

# Medientechnik



Heinrich Hußmann  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Sommersemester 2015

# Dozent, Übungsleitung

**Prof. Dr. Heinrich Hußmann**

**Amalienstr. 17, 5. OG, Raum 503**

Email: [heinrich.hussmann@ifi.lmu.de](mailto:heinrich.hussmann@ifi.lmu.de)

Übungsleitung (2. OG, Raum 206):

**Axel Hösl**

Email: [axel.hoesl@ifi.lmu.de](mailto:axel.hoesl@ifi.lmu.de)

**Tobias Stockinger**

Email: [tobias.stockinger@ifi.lmu.de](mailto:tobias.stockinger@ifi.lmu.de)

Wichtigste Informationsquelle: WWW

- Folien (vor der Vorlesung)
- Podcasts
- Übungsaufgaben
- Aktuelle Informationen



# Inhalt der Vorlesung

- Diese Vorlesung: Ergänzendes Wissen zu digitalen Medien
  - Teilweise aufbauend auf „Digitale Medien“
  - Technische Grundlagen der Multimediatechnik
  - Technische Produktion von digitalen Medien (Bild, Video, Audio)
  - Basisinformationen zur Medienbearbeitung
- *Überblickswissen und Konzepte (nicht alle Details)!*
- *Kleiner **Programmieranteil** (beschränkt sich auf GUI-Programmierung)*

# Vorlesung, Online-Einheiten, Übungen, Praktikum

- Vorlesung "Medientechnik":
  - (Nur!) sechs klassische Vorlesungseinheiten
  - Ein Gastvortrag (Filmproduktion, Aufnahmetechnik)
  - Eine Exkursion (Institut für Rundfunktechnik IRT)
- Übungen "Medientechnik":
  - Sechs klassische Übungen zu ausgewählten Themen
- Praktikum "Medientechnik":
  - Drei umfangreiche Praktika in Kleingruppen
  - Themen: Foto, Video, Audio

# Gliederung

1. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung (3 Vorlesungen)
  - Grundlagen der analogen und digitalen Fototechnik
  - Prinzipien der Bildgestaltung
  - Grundlagen der Bildbearbeitung
2. Programmierung von Benutzungsschnittstellen (Swing) (1 Vorlesung)
  - Grafische Oberflächen, Ereignisgesteuerte Programmierung, MVC-Muster
3. Film- und Videotechnik und digitale Videobearbeitung (2 Vorlesungen, 1 Gastvortrag)
  - Grundlagen der Film- und Videotechnik
  - Prinzipien der Filmgestaltung, Spezialeffekte, Filmschnitt
4. Tontechnik und digitale Tonbearbeitung (2 Vorlesungen)
  - Grundlagen der Tontechnik, Audiogestaltung, Tonbearbeitung
  - Optische Speichermedien (CD/DVD/Bluray)
5. Zusätzlich geplant:
  - Exkursion
  - Abschlusspräsentation zu den Praktika

# Erwerb der ECTS-Punkte

Zielgruppe: Bachelor-Studierende 2. Semester (Haupt- und Nebenfach)

Zu erbringende Leistungen:

- Aktive Teilnahme an allen drei **Praktika**
  - Auf Teilnehmerliste unterschreiben
- Erfolgreiche Teilnahme an einem **schriftlichen Test**
  - **Geplant für 03. Juli 2015**
  - Inhalt: Stoff der Vorlesung
- Teilnahme an der Abschlusspräsentation der Praktikumsergebnisse
- **Keine verpflichtenden Übungsblätter oder Hausaufgaben**

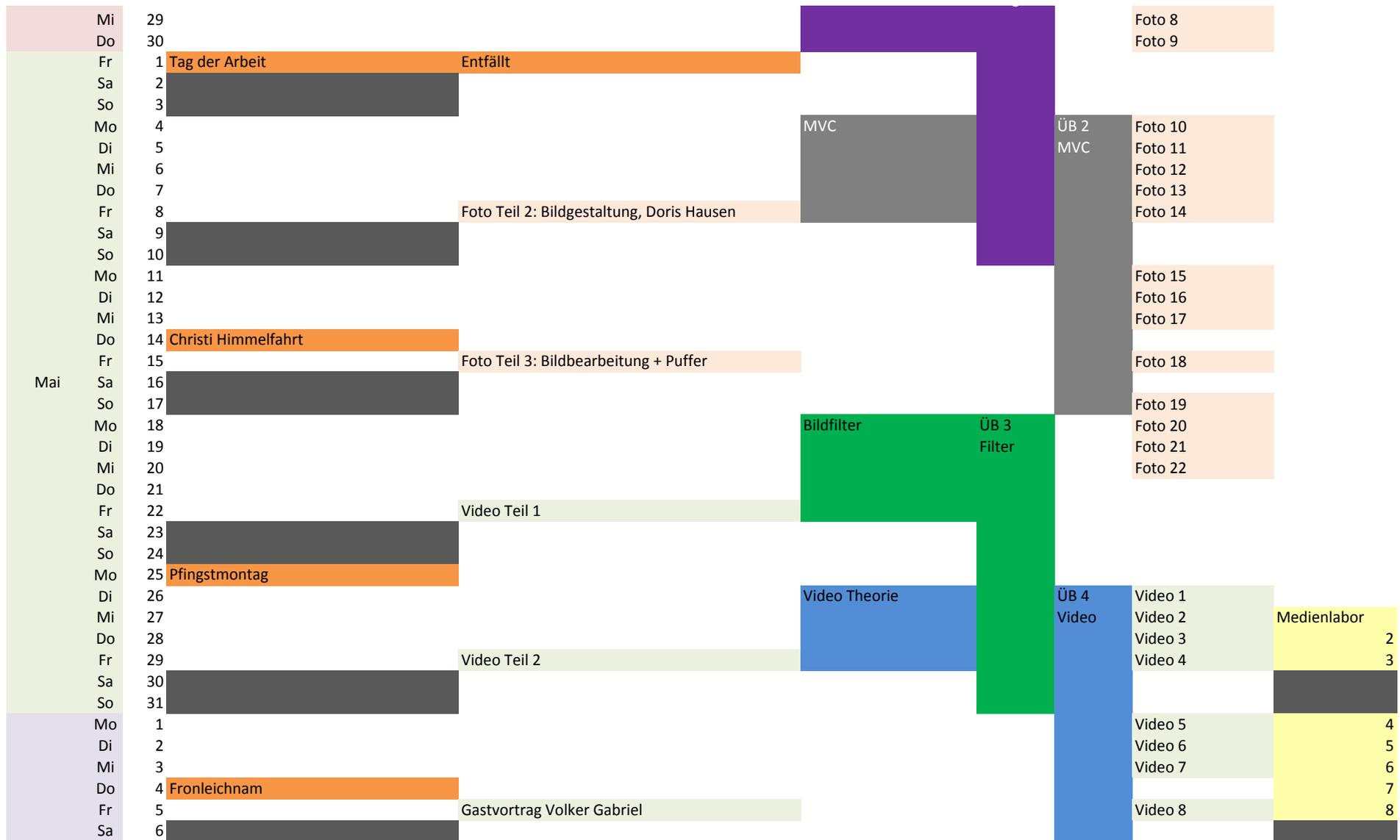
***Keine Benotung!***

# Medientechnik SoSe 2015

Monat	Tag	Organisation	Vorlesung	Übung	Übungsblatt	Praktikum	Medienlabor
März	Mo	23					
	Di	24					
	Mi	25					
	Do	26					
	Fr	27					
	Sa	28					
	So	29					
	Mo	30					
	Di	31					
	April	Mi	1				
Do		2	Osterferien				
Fr		3					
Sa		4					
So		5					
Mo		6					
Di		7					
Mi		8					
Do		9					
Fr		10					
Sa		11					
So		12					
Mo		13	Semesterbeginn				
Di		14					
Mi		15					
Do		16					
Fr		17		Einführung, Foto Teil 1: Fototechnik			
Sa		18					
So	19						
Mo	20			GIMP Einführung		Foto 1	
Di	21					Foto 2	
Mi	22					Foto 3	
Do	23					Foto 4	
Fr	24		TS: GUI Programmierung			Foto 5	
Sa	25						
So	26						
Mo	27			Java Swing	ÜB 1	Foto 6	
Di	28				Swing	Foto 7	



Der Zeitplan ist vorläufig  
und kann sich noch ändern.



Der Zeitplan ist vorläufig  
und kann sich noch ändern.

Juni	So	7	
	Mo	8	
	Di	9	
	Mi	10	
	Do	11	
	Fr	12	Audio Teil 1
	Sa	13	
	So	14	
	Mo	15	
	Di	16	
	Mi	17	
	Do	18	
	Fr	19	Audio Teil 2
	Sa	20	
	So	21	
	Mo	22	
	Di	23	
	Mi	24	
	Do	25	

Video 9		9
Video 10		10
Video 11		11
Video 12		12
Video 13		13
Video 14		14
Video 15		15
Video 16		16
Video 17		17
Video 18		18
Video 19		19
Video 20		20
Video 21		21
Video 22		22

Der Zeitplan ist vorläufig  
und kann sich noch ändern.

# Anmeldungen:

**Anmeldeschluss:  
Sonntag, 19. April**

## Schritt 1 - Vorlesung:

Melden Sie sich über [uniworx.ifi.lmu.de](http://uniworx.ifi.lmu.de) zur Vorlesung/Übung **und** zum Praktikum “Medientechnik” an.

## Schritt 2 - Übung:

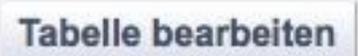
Melden Sie sich über [uniworx.ifi.lmu.de](http://uniworx.ifi.lmu.de) zu einem Übungstermin der Vorlesung “Medientechnik” an.

## Schritt 3 - Praktikumsgruppe:

Finden Sie sich zu Vierergruppen zusammen und melden Sie sich bei einer Abgabegruppe des Praktikums Medientechnik unter [uniworx.ifi.lmu.de](http://uniworx.ifi.lmu.de) an.

## Schritt 4 - Praktikumstermin:

Sprechen Sie sich mit Ihren Gruppenmitgliedern ab und tragen Sie sich zu einem Termin unter <https://wiki.medien.ifi.lmu.de/Main/MedientechnikSS15> ein.

Drücken Sie dazu dort  , und nicht 

# <http://www.die-informatiker.net> (*voraussichtlich*)

- Im Forum können Probleme mit Aufgaben aktueller Übungsblätter *diskutiert* werden (keine Lösungen posten!)
  - Tutoren/Übungsleiter schauen regelmäßig ins Forum und können dort ggf. fachliche Fragen beantworten
- Bei Fragen zu Korrekturen oder Bewertungen bitte *persönlich* an die Korrektoren bzw. die Übungsleitung wenden

# Begleitende Literatur

*Zu dieser Vorlesung gibt es kein passendes Lehrbuch.*

*(Spezialthemen können meist nur einführend behandelt werden.)*

*Zu Hintergrundinformationen und einzelnen Themen:*

- Rainer Malaka, Andreas Butz, Heinrich Hußmann:  
Medieninformatik - eine Einführung  
Pearson Studium 2009

*Kapitelspezifische und weiterführende Literatur:*

- Bei den einzelnen Kapiteln angegeben



# 1. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung

- 1.1 Grundlagen der Fototechnik 
- 1.2 Digitale Fotografie
- 1.3 Einführung in die fotografische Bildgestaltung  
(*Dr. Doris Hausen*)
- 1.4 Bearbeitung digitaler Bilder

