

A2. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung

A2.1 Grundlagen der Fototechnik ←

A2.2 Digitale Fotografie

A2.3 Scanner

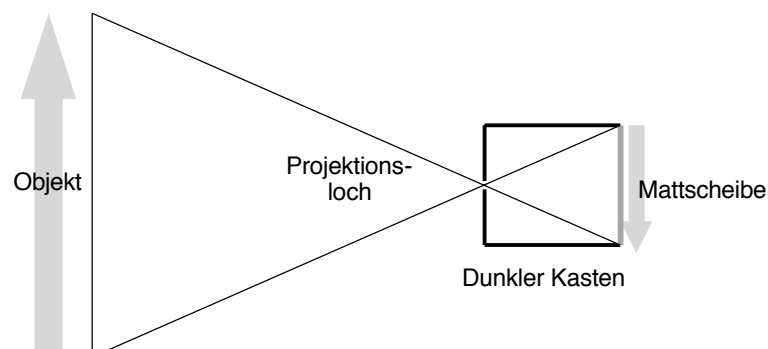
A2.4 Bearbeitung digitaler Bilder

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

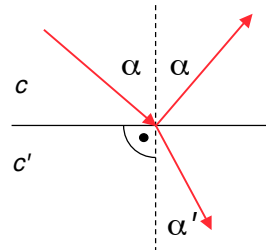


Optische Grundprinzipien

- Reflexion (lichtundurchlässiges Medium):
 - Einfallender Strahl, Einfallslot, ausfallender Strahl: eine Ebene
 - Einfallswinkel = Ausfallwinkel
- 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)

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

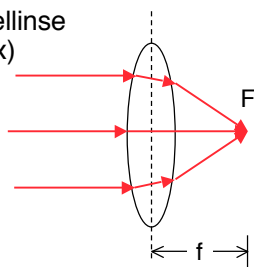
n Brechungszahl
 c, c' Ausbreitungsgeschwindigkeiten



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

Linsenoptik, Brennweite

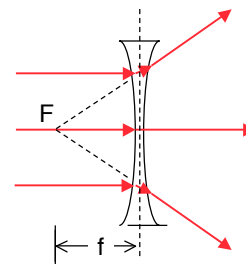
Sammellinse
 (konvex)



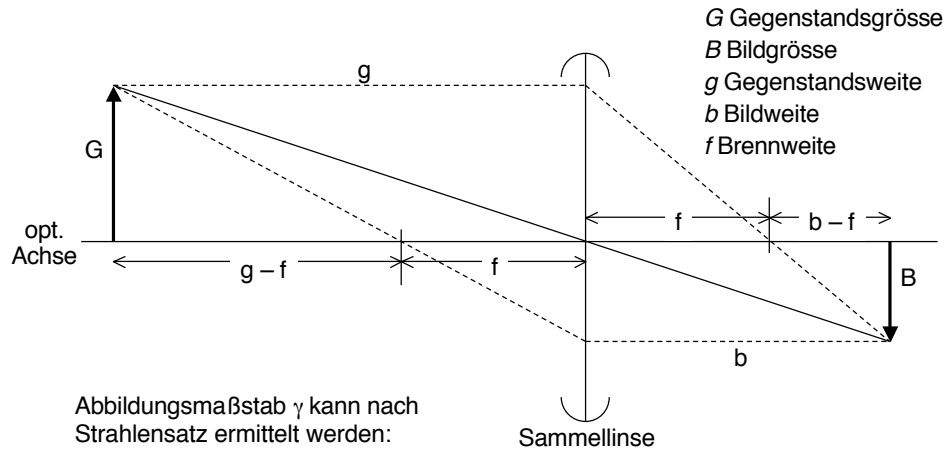
- f = Brennweite (*focal distance*)
- F = Brennpunkt (*focal point*)

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

Zerstreuungslinse
 (konkav)



