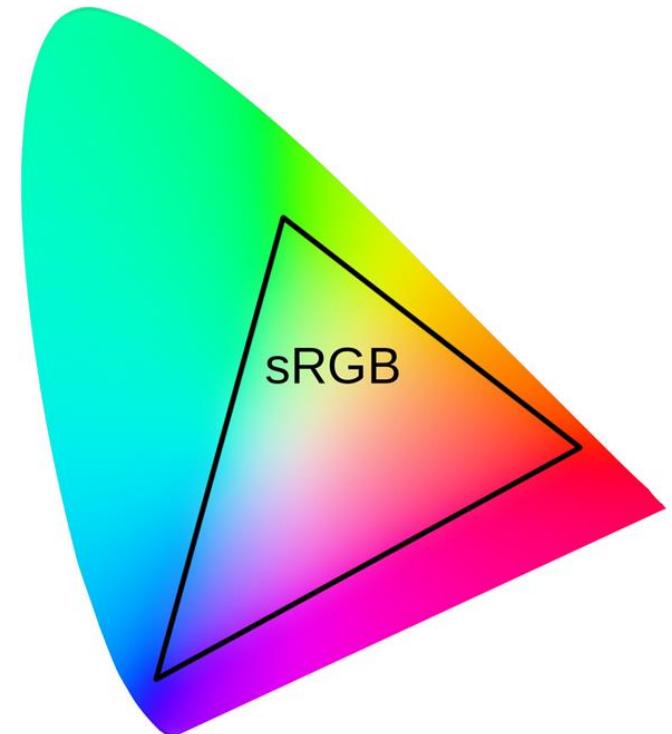
- Technische Systeme können meist nur einen Ausschnitt aus dem für Menschen wahrnehmbaren Farbraum verarbeiten
- Dieser Ausschnitt ist je nach verwendeter Technik verschieden
- 1996 wurde auf Basis der damals üblichen Kathodenstrahlröhren mit **sRGB** ein Standard-Farbraum für Computer festgelegt
- sRGB 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

Bildbearbeitung Grundlagen

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

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement

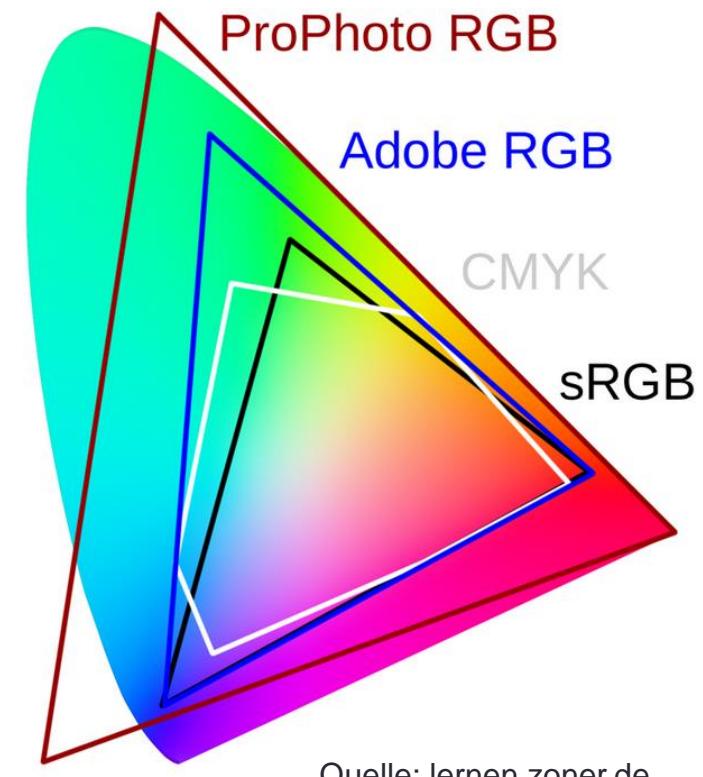
- Kameras hinterlegen bei JPEG-Ausgabe normalerweise sRGB als Farbraum
- sRGB ist auch in den meisten Bildbearbeitungsprogrammen voreingestellt
- Fotografen, die für ihre Arbeit einen größeren Farbraum benötigen, können RAW-Dateien aufnehmen und bearbeiten
- Der Farbraum wird dann erst bei der Bearbeitung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

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement

- sRGB besitzt unter den Farträumen den kleinsten **Gamut**, also 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

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement - Kalibrieren

- Allerdings besitzen Betriebssysteme, Grafikkarten und insbesondere Bildschirme Eigenheiten bei der Interpretation von Farbwerten, die per sRGB angegeben werden
- Zwei Bildschirme, die beide den sRGB-Standard unterstützen, liefern daher nicht notwendigerweise das gleiche Ergebnis:
- Technologische Unterschiede und Exemplarstreuungen sorgen dafür, dass ein sRGB-Bild beim Kunden praktisch nie genauso angezeigt wird, wie es der Fotograf auf seinem Equipment gesehen hat
- Diese Unterschiede können durch **Kalibrieren** minimiert werden

