

A2. Technik der digitalen Bildverarbeitung

A2.1 Grundlagen der Fototechnik ←

A2.2 Digitale Fotografie

A2.3 Scanner

A2.4 Bearbeitung digitaler Bilder

Literatur:

E. Eibelshäuser, Fotografische Grundlagen, dpunkt 2004

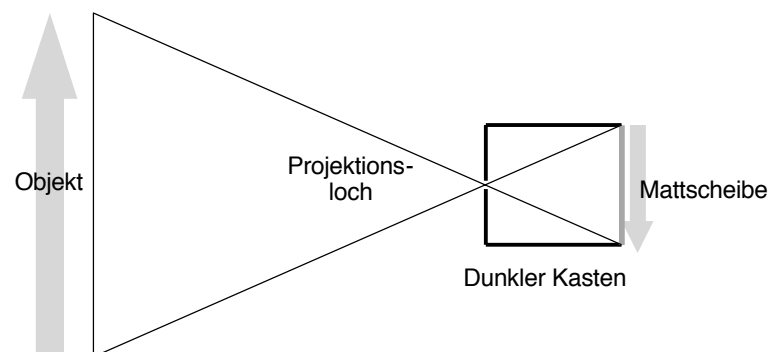
J. Gulbins, Grundkurs Digital Fotografieren, dpunkt 2004

J. Webers, Handbuch der Film- und Videotechnik, 7. Auflage,
Franzis 2002, Kap. A.1-2, A.5, B.1, C.3

<http://www.fotolehrgang.de>

Lochkamera (*camera obscura*)

- Seit der Spätrenaissance bekannt
 - anfangs als Vorlage zum Zeichnen, z.B. von Landschaftsszenen

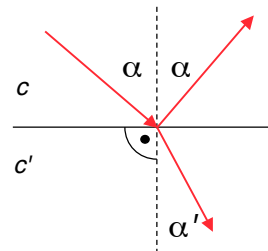


Optische Grundprinzipien

- Reflexion (lichtundurchlässiges Medium):
 - Einfallender Strahl, Einfallslot, ausfallender Strahl: eine Ebene
 - Einfallswinkel = Ausfallswinkel
- Brechung (lichtdurchlässiges Medium):
 - Einfallender Strahl, Einfallslot, gebrochener Strahl: eine Ebene
 - Brechung bestimmt durch Verhältnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts in den beiden (physikalischen) Medien (z.B. Glas und Luft)

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'} = \frac{c}{c'}$$

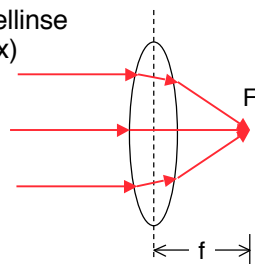
n Brechungszahl
 c, c' Ausbreitungsgeschwindigkeiten



- Optisches Glas: definierte Brechungszahl
- Vergütung: Beschichtung (Metallbedampfung) zur Vermeidung von Reflexion

Linsenoptik, Brennweite

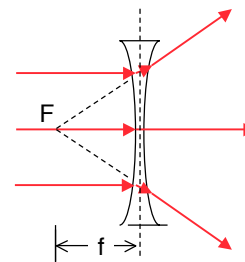
Sammellinse
 (konvex)



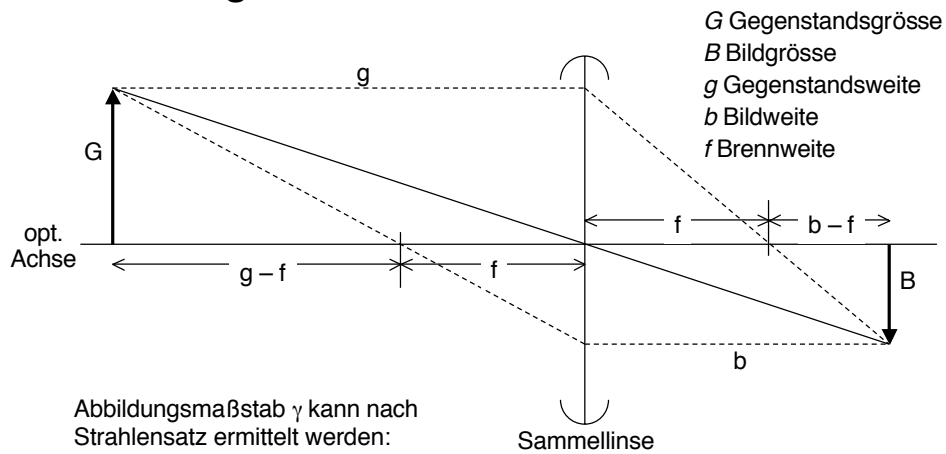
- f = Brennweite (*focal distance*)
- F = Brennpunkt (*focal point*)