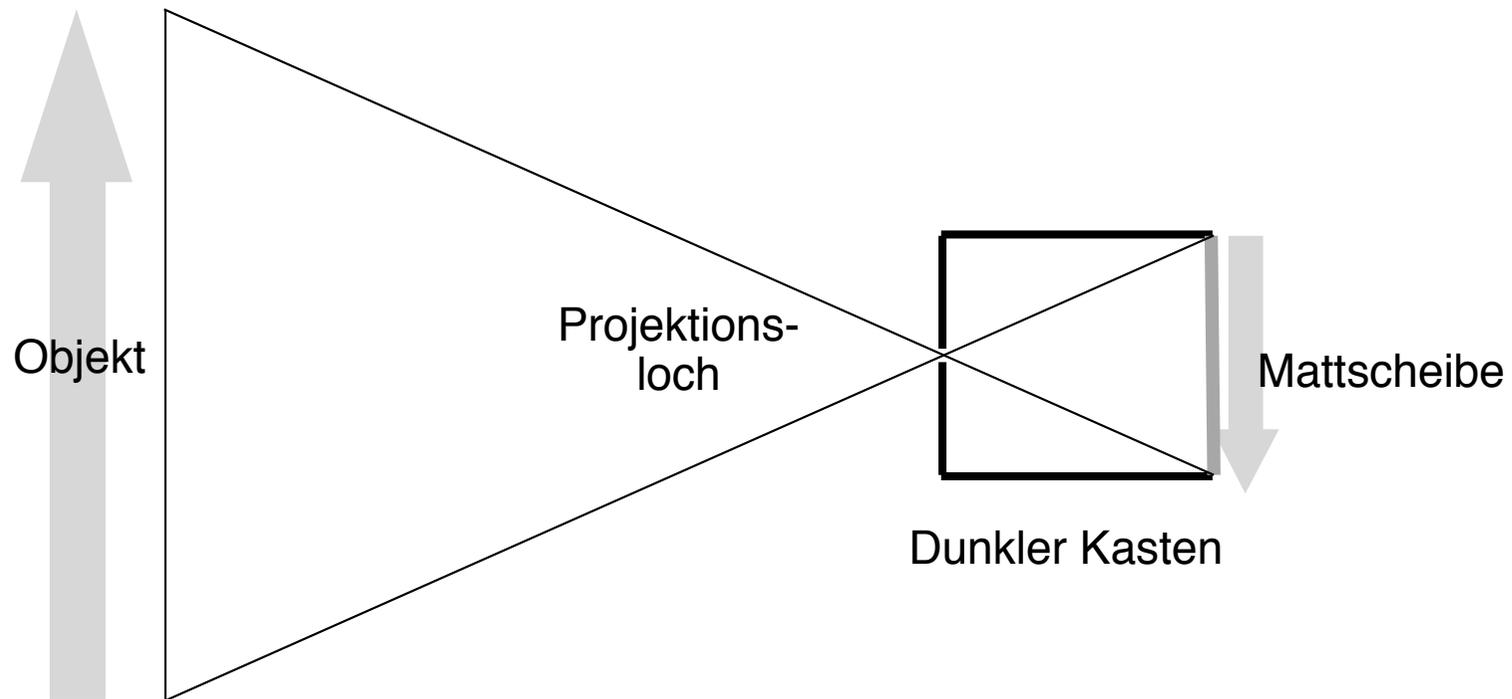
## Literatur:

- E. Eibelshäuser, Fotografische Grundlagen, dpunkt 2004
- C. Banek / G. Banek: Fotografieren lernen Band 1, dpunkt, 2. Aufl. 2013
- T. Striewisch: Der große Humboldt Fotolehrgang, Humboldt Verlag,  
8. Aufl. 2012 – siehe auch: <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):

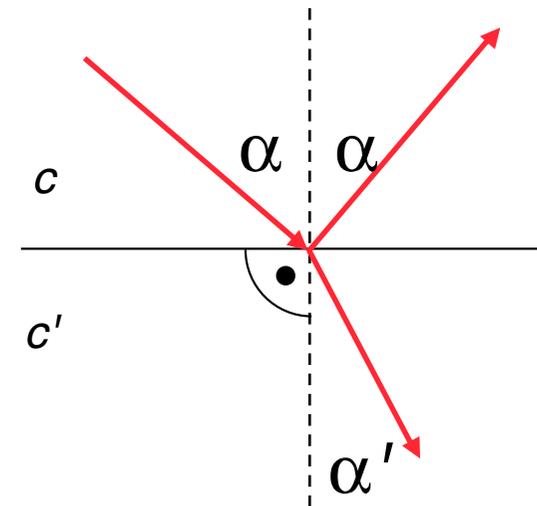
Einfallender Strahl, Einfallslot, gebrochener Strahl: eine Ebene

Brechung bestimmt durch Verhältnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts in den beiden (physikalischen) Medien (z.B. Glas und Luft)

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

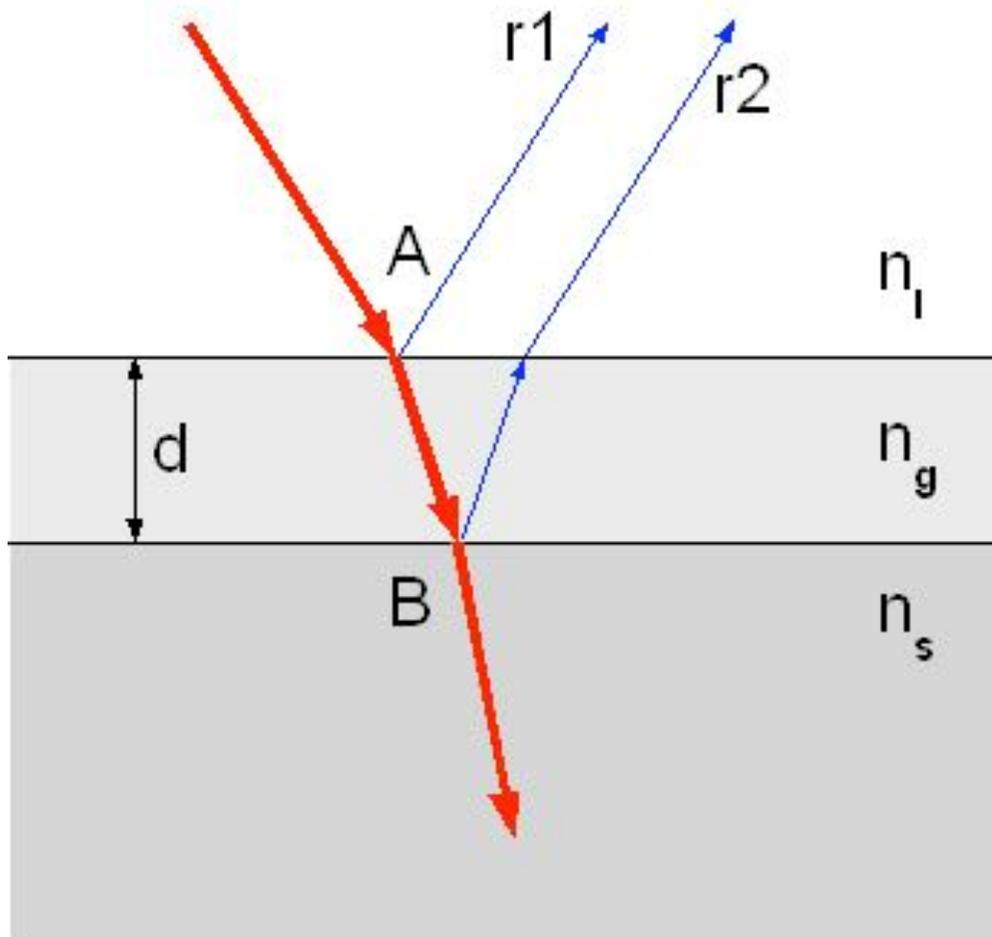
$n$  Brechungszahl

$c, c'$  Ausbreitungsgeschwindigkeiten



Optisches Glas: definierte Brechungszahl

# Antireflexbeschichtung (opt. Vergütung)

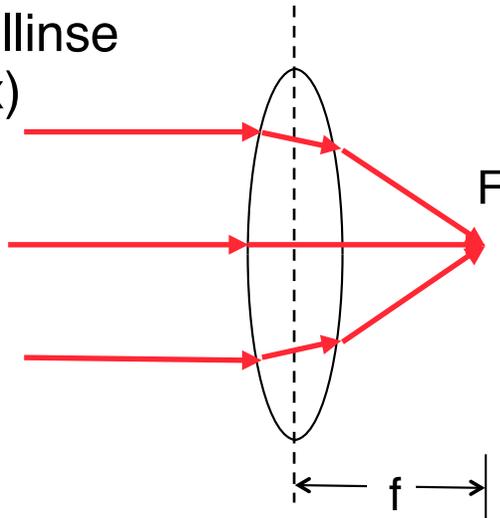


- Dünne reflektierende Schicht  
(Metallbedampfung)
- Mehrfache Reflexion mit  
Phasenverschiebung der  
Lichtwelle
- Destruktive Interferenz =  
Auslöschung der Reflexion

Bilder: Wikipedia

# Linsoptik, Brennweite

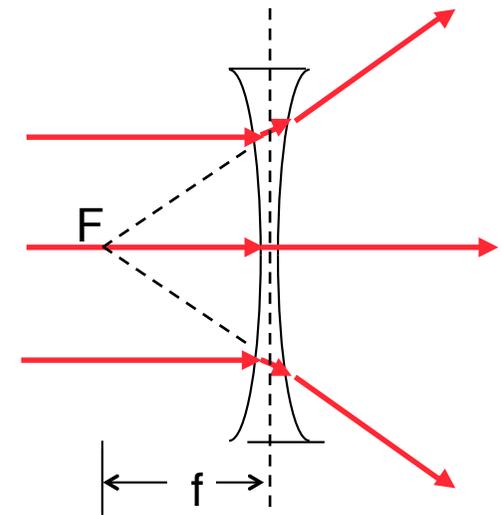
Sammellinse  
(konvex)



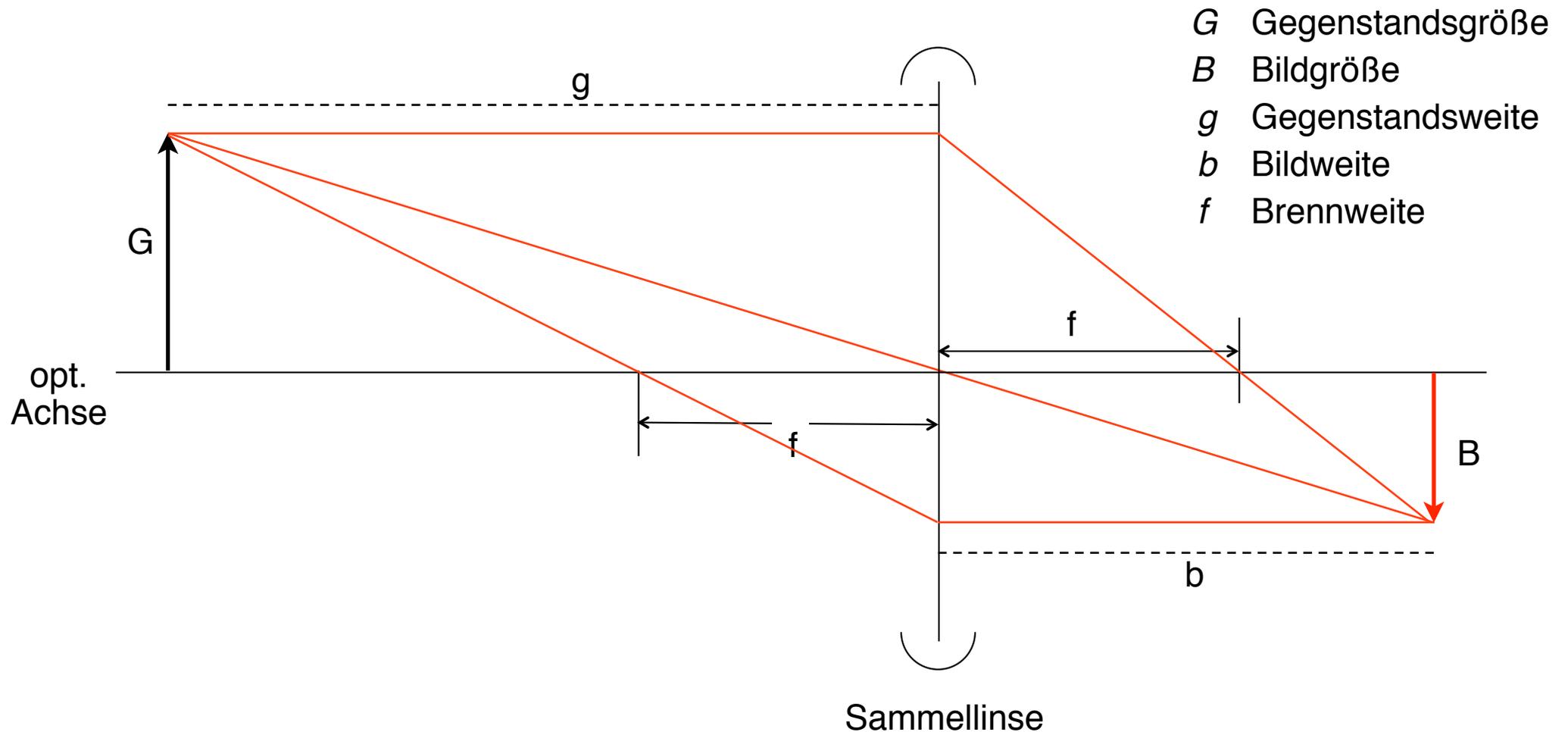
- $f$  = Brennweite (*focal distance*)
- $F$  = Brennpunkt (*focal point*)