Abbildungsmaßstab



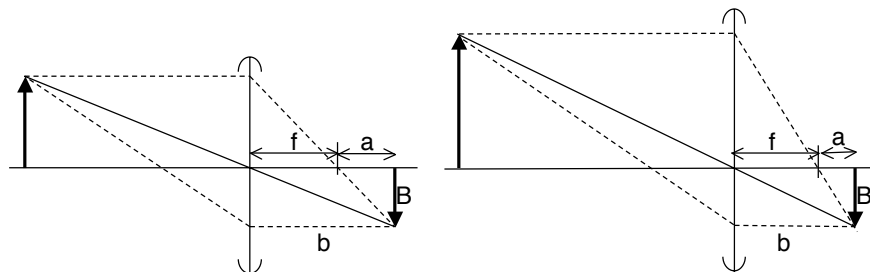
Abbildungsmaßstab γ kann nach Strahlensatz ermittelt werden:

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

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

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

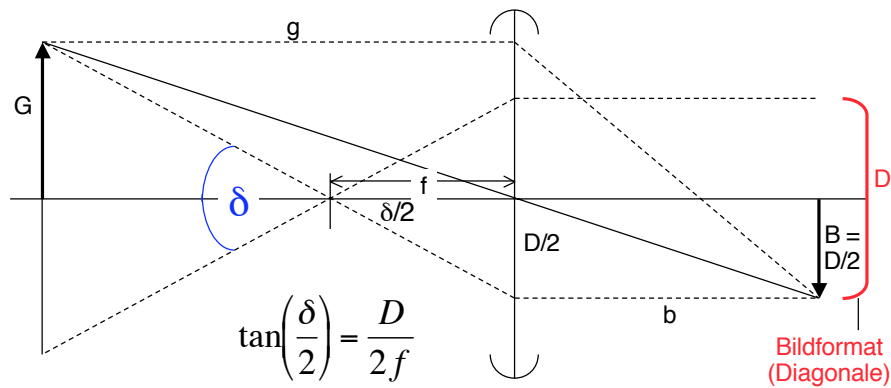


Suzhou, China

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, manuelle oder automatische Umschaltung
 - 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
- Standard-Fotoformat "Kleinbild" (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 ("KB-Äquivalent")



Praktikum...



Digitale Spiegelreflex-Kamera

Viele Einstellmöglichkeiten
Relativ großer Sensor
Kleiner als "Kleinbild"!

Weit verbreitete Sensorgröße:
"DX" =
Format des APS-C
(Automatic Photo System)-Films =
22 x 15 mm
Diagonale 27 mm
"Normalobjektiv" ca. 30 mm

Faustregel für Fotografen, die an
Kleinbild-Brennweiten gewöhnt sind:
DX-Brennweite * 1,5 = KB-Brennweite

Objektivbrennweiten

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

Normal



Tele



Weitwinkel

Verschiedene Brennweiten am gleichen Motiv (1)



10 mm DX
(15 mm KB)



20 mm DX
(30 mm KB)



35 mm DX
(50 mm KB)

Verschiedene Brennweiten am gleichen Motiv (2)



50 mm DX
(75 mm KB)



70 mm DX
(100 mm KB)



200 mm DX
(300 mm KB)

Beispiele Superweitwinkel (Fisheye)



Verschiedene Perspektiven

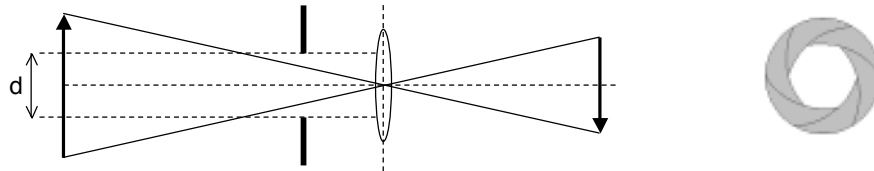
- Weitwinkel: räumliche Tiefe
- Tele: "Heranholen" entfernter Objekte, Verflachung