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement - Kalibrieren

- Kalibrieren bedeutet die Justierung von Geräten, sodass die individuelle Abweichung vom Standard, z.B. sRGB, minimiert wird
- Üblich ist vor allem die **Bildschirmkalibrierung**, bei der für die Farbkanäle und für die Helligkeitsverteilung (Gamma-Kurve) eine Eichung der Bildschirmanzeige vorgenommen wird
- Dafür gibt es zwei Ansätze:
 - **Softwarekalibrierung**
 - **Hardwarekalibrierung**

Gamma 1,0



Gamma 2,2



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

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen Farbmanagement - Kalibrieren

- Kalibrieren verwendet ein Farbmessgerät, dass die tatsächlich vom Monitor angezeigten Farben ermittelt und mit den theoretisch aus dem Standard zu erwartenden Farben vergleicht
- Bei Softwarekalibrierung wird ein **Korrekturprofil** als Datei gespeichert und kann vom Computer verwendet werden
- Unterstützt der Monitor eine Hardwarekalibrierung, kann die Korrektur im Monitor selbst vorgenommen werden
- Hardwarekalibrierung ist exakter und wirkt sich auf Betriebssystem und Programme aus



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

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement - Kalibrieren

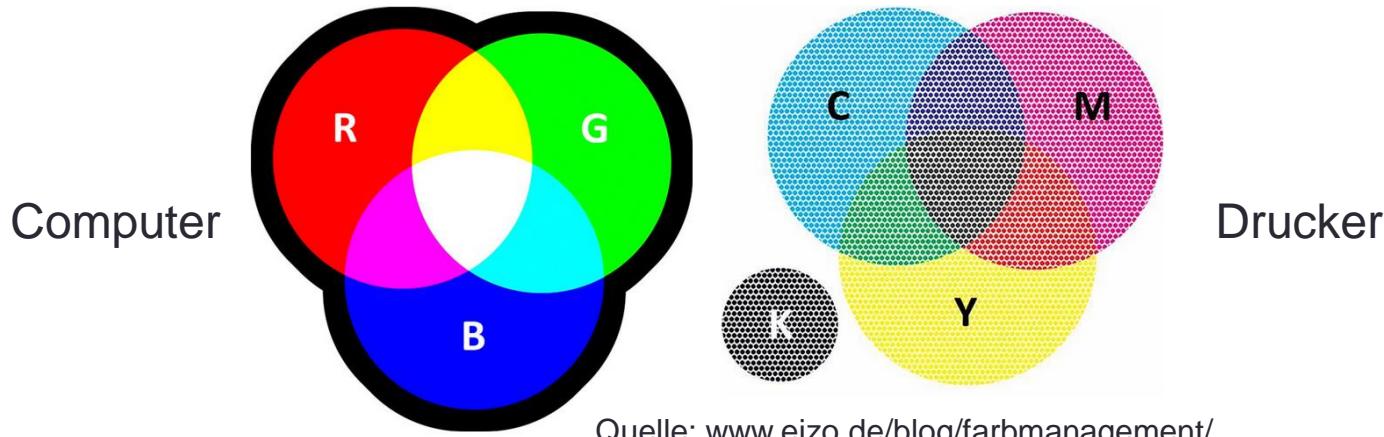
- Das Kalibrieren ist insbesondere in der Druckvorstufe wichtig
- Ein kalibrierter Monitor zeigt Farben und Details so an, wie sie im zugrunde gelegten Farbraum definiert sind
- Nur so ist das Equipment geeignet, schon vorab eine möglichst gute Einschätzung dafür zu liefern, wie ein Bild nach der Ausgabe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

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement – RGB und CYMK

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

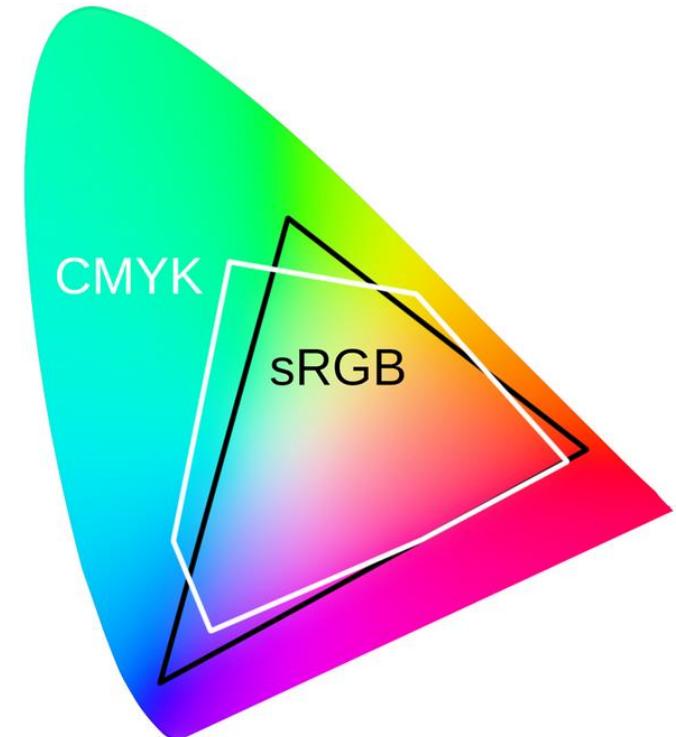


Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement – RGB und CYMK

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



Quelle: lernen.zoner.de

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement – RGB und CYMK

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

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement – RGB und CYMK

- 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 CYMK:
- ISO-Profile der **International Standardisation Organisation**
- ICC-Profile des **International Color Consortiums**
- SWOP-Profile gemäß **Specifications for Web Offset Publications**