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

Zerstreuungslinse  
(konkav)

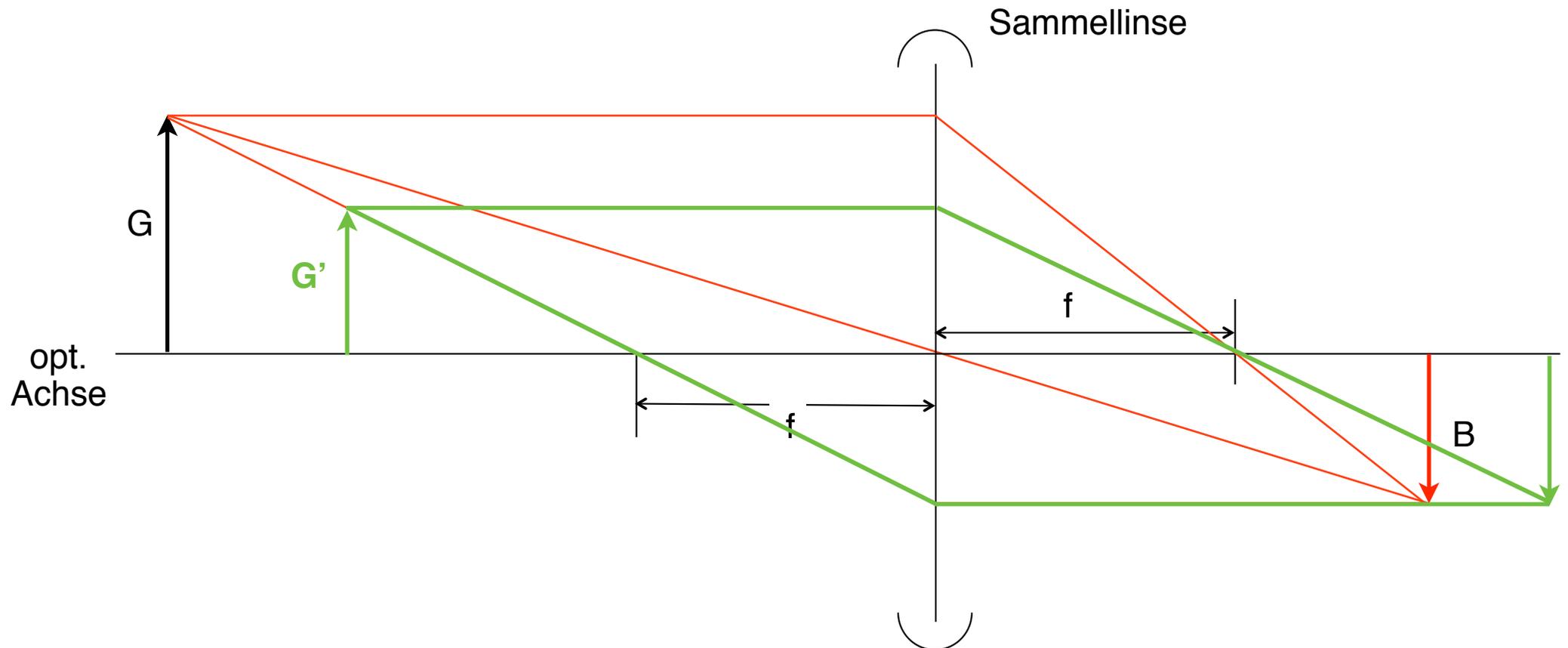


# Strahlengang an einer Sammellinse



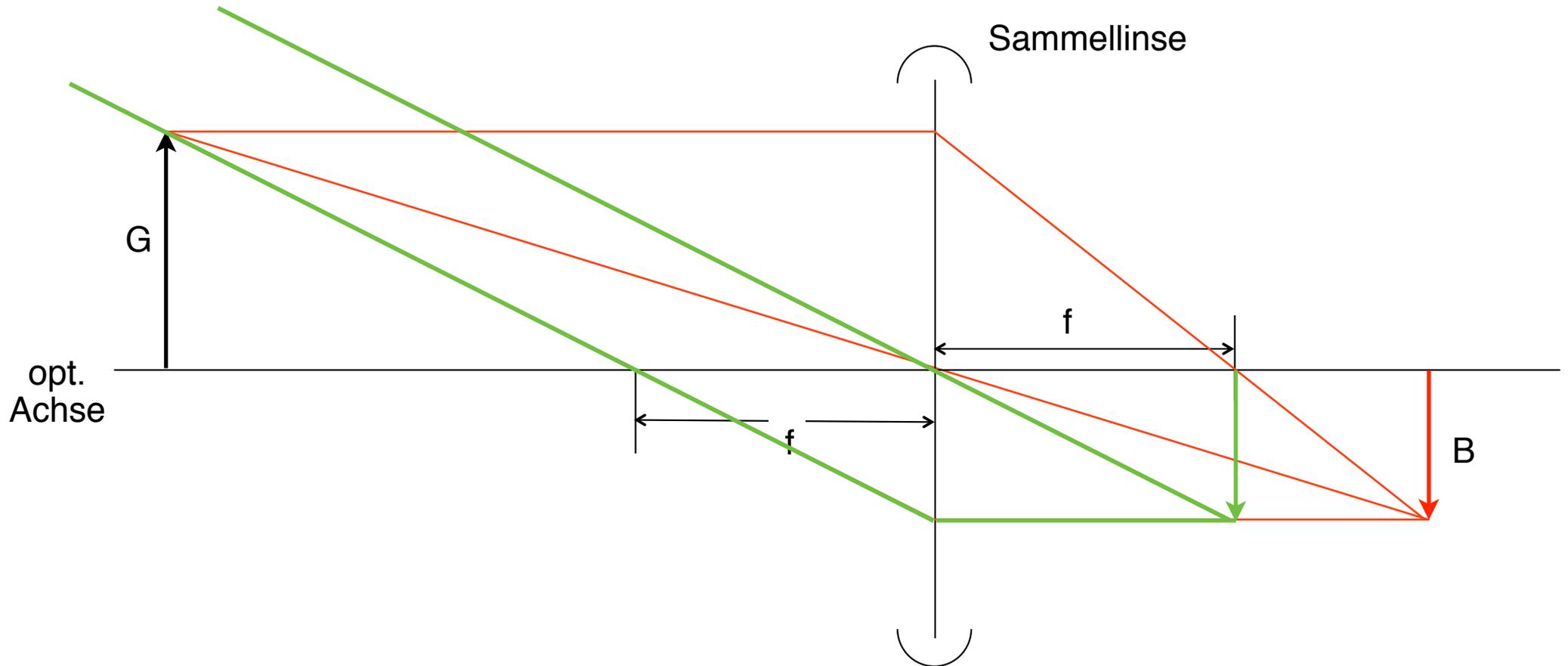
Strahlen, die von einem Punkt eines Gegenstandes  $G$  her auf eine Sammellinse fallen, schneiden einander nach dem Durchgang durch die Linse in einem im Bildraum gelegenen Punkt.

# Grundidee der Fokussierung



Bildgröße (B) und Brennweite (f) gleich  
Objektiv **weiter** von Bildebene entfernt  
→ Gegenstandsebene **näher** an Kamera

# Fokussierung “Unendlich”



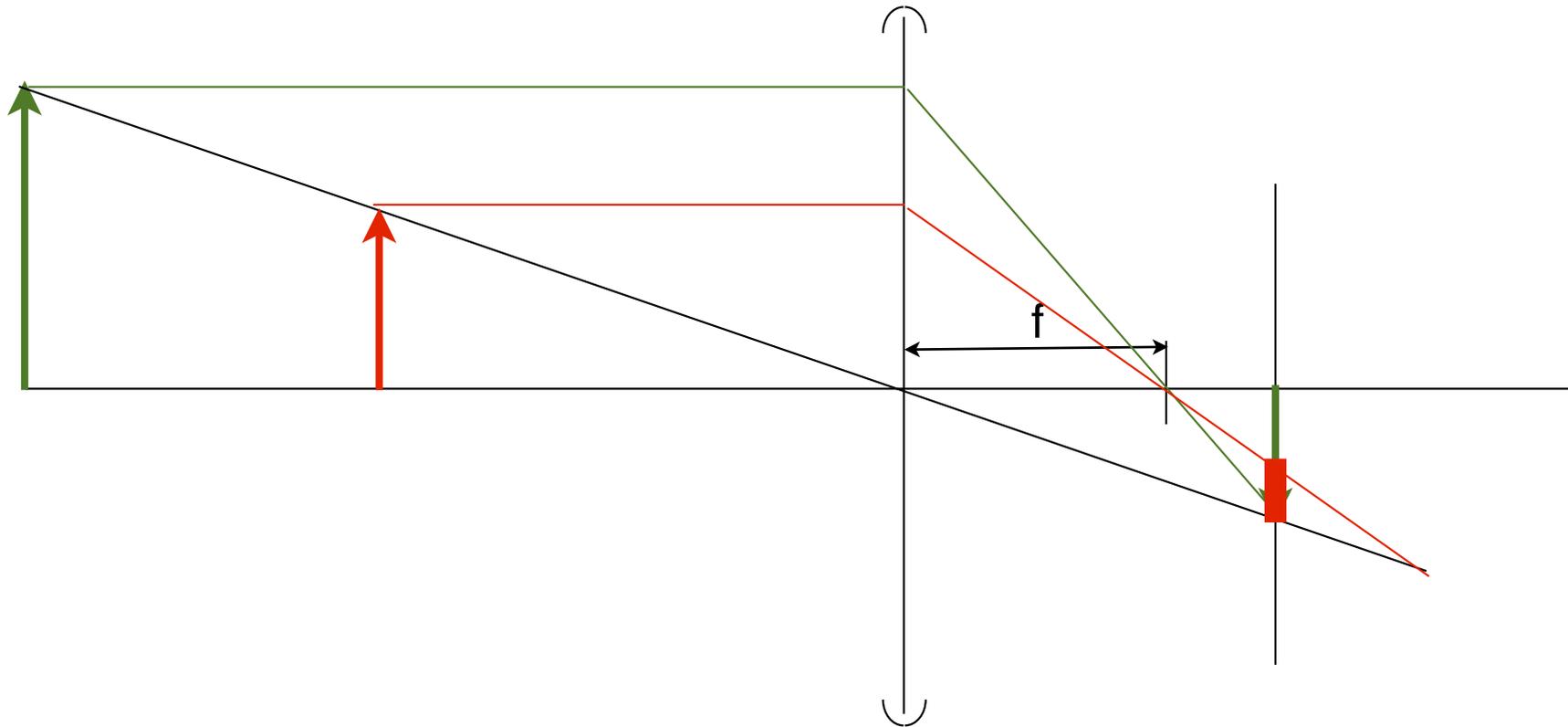
Bildweite gleich Brennweite (Objektiv “ganz eingefahren”)  
→ Gegenstandsebene **beliebig weit** (parallele Strahlen)