- *Objektive* sind komplexe Kombinationen von Linsen mit der Gesamtwirkung einer sehr guten Sammellinse
- Brennweite kann fest oder verstellbar sein (*Zoom-Objektiv*)

Zerstreuungslinse
 (konkav)



Abbildungsmaßstab

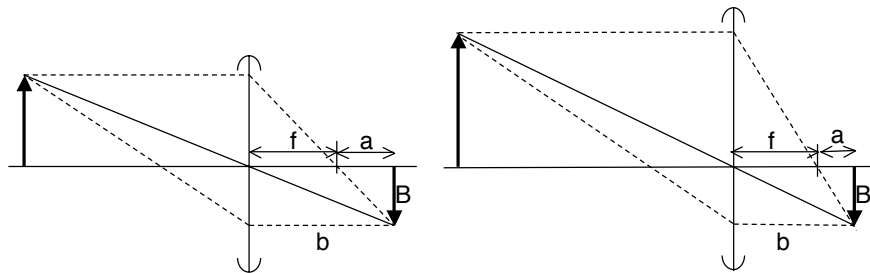


$$\gamma = \frac{B}{G} = \frac{f}{g-f} = \frac{b}{g} = \frac{b-f}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

Fokussierung

- *Fokussieren* bedeutet Festlegung der Gegenstandsebene (= Ebene, in der Gegenstände scharf abgebildet werden)
- Bildgröße und Brennweite bleiben konstant
- Verändert wird die Lage der Linsenebene des Objektivs auf der optischen Achse
- Bewegung auf die Bildebene zu:
Weiter entfernte (und grössere) Objekte scharf abgebildet



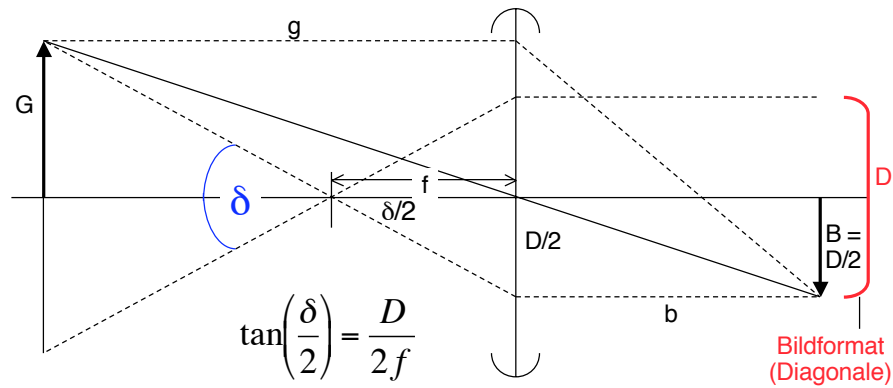
Beispiel zur Fokussierung



Autofocus-Systeme

- Automatische Fokussierung
 - Stellmotor verändert Bildweite
 - Sensor misst Schärfenunterschiede
 - Hilfslicht für Dunkelheit
- Typisches Funktionsprinzip: Kontrastmessung
 - Problematisch bei manchen Motiven
- Funktionen gut ausgestatteter Kameras:
 - Mehrfeldmessung
 - Automatische Wahl des Messfeldes kürzester Aufnahmedistanz
 - Verfolgen von Objekten, Prädiktion von Bewegungen
 - Schärfepriorität vs. Auslösepriorität

Bildwinkel



- Der Bildwinkel eines Objektivs hängt nur vom Bildformat und der Brennweite ab.