Bildbearbeitung

Bildbearbeitung Grundlagen

Farbmanagement – RGB und CYMK

- 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

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: Belichtung, Ausschnitte, Schärfe, Effekte, Farben...
 - Bilder verwalten

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

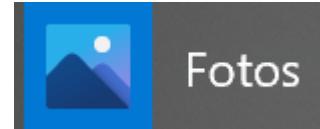
- Ordnen und Archivieren
- Metadaten nutzen und editieren
- Archivierte Fotos finden
- Betrachten und optimieren
- Dateiformate ändern und exportieren
- Nutzungsrechte anpassen
- Fotos an Dritte weitergeben

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 ab 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

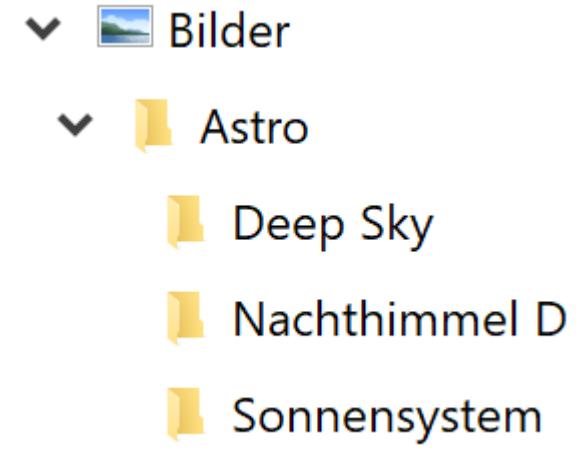
- Unternehmenseigene Netzwerklösungen für Bilddatenbanken
- Professionelle, kostenpflichtige Online-Bilddatenbanken
 - Umfangreiche Versions-, Format- und Zugriffskontrolle
 - Ausgefeilte Such- und Filterfunktionen
 - Einhaltung aller Datenschutz- und Urheberrechte
- Nachrangig lokaler Speicher des Computers/Endgerätes

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...



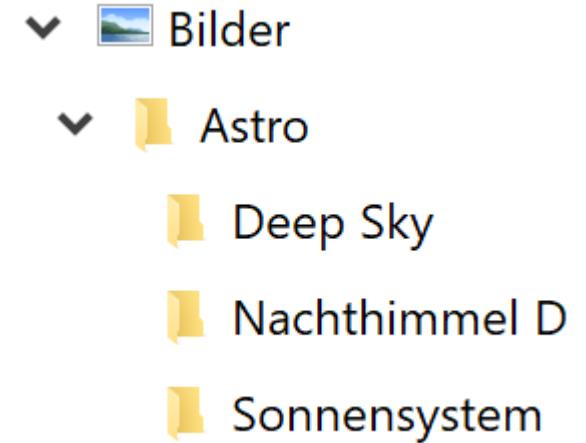
20200721-Neowise-Beucha3.jpg

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



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**, International Press Telecommunications Council – Information Interchange Model
- **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

- Seit 1994 von Adobe Photoshop unterstützt und vorsorgetrieben
- Neben den Datenfeldern definiert IPTC-IIM auch Speicherort und Format in der Datei, an dem die Metadaten gespeichert werden sollen
- IPTC-IIM nutzt ein vollwertiges Datenmodell: Welche Felder sollen mit welchen Attributen und Werten enthalten sein?
- 2005 kam eine neue Version **IPTC Core** mit einigen Änderungen:
- Aufteilung in ein Containerformat **XMP** und das schon bestehende **IIM**
- Die aktuelle von IPTC Core ist Version ist **2019.1**

Bildbearbeitung

IPTC-IIM

What's Defined by This Standard

The IPTC Photo Metadata Standard provides a structure for fields as well as descriptions for how fields should be used, and what information should be included.

The IPTC Photo Metadata Standard also specifies two technical formats for storing the information externally of image files:

- **XMP**: Developed by Adobe in 2002, and now maintained by ISO. It uses the Resource Description Framework (RDF) data model and XML as serialization syntax.
- **IIM**: It uses a genuine data model and binary structures to save the data.

How Photo Metadata formats are stored internally of image files are defined by non-IPTC file format standards, such as JPEG/JFIF, TIFF, PNG and more.