# Unschärfe durch Fokussierung

*Unscharf* dargestellt werden Objekte, die vor oder hinter der fokussierten  
Gegenstandsebene liegen

Zerstreuungskreis :

Punkt des Gegenstands wird als *Kreis* dargestellt



# Beispiel zur Fokussierung



Suzhou, China  
© Heinrich Hussmann 2006

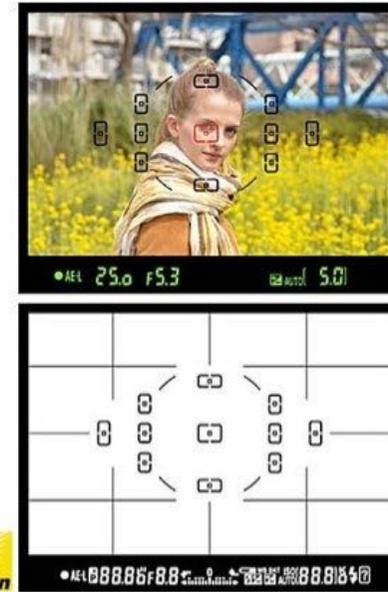
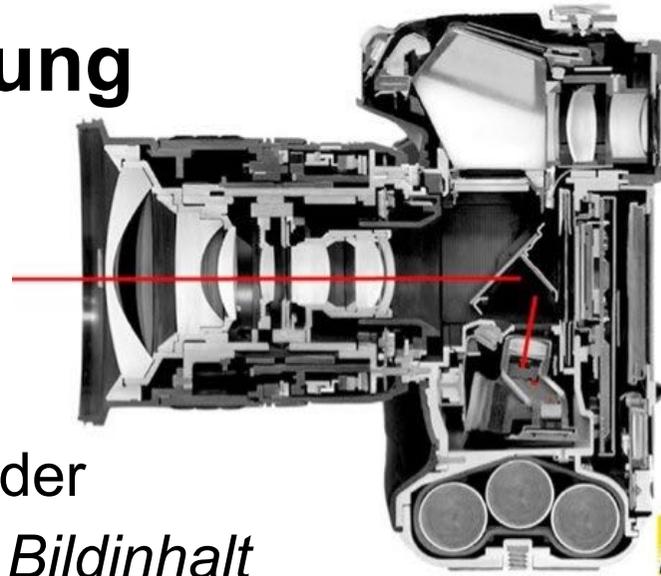
# Automatische Fokussierung (Autofocus)

## **Passive** Entfernungsmessung:

Kontrastmessung

Phasenvergleich zweier Halbbilder

*Beide Verfahren abhängig vom Bildinhalt*



Bildquelle: Nikon,  
von fotointern.ch

## **Aktive** Entfernungsmessung:

Ultraschall oder Infrarot-Licht

Strahl wird ausgesendet, reflektiert und empfangen

## Fortgeschrittene Funktionen:

Mehrfeldmessung mit manueller oder automatischer Auswahl

Objektverfolgung und Bewegungsprädiktion

Schärfepriorität vs. Auslösepriorität



# Objektivbrennweiten und Aufnahmeformat

"Normalobjektiv":

- Brennweite = Bildformat-Diagonale
- Bildwinkel ungefähr  $45^\circ$
- ähnlich menschlicher Wahrnehmung

Standard-Fotoformat "Kleinbild"  
(basiert auf 35mm-Kinofilm)

- Bildformat 24 x 36 mm
- Bilddiagonale 43,27 mm
- "Normalobjektiv": 45 bis 50 mm

*Beispiel* einer Digitalkamera (Bild):

- Echte Objektivbrennweite: 6.2-66.7 mm
  - bezieht sich auf kleineren Sensor
  - 11 mm Brennweite "normal"!
- "KB-Äquivalent"-Angaben für Brennweite
  - hier 28-300 mm



Bildquelle: Rainer Knäpper,  
Lizenz: [artlibre](#)

# Praktikum...



Digitale Spiegelreflex-Kamera

Relativ großer Sensor, aber  
kleiner als "Kleinbild"!

Weit verbreitete Sensorgröße:  
"DX" = 22 x 15 mm

Diagonale 27 mm

"Normalobjektiv" ca. 30 mm

Faustregel:

DX-Brennweite \* 1,5 = KB-Brennweite

# Objektivbrennweiten

## **Normal**objektiv:

- Bildwinkel ca.  $45^\circ$

## **Tele**objektiv:

- Kleiner Bildwinkel,
- Fernrohreffekt, vergrößert
- Kleinbild: typisch  $f = 100\text{-}200\text{ mm}$

## **Weitwinkel**objektiv:

- Großer Bildwinkel
- Panoramaeffekt, verkleinert
- Kleinbild: typisch  $f = 35\text{ mm}$

## **Zoom**objektiv:

- Veränderliche Brennweite
- Z.B.  $f = 7\text{-}21\text{ mm}$   
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 und Fisheye



KB 10

Source: S. Qkolew  
Wikimedia, Public Domain



KB 5

Source: M. J. Posner  
<http://carfisheye.blogspot.de>

# Verschiedene Perspektiven

Weitwinkel: räumliche Tiefe



Tele:  
"Heranholen" entfernter Objekte,  
Verflachung

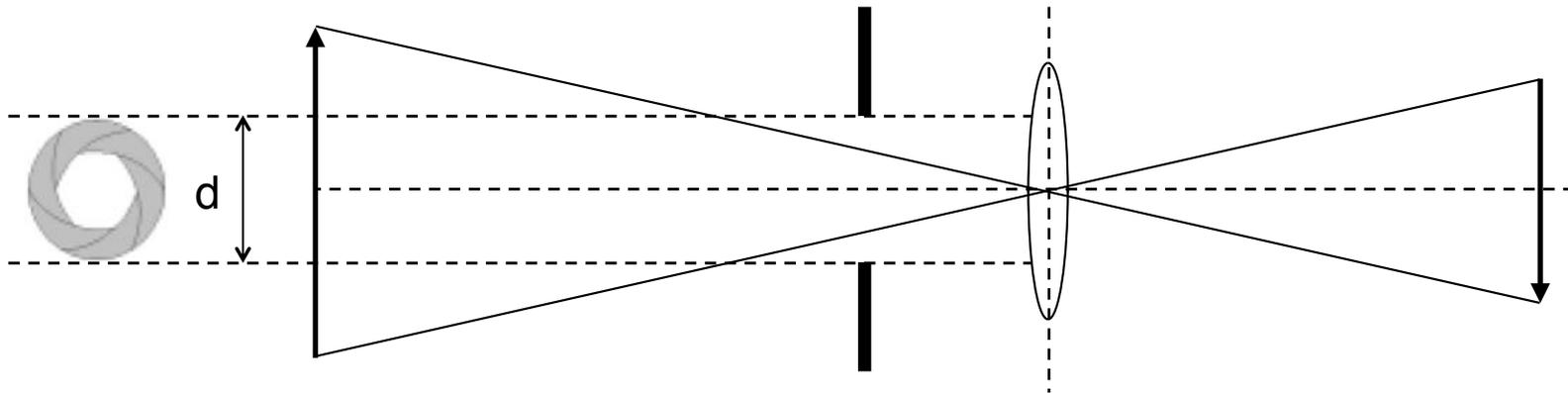


Xi'an, China

# Blendenöffnung

Objektive haben nur einen endlichen Durchmesser der Eintrittsöffnung

Mechanische **Blende** (v.a. Irisblende): verkleinert effektiven Durchmesser



- Blende “zu” (Öffnung kleiner): Bild dunkler
- Maß für die Blendenöffnung: Quotient aus Brennweite ( $f$ ) und Eintrittspupille ( $d$ )
  - Objektivöffnung muss bei kleinem Bildwinkel für gleiche Lichtstärke grösser sein!

$$r = \frac{f}{d}$$

Hoher Wert =  
kleine Öffnung !

# Blendenwerte, Lichtstärke

**Blendenwerte** sind prinzipiell Zweierpotenzen: 1, 2, 4, 8, 16, 32

Blende 1: Pupillengröße gleich Brennweite

Halbe Pupillengröße (Wert 2) liefert 1/4 der Lichtmenge

Zwischenschritte mit Faktor  $\sqrt{2}$  (1,4) = jeweils halbe Lichtmenge:

0,7; 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32

**Lichtstärke** = Maximale Öffnung eines Objektivs, als Blendenwert

Typische Objektivbezeichnung:

f = 50 mm; 1:1,4

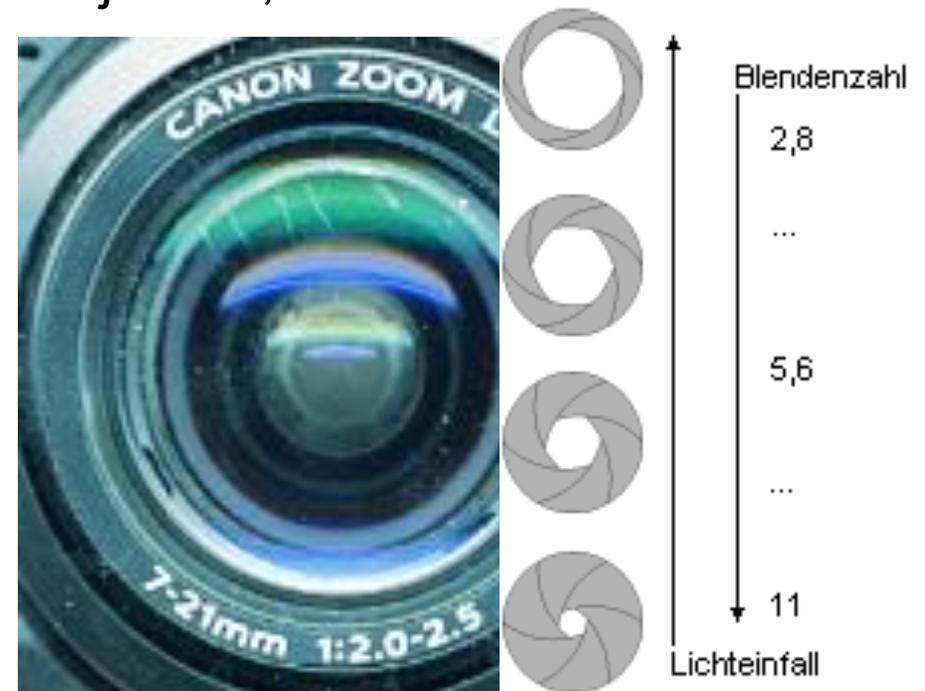
Bei Zoomobjektiven variiert oft die  
Lichtstärke mit der Brennweite

Beispiel: f = 7-21 mm

1:2.0-2.5 bedeutet hier:

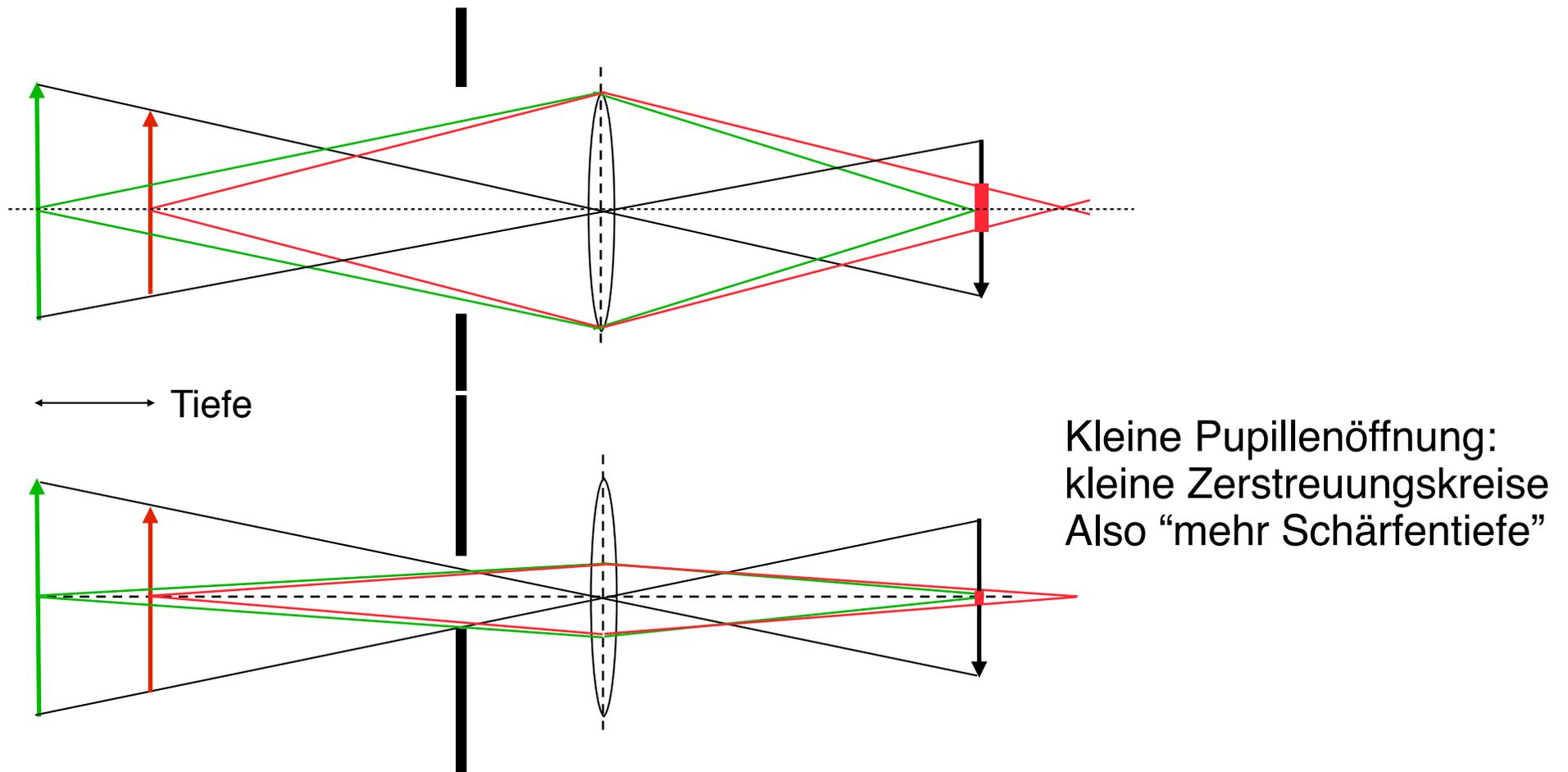
Lichtstärke 2.0 bei 7 mm;

Lichtstärke 2.5 bei 21 mm



# Schärfentiefe (1)

Schärfe entspricht Größe der Zerstreungskreise  
Sehr kleiner Kreis = „(fast) scharf“





# Beispiel: Schärfentiefe



Blende 5,6  
Belichtungszeit 1/125 s

Blende 29  
Belichtungszeit 1/6 s



Kreatives Arbeiten mit Schärfentiefe erfordert großes Sensorformat !

# Verschluss und Belichtungszeit

## **Verschluss:**

Führt für genau definierten Zeitpunkt und genau definierte Zeitdauer **Belichtung** durch:

Film bzw. Sensor wird Lichtstrahlen ausgesetzt

## Mechanischer Verschluss:

*Zentralverschluss* (Iris-Lamellen wie Blende) oder  
*Schlitzverschluss* (durchlaufende "Vorhänge")

## Elektronischer Verschluss:

Empfindlichkeit des Sensors geschaltet

## 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



Schlitzverschluss

Bildquelle:  
Wolfgang Thanner, Wikipedia



Minolta  
XE-5  
SLR

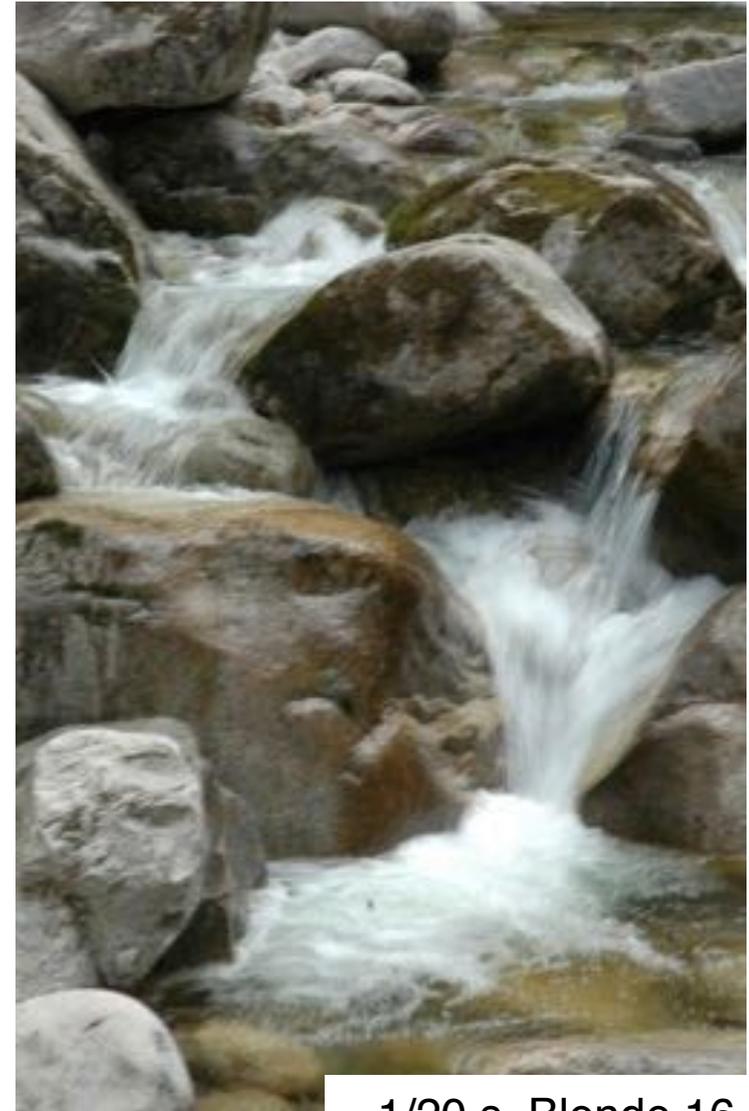
Bildquelle:  
Rainer Knäpper,  
Lizenz: [artlibre](#)

Hoher Wert =  
kurze Zeit !

# Beispiel: Bewegungsunschärfe



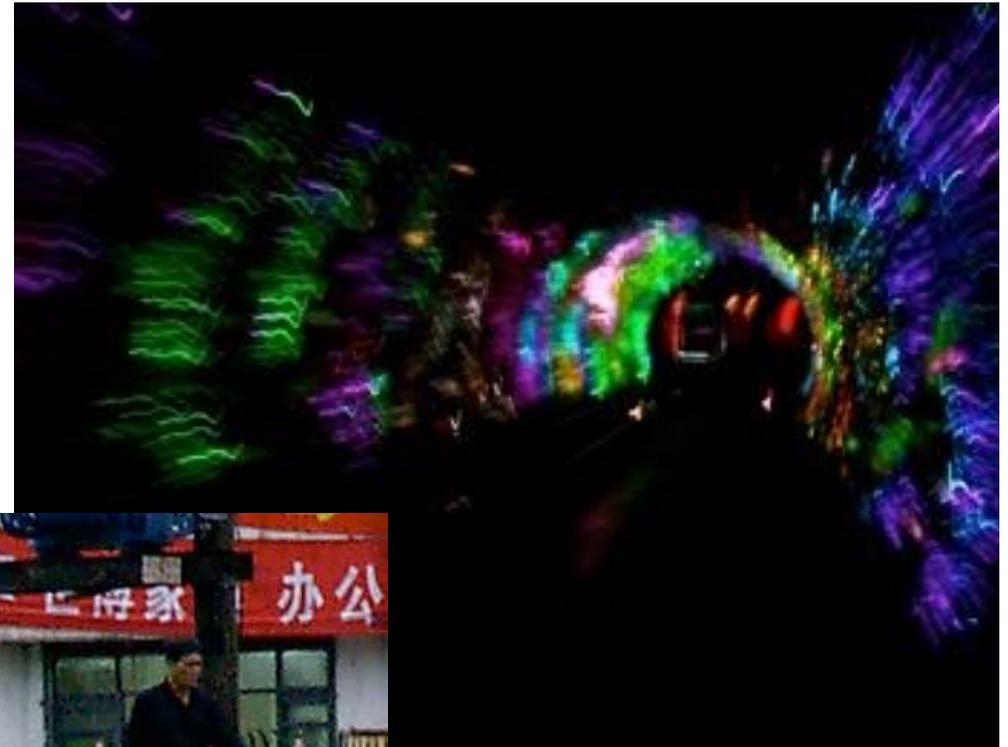
1/250 s, Blende 4



1/20 s, Blende 16

# Ursachen von Bewegungsunschärfe

Bewegung  
der Kamera



Bewegtes Objekt



Beide Fotos:  
Shanghai, Oktober 2003

# Gestalten mit Bewegungsunschärfe

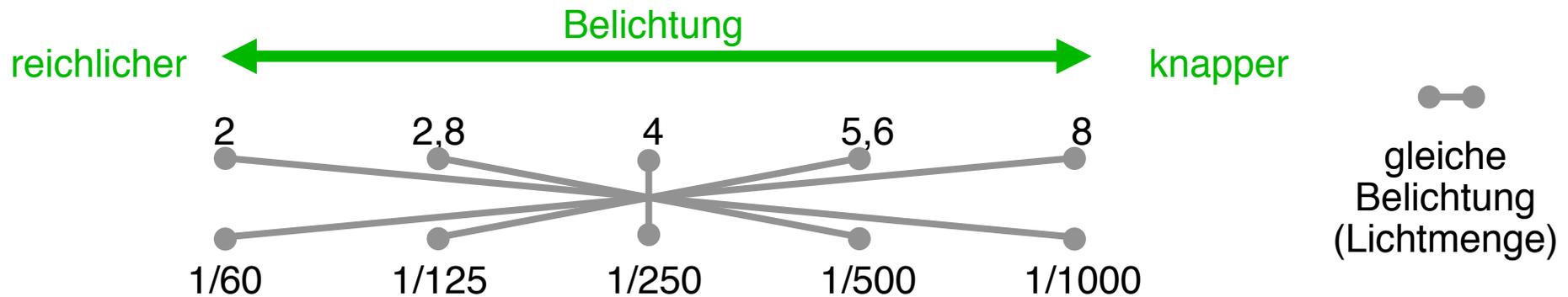


# Belichtungsstufen, Zeit, Blende

Effektive Lichtzufuhr für die Aufnahme

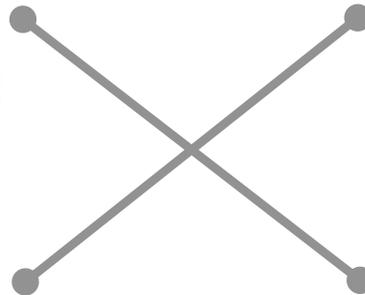
gemessen in Belichtungsstufen (*Exposure Value, EV*)

erreichbar durch verschiedene Zeit-/Blenden-Kombinationen



Kürzere Belichtungszeit:  
"Einfrieren" von Bewegung

Höhere Belichtungszeit:  
Bewegungsunschärfe



Geschlossene Blende:  
Hohe Schärfentiefe

Offene Blende:  
Geringe Schärfentiefe



# Lichtempfindlichkeit

Filmmaterial – feste Empfindlichkeit:

Höhere Empfindlichkeit (“schneller”) bedeutet gröberes “Korn”

Digitale Sensoren – einstellbare Empfindlichkeit:

Höhere Empfindlichkeit (“schneller”) bedeutet mehr “Rauschen”