Objektivbrennweiten und Aufnahmeformat

- "Normalobjektiv":
 - Brennweite = Bildformat-Diagonale
 - Bildwinkel ungefähr 50°, ähnlich menschlicher Wahrnehmung
- Kleinbildformat (basiert auf 35mm-Kinofilm)
 - Bildformat 24 x 36 mm
 - Bilddiagonale 43,27 mm
 - Normalobjektiv-Brennweiten 45 bis 50 mm
- Beispiel einer Digitalkamera (Canon PowerShot G2):
 - Objektivbrennweiten (7-21 mm) beziehen sich auf wesentlich kleineres Bildformat!
 - Sensordiagonale der Kamera 8,98 mm
 - Damit sind 9 mm Brennweite "normal"!
 - Prospektangaben für Brennweiten bei Digitalkameras oft umgerechnet auf Kleinbildformat



Praktikum...



Objektivbrennweiten

- Normalobjektiv:
 - Bildwinkel ca. 50°
 - Bei Kleinbild ca. $f = 50 \text{ mm}$
- Teleobjektiv:
 - Fernrohreffekt, vergrößert
 - Bei Kleinbild typischerweise $f = 100\text{-}200 \text{ mm}$ (Bildwinkel bei 100 mm : 24° , bei 200 mm : 12°)
- Weitwinkelobjektiv:
 - Panoramaeffekt, verkleinert
 - Bei Kleinbild typischerweise $f = 35 \text{ mm}$ (Bildwinkel 65°)
- Fisheye-Objektiv:
 - Extreme Verkleinerung, Rundumblick
 - Bei Kleinbild $f = 20 \text{ mm}$ und darunter (Bildwinkel bei 20 mm : 95°)
 - Fast 180° Bildwinkel und kreisrunde Abbildung möglich
- Zoomobjektiv:
 - Veränderliche Brennweite
 - Z.B. $f = 7\text{-}21 \text{ mm}$ ist sogenanntes 3x-Zoom



Kleinbild-Brennweite 27 mm



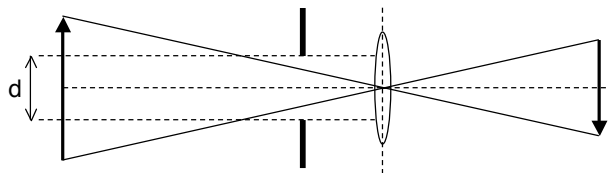
Kleinbild-Brennweite 105 mm

Beispiele Superweitwinkel (Fisheye)



Blendenöffnung

- Objektive haben nur einen endlichen Durchmesser der Eintrittsöffnung
- Mit mechanischen Blenden (v.a. Irisblende) kann der Durchmesser künstlich verkleinert werden:

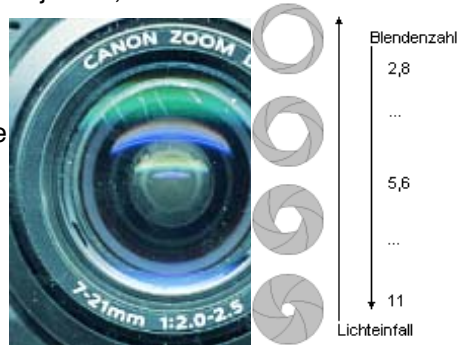


- Stärker geschlossene Blende macht das Bild dunkler, bei unveränderter Grösse, Ausleuchtung, Schärfe etc.
- Mass für die Blendenöffnung:
 - relativ zur Brennweite (da Objektivöffnung für kleinen Bildwinkel bei gleicher Lichtstärke grösser sein muss)
 - Quotient aus Eintrittspupille (d) und Brennweite (f): $r = \frac{f}{d}$