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 Publikationen

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

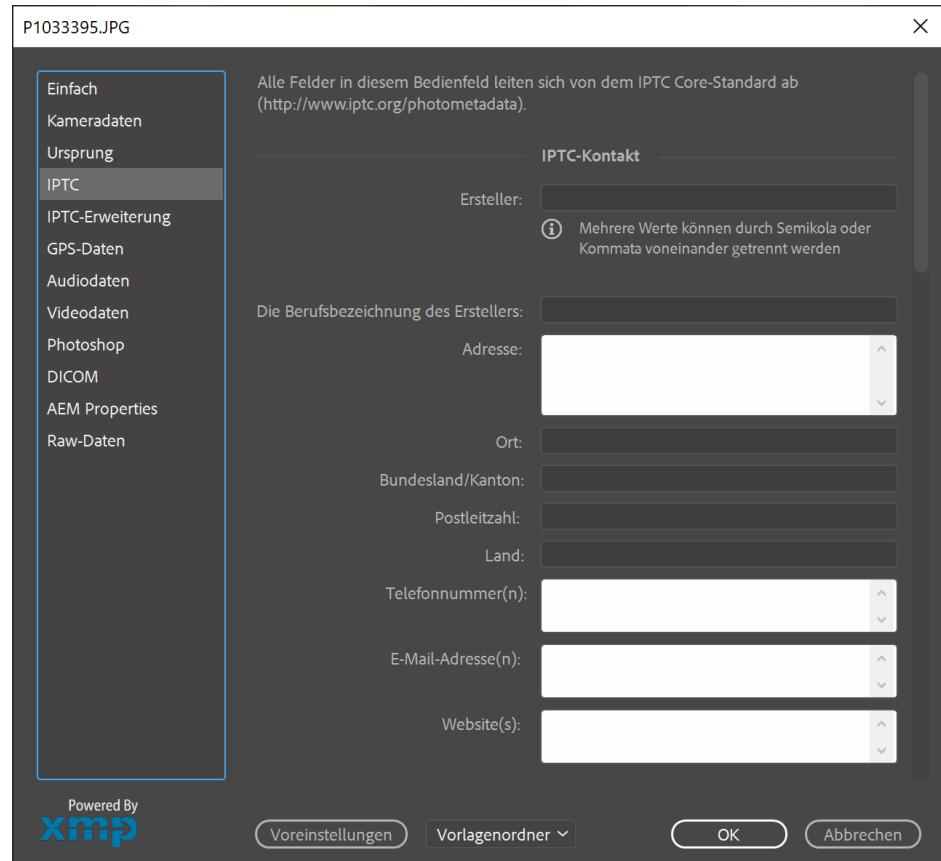
Exkurs Metadaten und Standards

- 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 aus Vorlagen ist möglich

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen Exkurs Metadaten und Standards

- **IPTC-IIM-Metadaten** können im Bildbearbeitungsprogramm editiert werden
- Photoshop unterstützt IPTC Core und einige Erweiterungen



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)
- 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-IIM, International Press Telecommunications Council – Information Interchange Model
- XMP, Extensible Metadata Platform
- Exif, Exchangeable Image File Format

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- **XMP**, die Extensible Metadata Platform ist als weiterer 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 basiert auf XMP

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Es gibt verschiedene Standards für Metadaten und deren Funktionen:

- IPTC-IIM, International Press Telecommunications Council – Information Interchange Model
- 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 v2.32
- Es beschreibt nicht nur Metadaten, sondern das ganze Dateiformat, z.B. für TIFF, JPEG, PNG usw.
- Exif dient vorwiegend der Angabe technischer Informationen in der Bilddatei
- Die Daten werden meist automatisch von der Kamera eingetragen!

Version	Release Date	Changes
1.0	October 1995	
1.1	May 1997	
2.0	November 1997	
2.1	December 1998	
2.2	April 2002	
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	

Quelle: en.wikipedia.org/wiki/Exif

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- Typische Exif-Daten umfassen:
 - Kameratyp und Objektiv
 - Aufnahmedatum und Uhrzeit
 - Bild- und Aufnahmeparameter
 - Ort (geographische Koordinaten)
 - ...
- Liste der 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	<u>FlashEnergy</u>	no	-	
0x920c	<u>SpatialFrequencyResponse</u>	no	-	
0x920d	<u>Noise</u>	no	-	
0x920e	<u>FocalPlaneXResolution</u>	no	-	
0x920f	<u>FocalPlaneYResolution</u>	no	-	
0x9210	<u>FocalPlaneResolutionUnit</u>	no	-	1 = None 2 = inches 3 = cm 4 = mm 5 = um

Bildbearbeitung

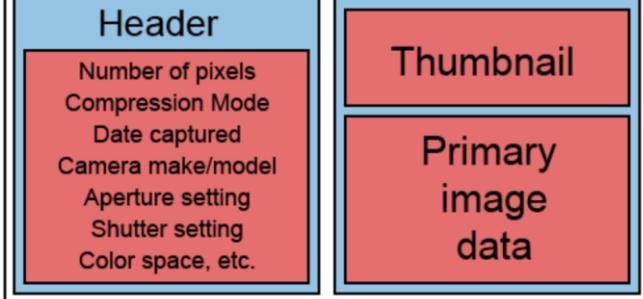
Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Umgang mit Exif-Daten

- Exif-Daten werden von den meisten Kameras automatisch und damit ohne Zutun (und damit oft ohne Wissen) des Benutzers in den Bilddateien gespeichert
- Manche dieser Daten können unerwünschte Informationen über das Zustandekommen der Aufnahme oder andere sensible Informationen enthalten:
- Thumbnails des ganzen Bildes, von dem eigentlich nur ein Ausschnitt veröffentlicht werden sollte...