Xi'an, China

Blendenöffnung

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



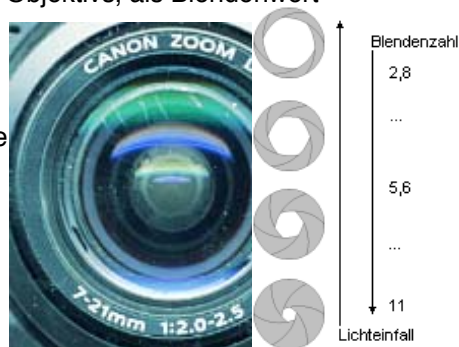
- Stärker geschlossene Blende macht das Bild dunkler, bei unveränderter Größe, Ausleuchtung, Schärfe etc.
- Maß für die Blendenöffnung:
 - relativ zur Brennweite (da Objektivöffnung für kleinen Bildwinkel bei gleicher Lichtstärke grösser sein muss)
 - Quotient aus Eintrittspupille (d) und Brennweite (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

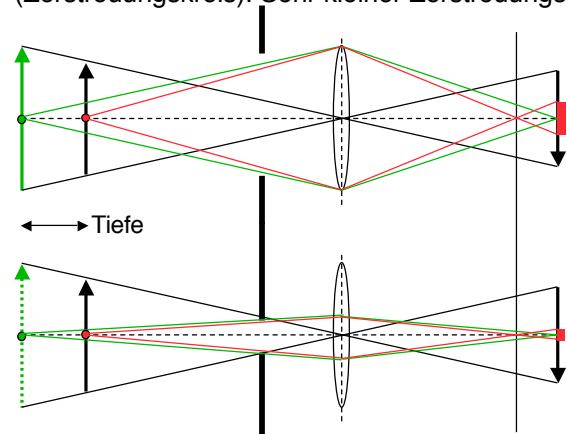
- *Lichtstärke* = Maximale Öffnung des Objektivs, als Blendenwert
- Hoher Wert = kleine Öffnung !
- Typische Objektivbezeichnung:
f = 50 mm; 1:1,4
- Bei Zoomobjektiven variiert meist die Lichtstärke mit der Brennweite

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

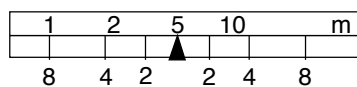


Bei kleiner Objektivöffnung verkleinern sich auch die Zerstreuungskreise: Der Bereich der (fast) scharf abgebildeten Objekte in der Tiefe der optischen Achse wird größer.

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 (dadurch kürzere Brennweiten)
- Klassisches Kamera-/Objektivdesign:
 - Markierungen beim Einstellpunkt für Entfernung



Beispiel: Schärfentiefe



Blende 5,6
Belichtungszeit 1/125 s

Blende 29
Belichtungszeit 1/6 s



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



1/250 s, Blende 4



1/20 s, Blende 16

Ursachen von Bewegungsunschärfe

Bewegung
der Kamera



Bewegtes Objekt



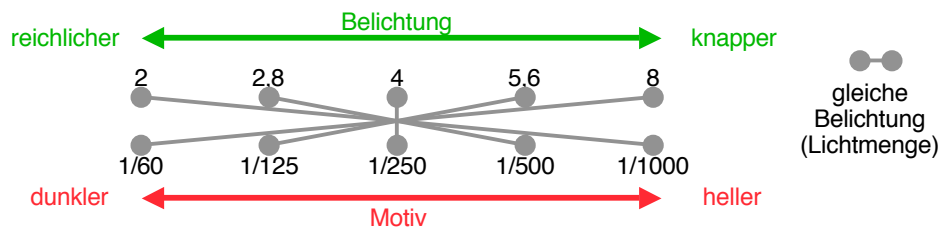
Beide Fotos:
Shanghai, Oktober 2003

Gestalten mit Bewegungsunschärfe



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 teurer 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	

Digitalkameras:
Einstellbare
Lichtempfindlichkeit!

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 Farbpfindung
 - » 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

Tageslicht bei
Weißabgleich auf
Kunstlicht



Automatischer
Weißabgleich
(bei Tages- oder
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*