Blendenwerte, Lichtstärke

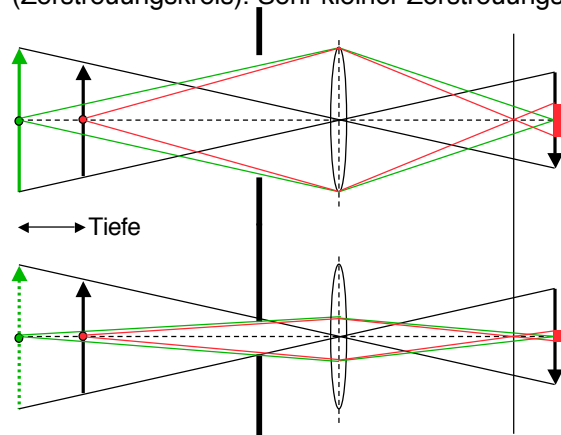
- Blendenwerte sind prinzipiell Zweierpotenzen: 1, 2, 4, 8, 16, 32
 - 1 bedeutet: Pupillengröße gleich Brennweite
 - Halbe Pupillengröße (Wert 2) liefert 1/4 der Lichtmenge
 - Zwischenschritte mit Faktor $\sqrt{2}$ (1,4) ergeben Halbierung der Lichtmenge: 0,7; 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32
- *Lichtstärke* = Maximale Öffnung des Objektivs, als Blendenwert
- Hoher Wert = kleine Öffnung !
- Typische Objektivbezeichnung:
f = 50 mm; 1:1,4
- Bei Zoomobjektiven variiert meist die Lichtstärke mit der Brennweite

f = 7-21 mm; 1:2.0-2.5 bedeutet:
Lichtstärke 2.0 bei 7 mm,
Lichtstärke 2.5 bei 21 mm



Schärfentiefe (1)

- Gegenstände vor oder hinter der Gegenstandsebene des Objektivs (entsprechend der Fokussierung) werden *unscharf* abgebildet, d.h. ein Gegenstandspunkt entspricht einem kreisförmigen Fleck im Bild (Zerstreuungskreis). Sehr kleiner Zerstreuungskreis = "scharfes" Bild

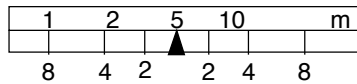


Bei kleiner Objektivöffnung verkleinern sich auch die Zerstreuungskreise: Der Bereich der (fast) scharf abgebildeten Objekte in der Tiefe der optischen Achse wird grösser.

Schärfentiefe (2)



- *Schärfentiefe* (auch *Tiefenschärfe* genannt):
 - Zulässiger Tiefenunterschied zwischen Gegenständen einer Szene, so daß Zerstreuungskreis innerhalb gegebener Schärfetoleranz liegt.
 - "Umgebung" auf der Entfernungsskala zur aktuellen Entfernungseinstellung
- Zusammenhänge: Höhere Schärfentiefe wird erreicht durch...
 - ... kleinere Blendenöffnung (höherer Blendenwert)
 - ... kürzere Brennweite (größerer Bildwinkel)
 - ... weitere Aufnahmeentfernungen
 - ... kleineres Aufnahmeformat (durch kürzere Brennweiten)
- Klassisches Kamera-/Objektivdesign:
 - Markierungen beim Einstellpunkt für Entfernung