Exif file data configuration



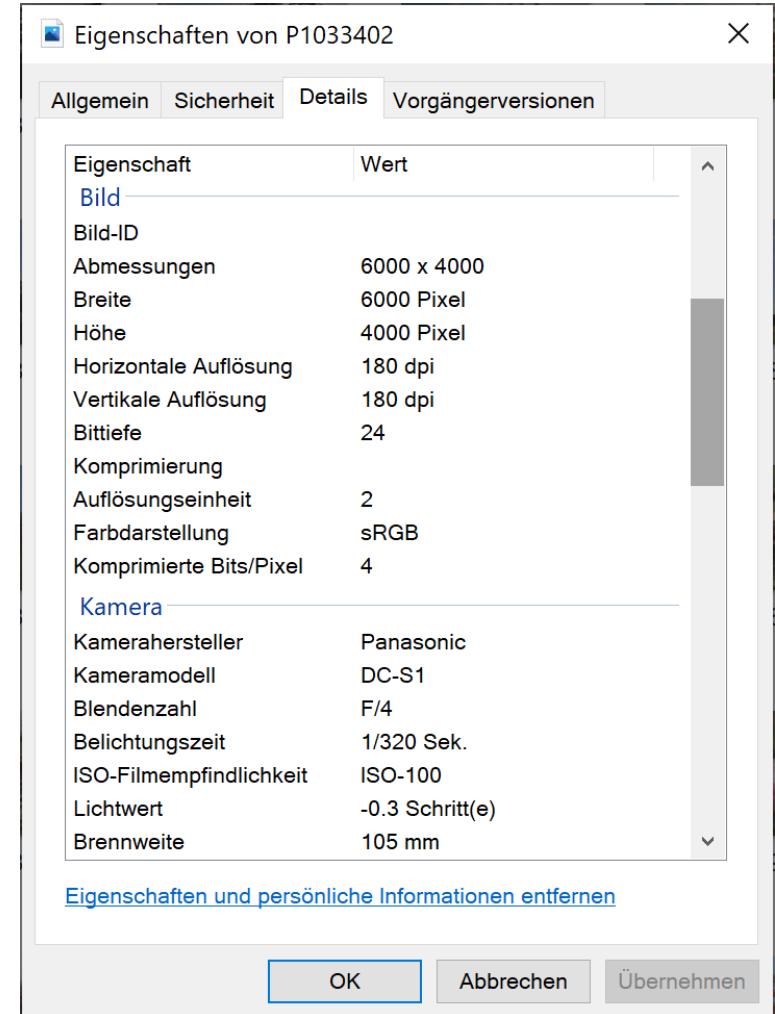
Quelle: www.photometadata.org

Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

- Zentrale Exif-Daten können schon im Windows Explorer angezeigt werden
- Eigenschaften der Bilddatei, Register **Details**



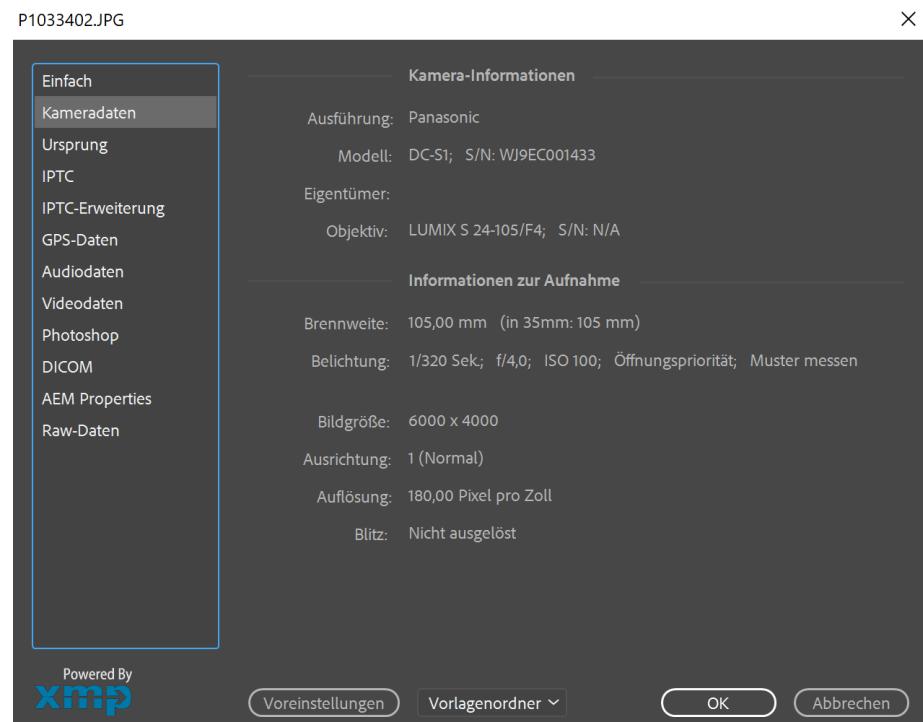
Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Exif-Daten ändern und löschen

- Exif-Daten lassen sich in vielen Bildbearbeitungsprogrammen anzeigen
- Zum Ändern der Exif-Daten sind aber nur manche geeignet:
 - ExifTool
 - XNView
 - ...