Angabe der Lichtempfindlichkeit von Filmen/Sensoreinstellung:

ISO-Skala

***Doppelter Wert = doppelte Lichtempfindlichkeit (1 EV)***

(zusätzlich manchmal logarithmische ISO-Werte = alte DIN-Skala)

Gängige ISO-Werte;

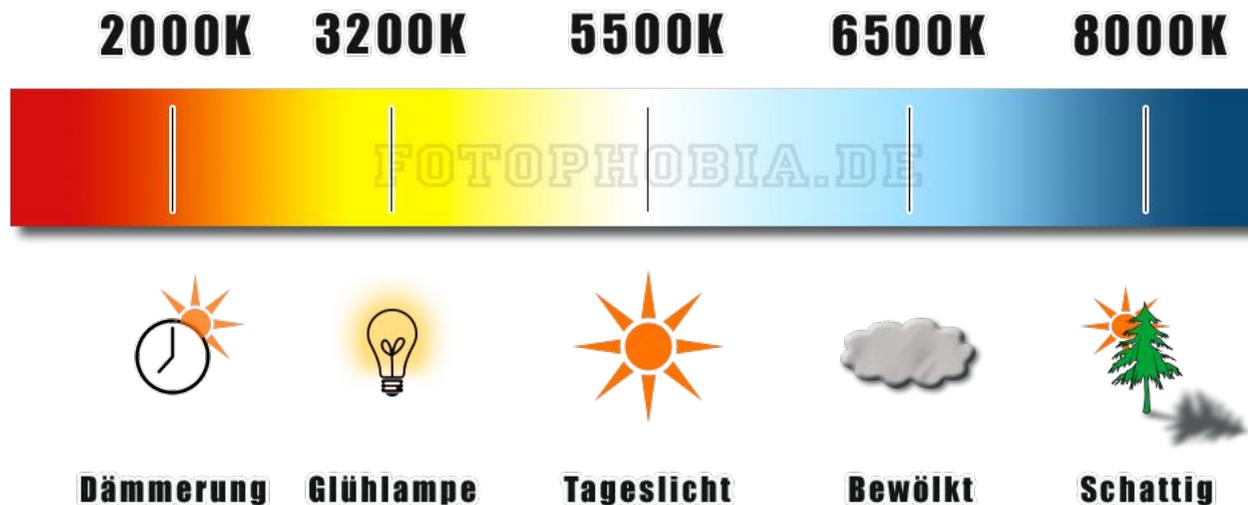
Alltag: 100, 200

Hochauflösend/unempfindlich: 25, 50

“Schnell”: 400, 800

Extremwerte bei Digitalkameras, z.B. 25600 (=256-fach zu ISO 100)

# Farbtemperatur und Weißabgleich



Glühlampe: ca. 2800 K

Halogenlampe: 3200-3400 K

Elektronenblitz: 5500 K

Tageslicht: 5500-6500 K

Farbtemperatur: Spektralverteilung für "weißes Licht"

ausgedrückt als Temperatur eines idealen "Schwarzen Strahlers"

extrem wichtig für subjektive Farbempfindung

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



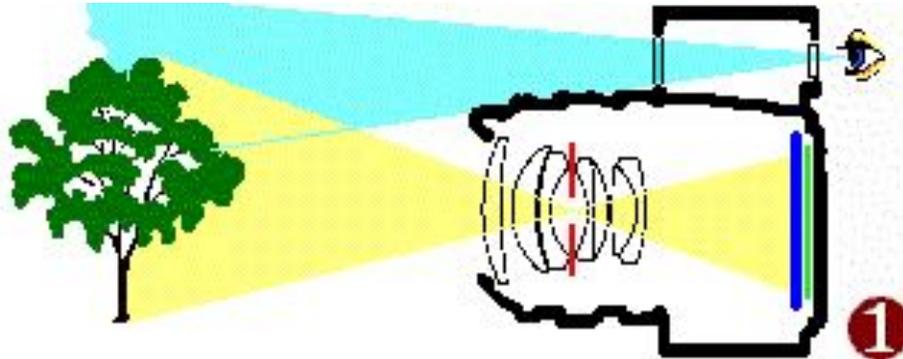
Automatischer  
Weißabgleich  
(bei Tages- oder  
Kunstlicht)

Tageslicht, aber  
Weißabgleich auf  
Kunstlicht

Kunstlicht, aber  
Weißabgleich auf  
Tageslicht



# Sucherkamera und Spiegelreflexkamera

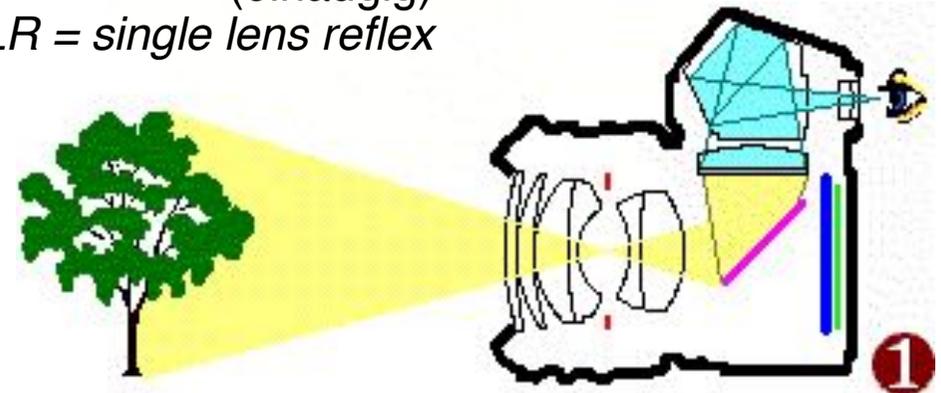


- + Optimale Anpassung an wechselnde Objektive (Sucherbild immer richtig)
- + Beurteilung von Schärfentiefe im Sucher möglich

## Sucherkamera

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

## Spiegelreflexkamera (einäugig) *SLR = single lens reflex*



# Blitzlicht

Kurzer elektrisch erzeugter Lichtblitz

"Elektronenblitz":

Durch Gasentladungsröhre erzeugt  
(hohe Spannung, ca. 10.000 V)

Benötigt Aufladezeit für  
Kondensator zur  
Energiespeicherung

Blitzdauer wesentlich kürzer als kürzeste  
Verschlusszeiten

**Leitzahl:**

Mass für Blitzhelligkeit  
(Reichweite = Leitzahl / Blende)

Bei gegebener Filmempfindlichkeit!

**Verstellbarer Reflektor:**

Kann Bildwinkel des Blitzes dem des  
Objektivs anpassen



Bild: fotonews.dh2publishing.info

# Blitzsynchronzeit

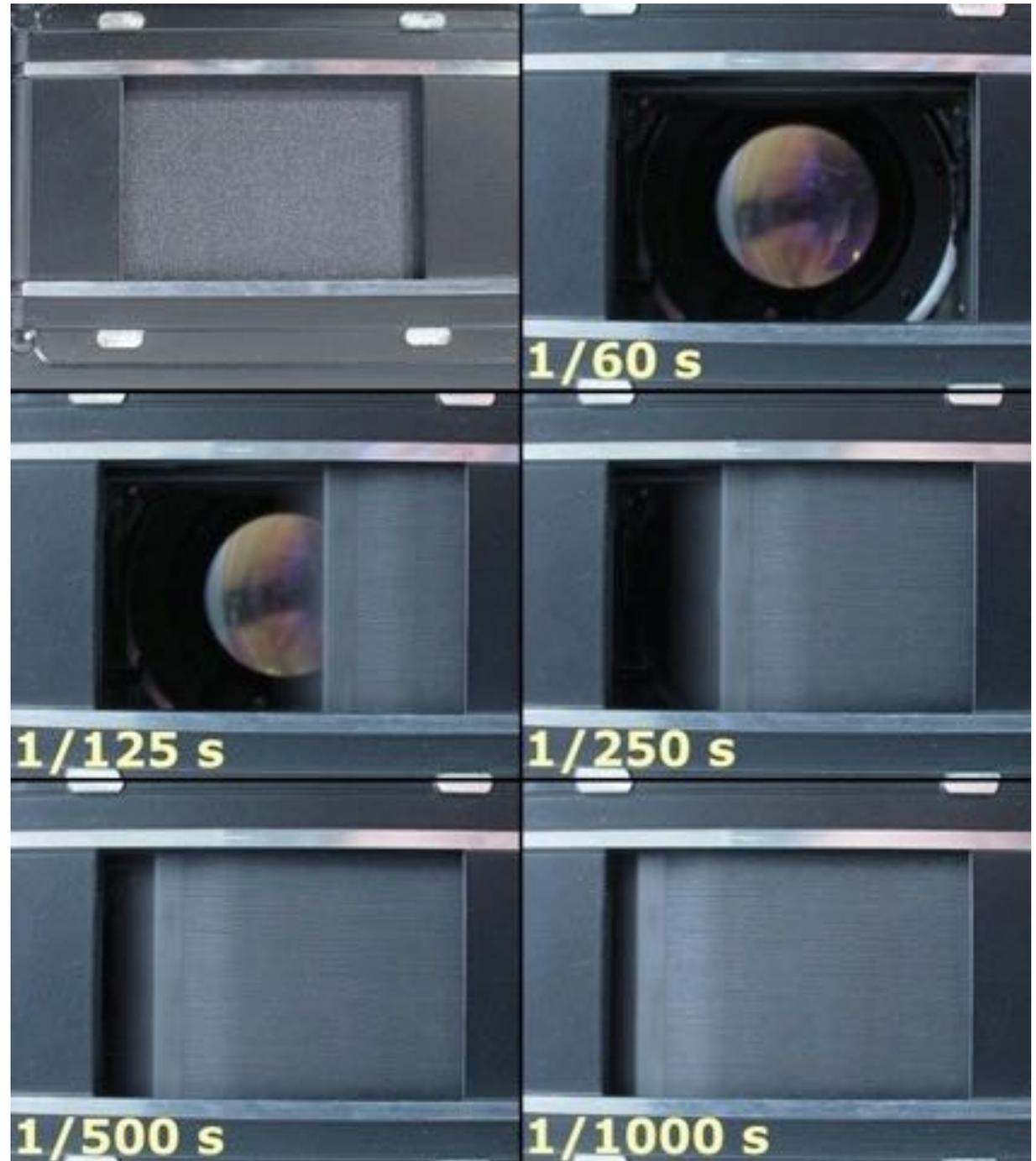
Verschluss öffnet  
langsamer als  
Leuchtdauer des  
Blitzes

"Schlitzverschluss":  
Zwei einander  
folgende "Vorhänge"

Synchronzeit =  
Kürzeste Zeit, bei der  
Verschluss ganz  
geöffnet ist

Bei kürzeren Zeiten  
erreicht der Blitz nicht  
das volle Bildformat!