Beispiel: Schärfentiefe



Blende 29
Belichtungszeit 1/50 s

Blende 4,5
Belichtungszeit 1/1600 s



Schärfenebene auf Hauptobjekt



Shanghai, Oktober 2003

Unschärfe als Gestaltungsmittel



Verschluss und Belichtungszeit

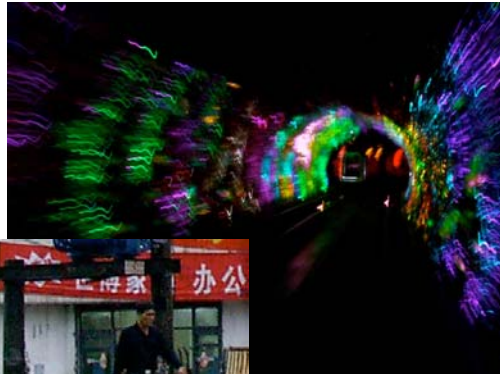
- Fotografische Aufnahmen entstehen nur "in einem Augenblick"
 - Zeitdauer der Aufnahme = Belichtungszeit (oder Verschlusszeit)
- Verschluss:
 - Klassische Kameras:
 - » Zentralverschluss (Iris-Lamellen) oder
 - » Schlitzverschluss (durchlaufende Vorhänge)
 - Öffnet für genau definierten Zeitabstand den Lichtkanal zwischen Motiv und Film
 - Digitalkameras: Entweder klassischer Verschluss oder elektronische Steuerung (Abtastzeit)
- Typische Werte für Belichtungszeit (s):
 - 1/2000, 1/1000, 1/500, 1/250, 1/125, 1/60, 1/30, 1/15, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4
 - Jeder Schritt halbiert bzw. verdoppelt die Lichtmenge

Beispiel: Bewegungsunschärfe



Gestalten mit Bewegungsunschärfe

Bewegung
der Kamera



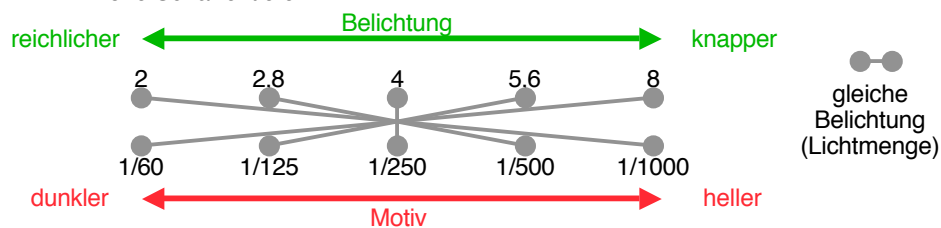
Bewegtes Objekt



Beide Fotos:
Shanghai, Oktober 2003

Belichtungsstufen, Zeit, Blende

- Die gleiche effektive Lichtzufuhr für die Aufnahme (Belichtungsstufe, *Exposure Value, EV*) kann durch verschiedene Kombinationen von Blendeneinstellung und Belichtungszeit erreicht werden.
- Kürzere Belichtungszeit / offenere Blende:
 - Besser geeignet zum "Einfrieren" schneller Bewegungen
 - Geringere Gefahr von "Verwackeln"
 - Geringere Schärfentiefe
- Höhere Belichtungszeit / geschlossenerer Blende:
 - Erzeugt Bewegungsunschärfe (manchmal gewollt)
 - Hohe Schärfentiefe



Belichtungsautomatiken

- Automatische Systeme versuchen, die richtige Zeit-/Blenden-Kombination zu finden
- Vollautomatische Systeme (Off Programm "P")
 - Durchschnittlich sinnvolle Kombination
- Zeitvorwahl (Programm "S" oder "Tv", *speed, time*)
 - Fotograf gibt manuell Zeit vor, Blende wird nachgeführt
 - Variante: "Sportprogramm", Automatik versucht kurze Zeit zu erzielen
- Blendenvorwahl (Programm "A" oder "Av", *aperture*)
 - Fotograf gibt manuell Blende vor, z.B. um Schärfentiefe einzuhalten
 - Variante: "Landschaftsprogramm"
- In modernen Systemen oft kombiniert mit Autofocus-Vorgaben:
 - z.B. automatische Objektverfolgung bei "Sportprogramm"



Blitzlicht

- Kurzer elektrisch erzeugter Lichtblitz
 - Dauer wesentlich kürzer als kürzeste Verschlusszeiten
- Maximale Blitzsynchronzeit:
 - Zeit, bei der Verschluss ganz geöffnet und Blitzlicht volles Aufnahmeformat erreicht
- Leitzahl:
 - Mass für Blitzhelligkeit (Reichweite = Leitzahl / Blende)
- TTL-Blitzmessung ("Through the lens")
 - Reflexion des Lichts von Film- bzw. Sensoroberfläche wird während der Aufnahme gemessen
 - Blitz wird gezielt abgeschaltet für optimale Belichtung
- Indirektes Blitzen, Mehrfach-Blitzen
 - Vermeidet unschöne Beleuchtungseffekte (z.B. "rote Augen")
 - Besonders gut durch TTL-Messung unterstützt