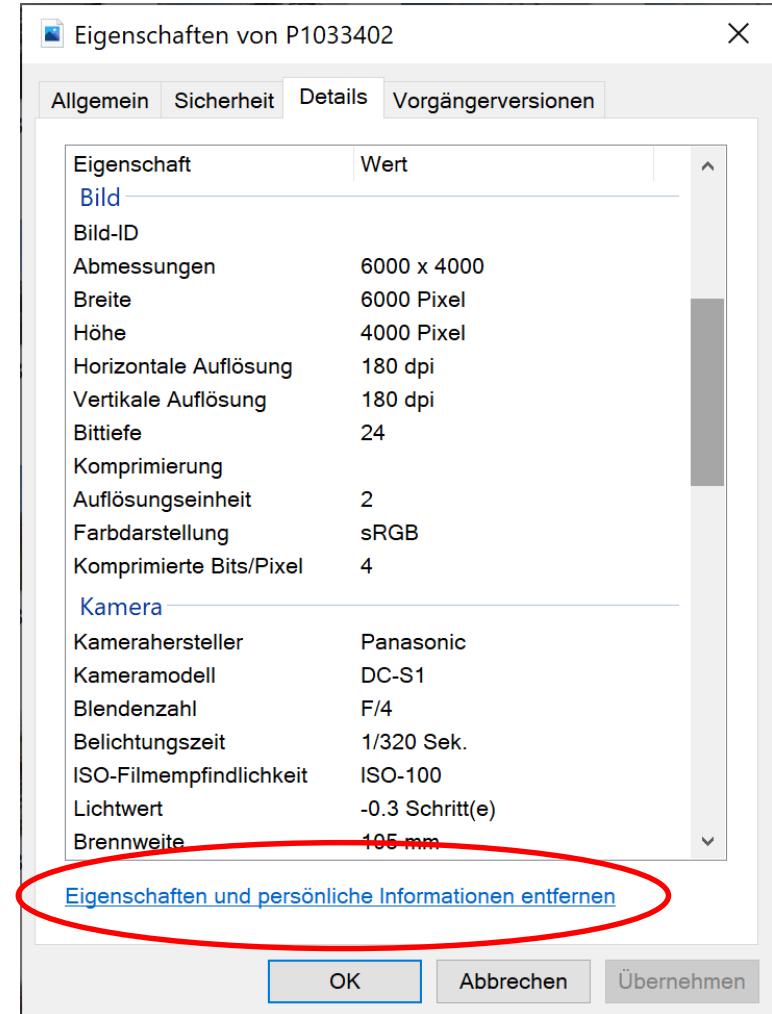
Bildbearbeitung

Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

Exkurs Metadaten und Standards

Exif-Daten ändern und löschen

- Exif-Daten mit dem Windows Explorer: Entfernt auch erwünschte Daten
- Besser: In einem der Tools, um gezielte Änderungen vornehmen zu können



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)

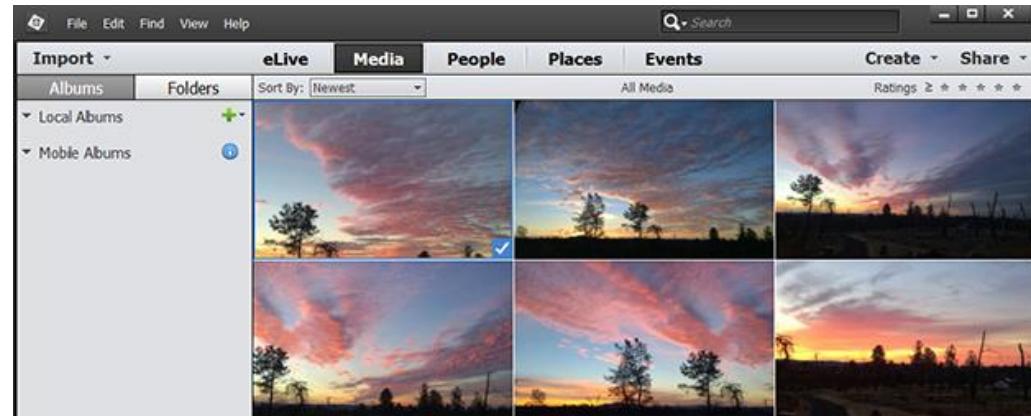
Vor der Weitergabe an Dritte sollten deshalb die Exif-Daten geändert oder gelöscht werden

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



Quelle: helpx.adobe.com/de

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 nach Themen und Inhalten, ggf. automatisiert
 - 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