Bildquelle:  
R. Knäpper, wikimedia



# Belichtungssteuerung bei Blitzlicht

## TTL-Blitzmessung ("Through the lens")

Reflexion des Lichts von Film- bzw. Sensoroberfläche gemessen

Blitzleuchtdauer regulierbar: gezielt verkürzt für optimale Belichtung

## Indirektes Blitzen, Mehrfachblitzen

Vermeidet z.B. "rote Augen"

TTL-Messung hilfreich

## Langzeitsynchronisierung

Lange Belichtungszeit nutzt vorhandenes Licht

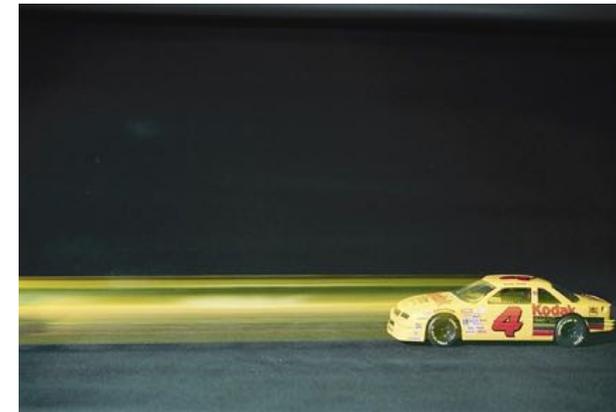
Blitzzeitpunkt einstellbar für Bewegungsillusionen  
(front/rear sync)

## Studio-Blitzanlagen

Mehrere synchronisierte Blitzgeräte

Systematische Ausleuchtung

Belichtung meist durch Testserien, Blitzgeräte regelbar



Source: shutterbug.com

# 1. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung

- 1.1 Grundlagen der Fototechnik
- 1.2 Digitale Fotografie 
- 1.3 Einführung in die fotografische Bildgestaltung  
(*Dr. Doris Hausen*)
- 1.4 Bearbeitung digitaler Bilder

Literatur / Quellen:

<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/digitalimaging/> (CCD)

<http://learn.hamamatsu.com/articles/>

<http://www.photo.net>

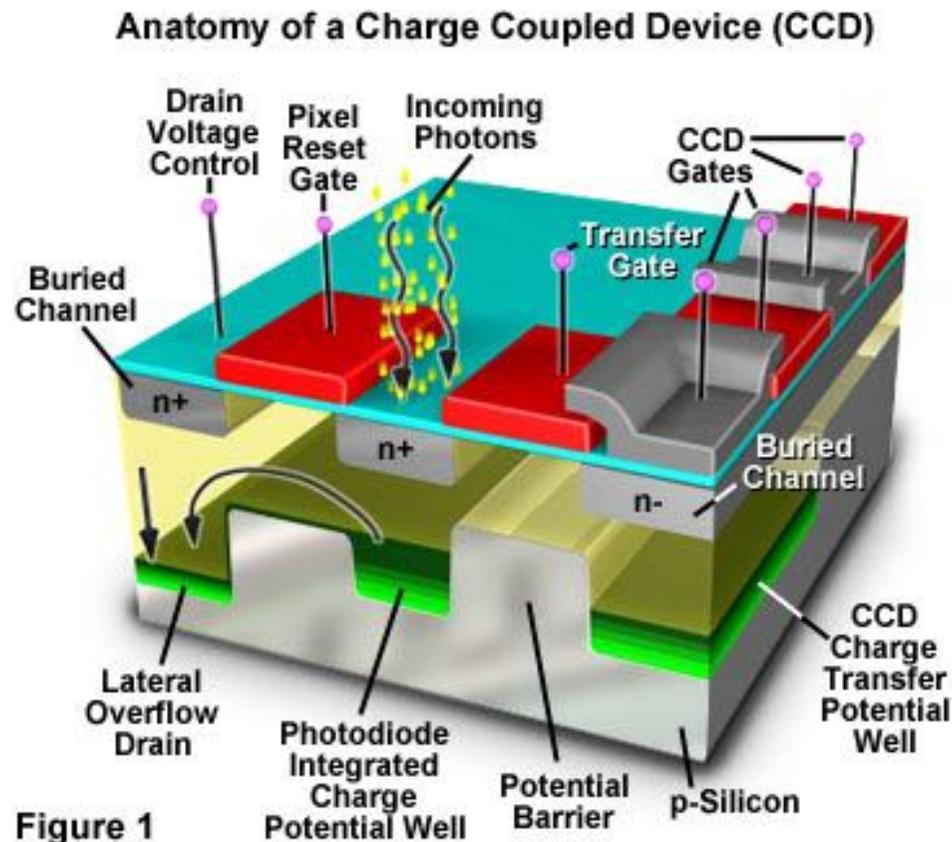
# Geschichte der Digitalfotografie

- 1969 George Smith, Willard Boyle (Bell Labs):  
Entwicklung des *Charged Coupled Device* (CCD)-Bildsensors
- 1974: CCD mit 10 000 Pixel in Astro-Teleskop
- 1981: Sony Mavica (Diskettenspeicherung)
- 1988: Digitalkamera-Prototypen  
mit 400.000 Pixel und Kartenspeicherung
- 1990 Kodak: Photo CD-Format
- 1995: Beginn des Consumer-Marktes  
(z.B. digitale SLRs, Apple QuickTake)
- 1998: Erste Kamera im Massenmarkt  
mit mehr als 1 Mio. Pixel

<http://www.digicamhistory.com/>



# Charged Coupled Device (CCD)



Auftreffen von Licht (Photon) produziert freies Elektron und verbleibendes "Loch" (positive Ladung)

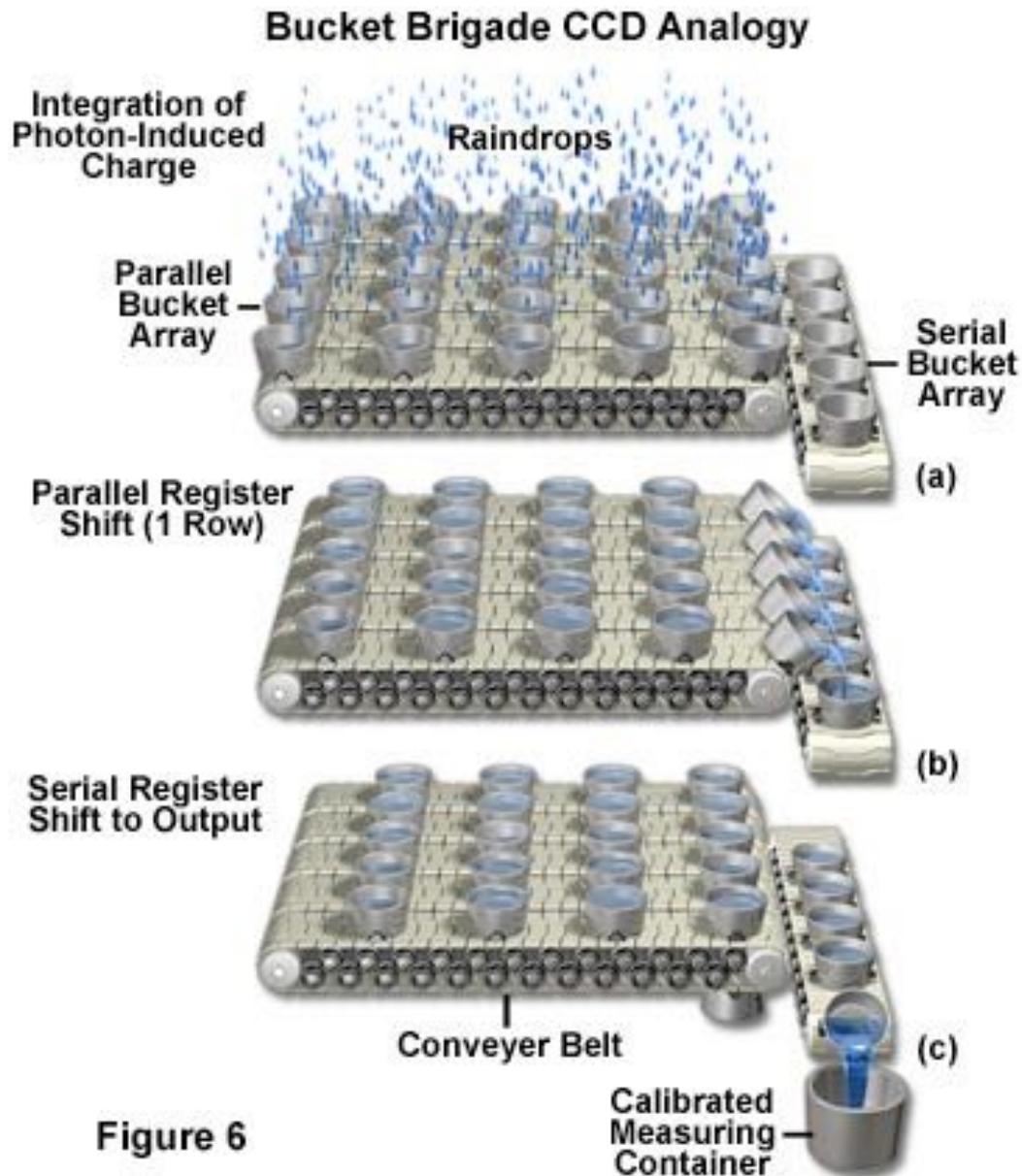
Elektronen werden gesammelt (*charge potential well*), Löcher im Substrat absorbiert

Potential-Barrieren verhindern das "Auslaufen" der Ladung in benachbarte Bereiche

In einem komplexen Verschiebungsalgorithmus werden die Ladungen an Ausgabekontakte am Rande des Chips verschoben.