Konventioneller Film

- 1727, J.H. Schulze: Silbersalze lichtempfindlich
- 1822-1839, N.Niepce/L.J.M. Daguerre: Daguerrotypie
- 1873, H.W. Vogel: Erste farbempfindliche Emulsionen
- 1935, Mannes/Godowsky: Kodachrome-Verfahren - Farbfotos
 - parallele Entwicklungen bei AGFA in *Wolfen* (später ORWO)
- Heutiges Filmmaterial: 10 bis 16 Schichten
- Grundprinzip aller fotochemischen Verfahren:
 - Lichtempfindliche Chemikalien auf Folie aufgetragen
 - Entwicklung: Chemische Reduktion der belichteten Stellen auf lichtunempfindliche Substanzen
 - Spülen und Fixieren: Entfernen unbelichteter Teile, dauerhafte Verankerung des Bildes im Träger
- Auflösung fotochemischer Verfahren (noch) ungeschlagen:
über 20 Mio. Bildelemente im Kleinbildformat

Lichtempfindlichkeit

- Filmmaterial kann unterschiedlich empfindlich auf Licht reagieren:
 - "Schnelles" (hochempfindliches) Material ist teuer und grobkörniger (schlechtere Auflösung)
- Skalen zur Messung der Lichtempfindlichkeit von Filmen:
 - DIN-Skala: 3 Stufen entsprechen einer Belichtungsstufe (EV)
 - ASA/ISO-Skala: Verdopplung entspricht einer Belichtungsstufe (EV)
- Typische Werte:

DIN	ASA/ISO	
12	12	
15	25	
18	50	Gebräuchlicher Bereich
21	100	
24	200	
27	400	
30	800	
33	1600	

Farbtemperatur und Weißabgleich

- Farbtemperatur:
 - Kaminfeuer: ab 525° sichtbare Temperaturstrahlung (Glühen)
 - Spektrale Energieverteilung kann ausgedrückt werden als Temperatur eines idealen "Schwarzen Strahlers" (keinerlei Reflexion)
 - Extrem wichtig für subjektive Farbempfindung
 - » Farben erscheinen in verschiedener Beleuchtung unterschiedlich
- Wichtigste Farbtemperaturen:
 - Glühlampen: ca. 2800 K
 - Halogenlampen: 3200-3400 K
 - Elektronenblitz: 5500 K
 - Tageslicht: 5500-6500 K
- Foto-Filme: auf spezielle Farbtemperatur abgestimmt
- Weißabgleich (klassisch durch Filter, automatisch bei Digitalkameras):
 - Kompensation "unpassender" Spektralzusammensetzung der Beleuchtung
 - Ziel: Realistischer und/oder subjektiv angenehmer Farbeindruck

Weißabgleich an Beispielen



Automatischer
Weißabgleich
(bei Tages- oder
Kunstlicht)

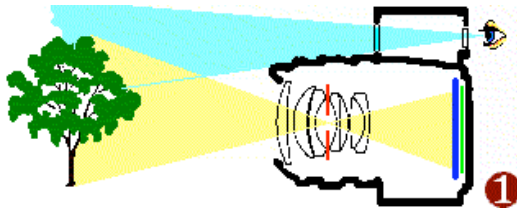
Tageslicht bei
Weißabgleich auf
Kunstlicht



Kunstlicht bei
Weißabgleich auf
Tageslicht



Sucherkamera und Spiegelreflexkamera



Sucherkamera

- + Sucher kann lichtstärker als Objektiv sein (helles Sucherbild)
- "Parallaxenfehler" vor allem bei nahen Objekten

- + Optimale Anpassung an wechselnde Objektive (Sucherbild immer richtig)
- + Beurteilung von Schärfentiefe im Sucher möglich

<http://www.photomeeting.de>

Spiegelreflexkamera
(einäugig)
SLR = single lens reflex