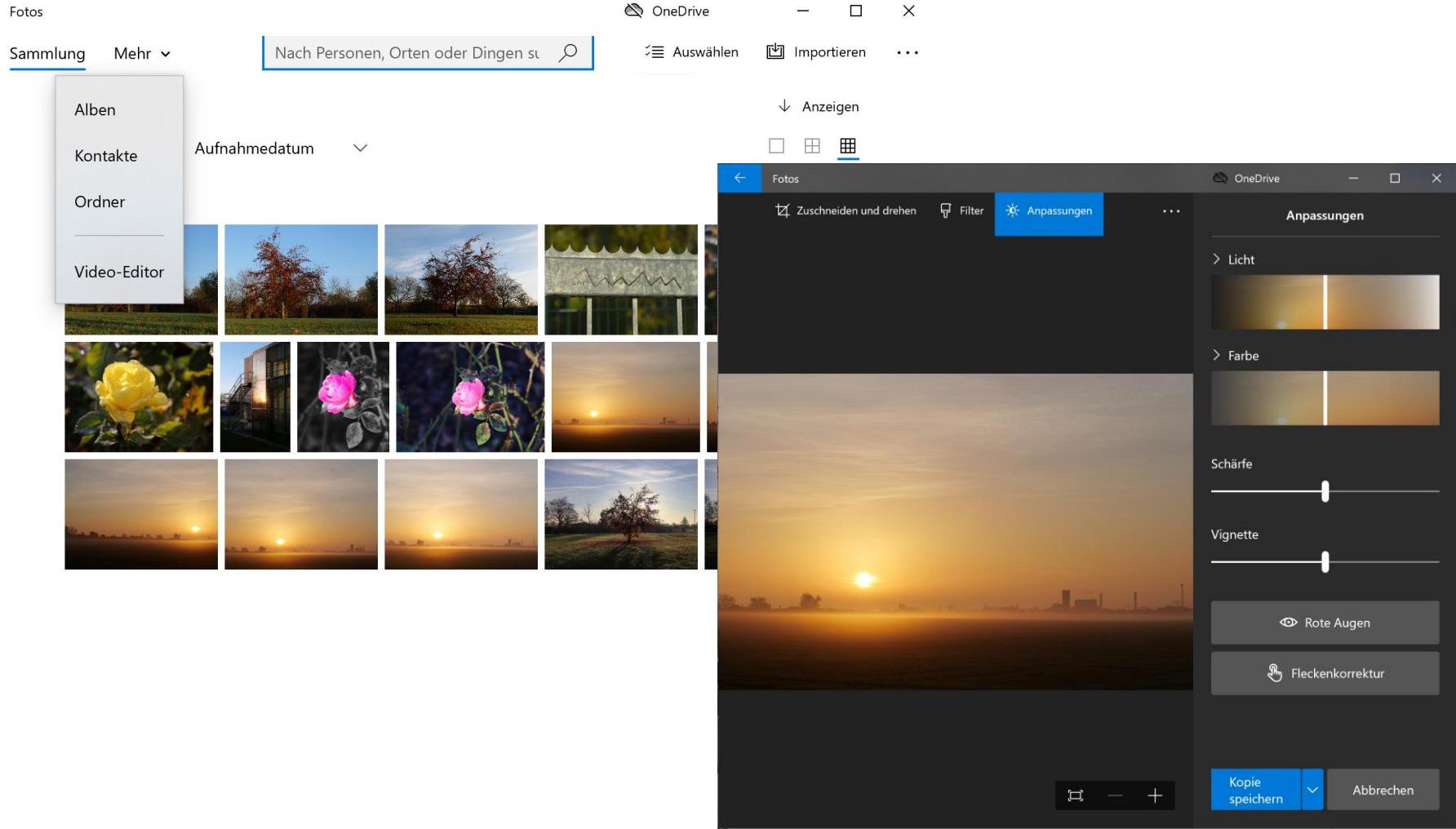
Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

- 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
- Professionelle Software umfasst dagegen meist zwei getrennte Komponenten, etwa Adobe Lightroom und Adobe Photoshop, beide Tools mit jeweils vollem Funktionsumfang der jeweiligen Aufgabe