<http://micro.magnet.fsu.edu>

# Charge Transfer: Analogie "Eimerkette"



**Figure 6**

<http://learn.hamamatsu.com/articles/microscopyimaging.html>

# Elektronischer Verschluss

Externes Signal entlädt alle Fotodioden gleichzeitig

Nach einer bestimmten Zeit wird Ladungstransfer eingeleitet

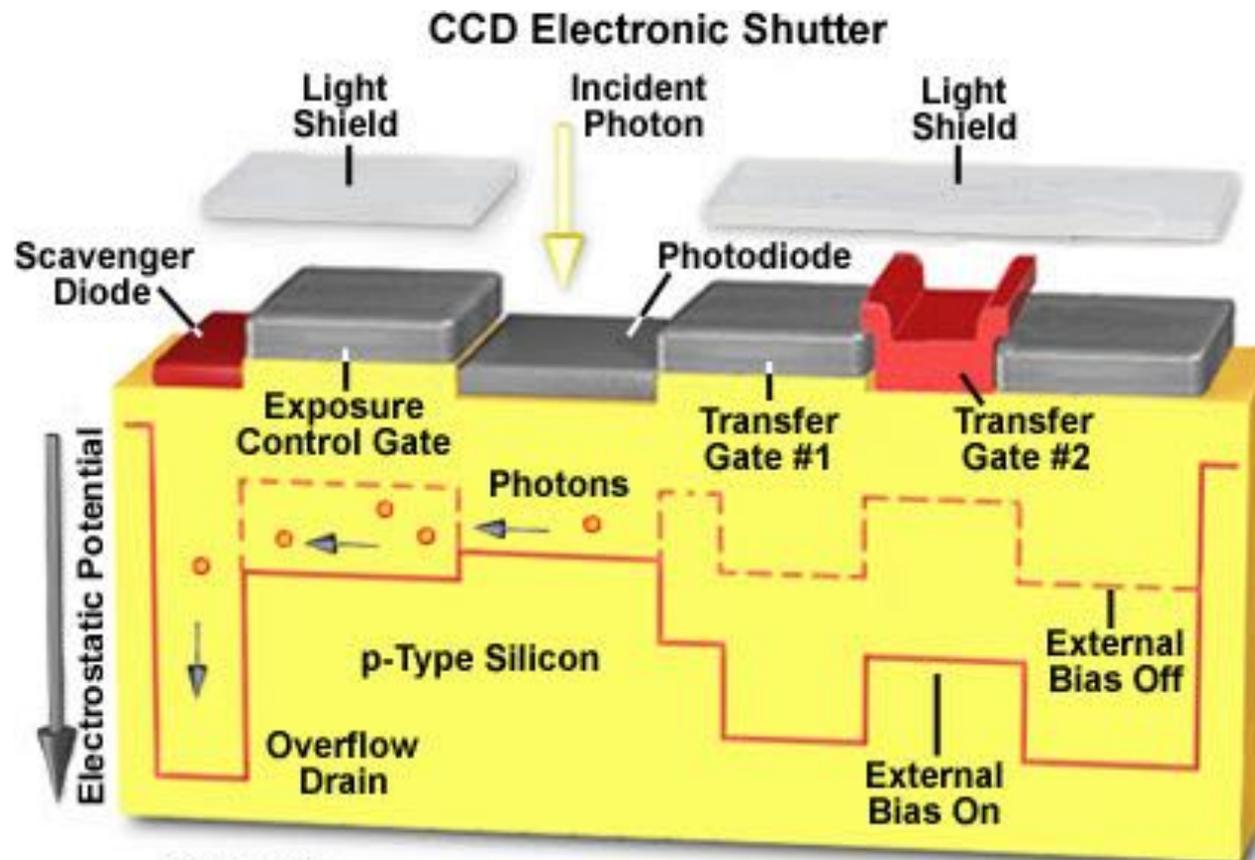
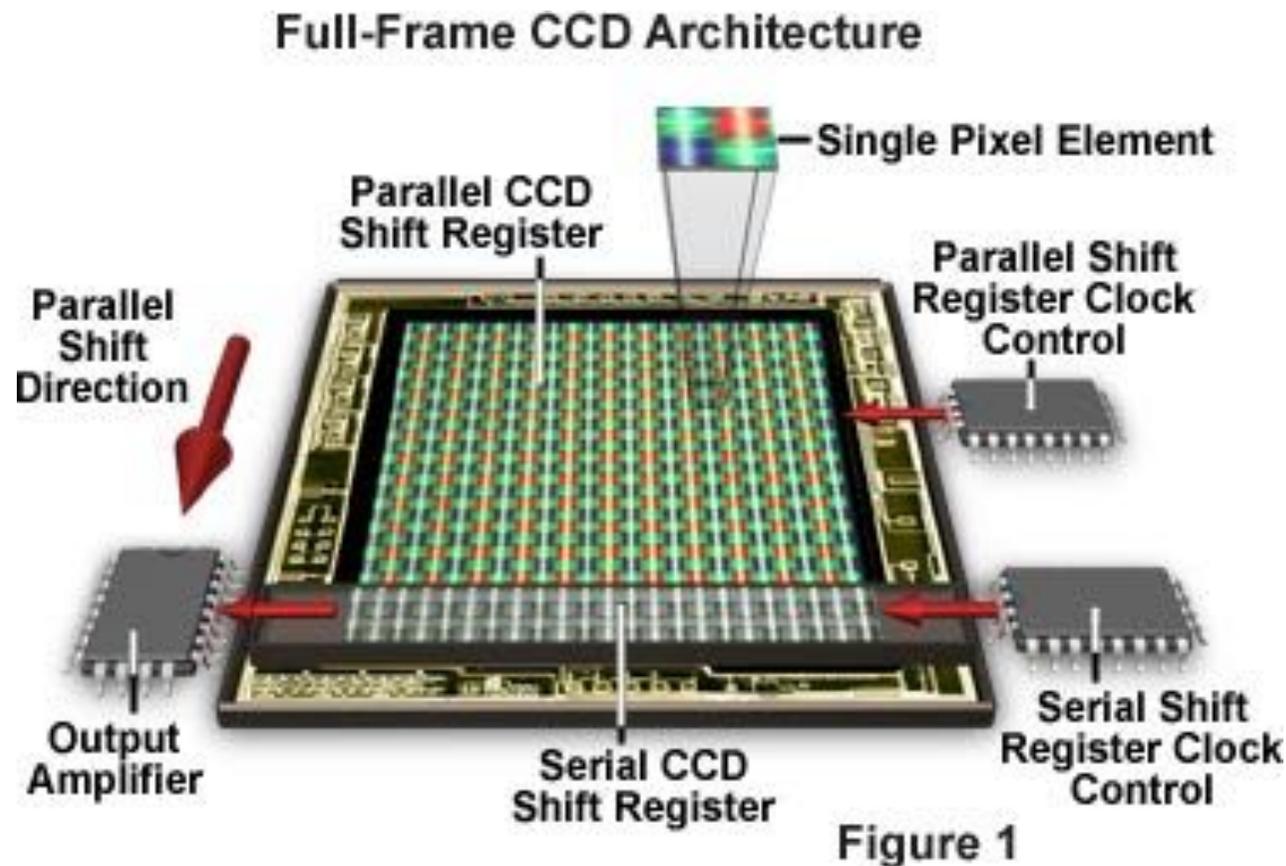


Figure 1

<http://learn.hamamatsu.com/articles/electronicshutter.html>

# Full-Frame CCD-Architektur

Einsatz in Kombination mit mechanischem Verschluss  
Volle Sensorfläche wird für lichtempfindliche Zellen genutzt



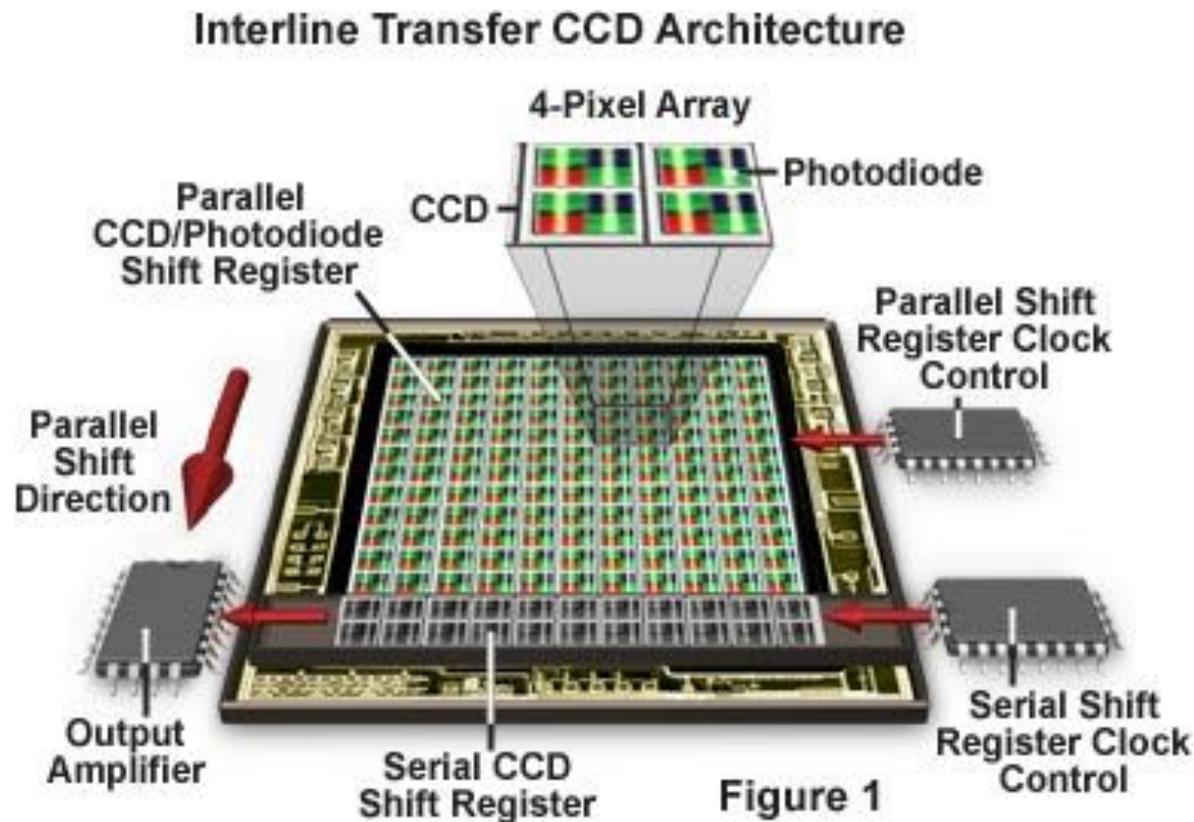
<http://learn.hamamatsu.com/articles/fullframe.html>

# Interline Transfer CCD-Architektur

Jede Zelle: lichtempfindlicher Anteil und speichernder Anteil

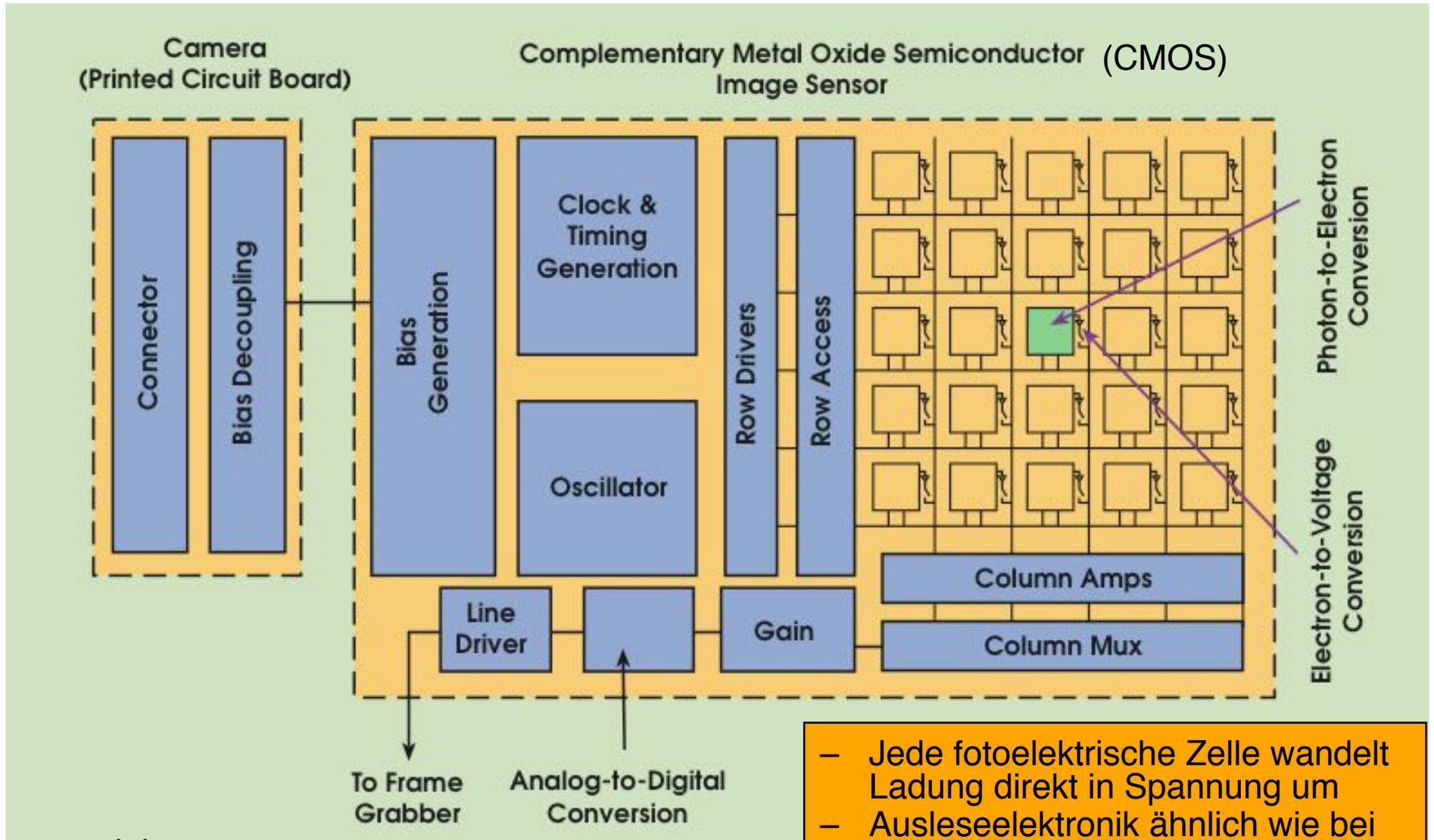
Nur die Hälfte der Sensorfläche für Lichtaufnahme genutzt

Elektronische "Verschluss"-Steuerung



<http://learn.hamamatsu.com/articles/interline.html>

# CMOS-Bildsensoren



- Jede fotoelektrische Zelle wandelt Ladung direkt in Spannung um
- Ausleseelektronik ähnlich wie bei Speicherfeldern

www.dalsa.com  
Dave Litwiller

# Farbmosaik für Farbbilder

6 x 6 = 36 Graupixel

→ wie viele Farbpixel?

“Farbpixel”: drei Grundfarben

also Kombination von mehreren  
Graupixeln mit Filtern

„Bayer-Pattern“

Jede quadratische 4er-Gruppe  
enthält alle Grundfarben

→ 5 x 5 = 25 Farbpixel

Allgemein:  $(n-1) * (n-1)$