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

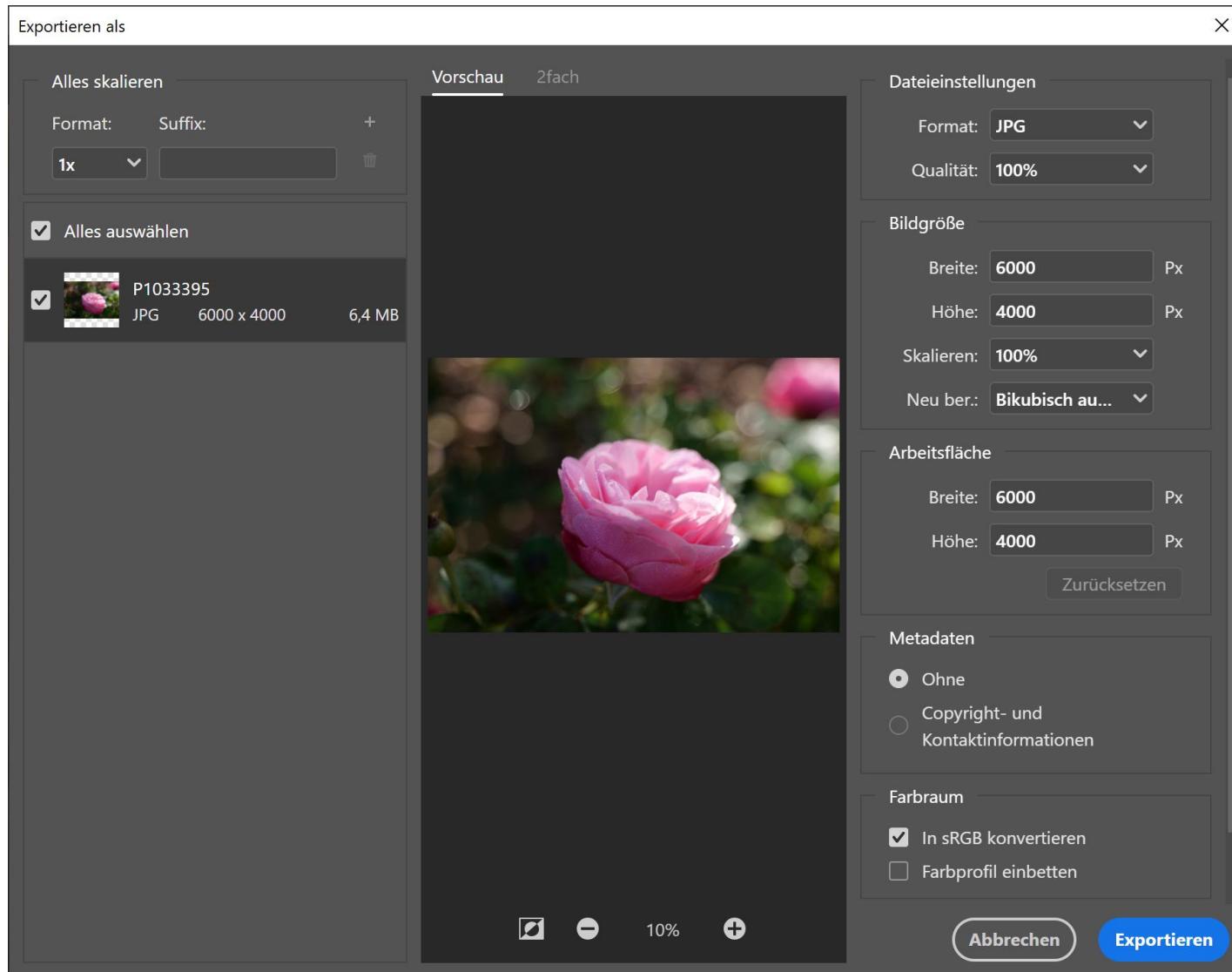
Bildverwaltung – Aufgaben und Funktionen

- 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

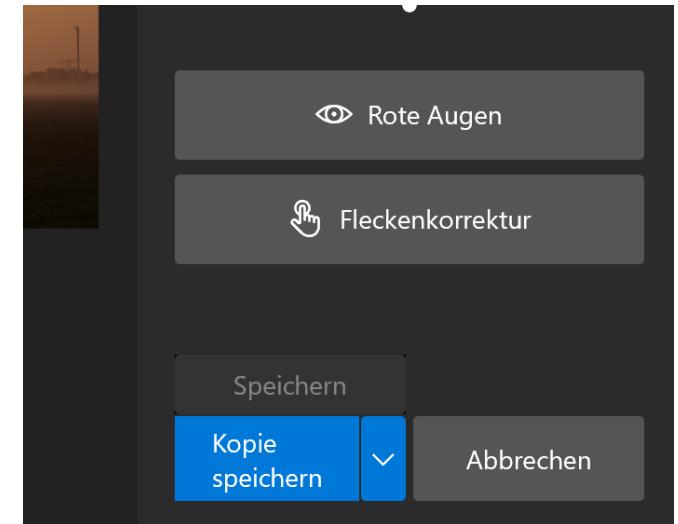
- Exporteinstellungen unterscheiden sich ebenfalls bei Software für Privat- und professionelle Anwender
- Professionelle Software bietet umfangreiche Formatauswahl für den Export...
 - PNG
 - JPG
 - GIF
 - SVG
- ...und Kontrolle der Metadaten, der Qualität usw.



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 dazu können sein:
 - Nutzungsrechte in der Software, wenn alle Nutzer die gleiche Instanz verwenden
 - Nutzungsrechte des Datenträgers oder Cloud-Speichers
 - Metadatenangaben mit Nutzungsrechten
 - Sichtbare und unsichtbare **Wasserzeichen** im Bild
- Unsichtbare Wasserzeichen setzen eine Digimarc-ID des Fotografen voraus und können dann per Plugin eingefügt werden

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 erlernen