

Medientechnik



Heinrich Hußmann
Ludwig-Maximilians-Universität München
Sommersemester 2014

Dozent, Übungsleitung

Prof. Dr. Heinrich Hußmann

Amalienstr. 17, 5. OG, Raum 503

Email: heinrich.hussmann@ifi.lmu.de

Übungsleitung:

Sarah Tausch, 5. OG, Raum 501

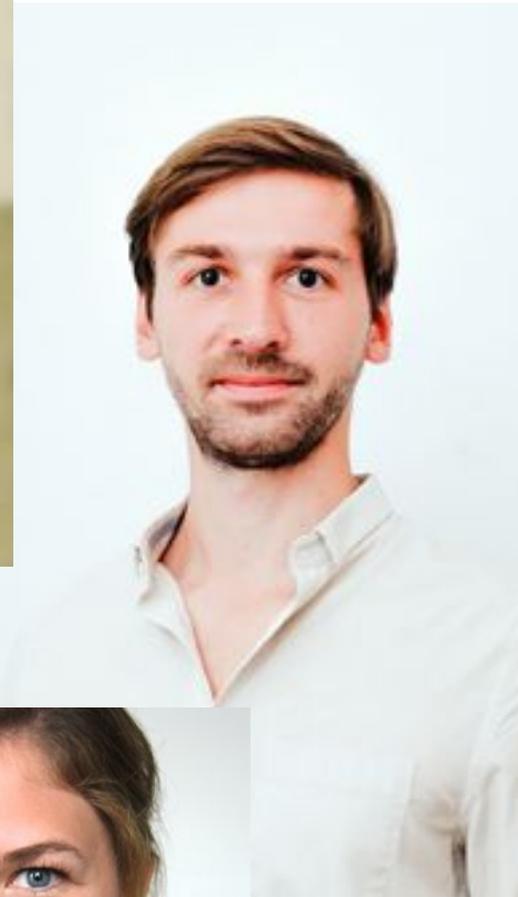
Email: sarah.tausch@ifi.lmu.de

Axel Hösl, 2. OG, Raum 206

Email: axel.hoesl@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)
- Online-Einheiten "Medientechnik":
 - Vier reine Online-Vorlesungen zu ausgewählten Themen (Video)
- Übungen "Medientechnik":
 - Sechs klassische Übungen zu ausgewählten Themen
(Achtung: Übungsbetrieb hat schon begonnen!)
- Praktikum "Medientechnik":
 - Drei umfangreiche Praktika in Kleingruppen
 - Themen: Foto, Video, Audio

Gliederung

1. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung (2 Vorlesungen, 1 Online-Video)
 - Grundlagen der analogen und digitalen Fototechnik
 - Prinzipien der Bildgestaltung
 - Grundlagen der Bildbearbeitung
 - Technik der Bildspeicherung
2. Programmierung von Benutzungsschnittstellen (Swing) (1 Vorlesung)
 - Grafische Oberflächen, Ereignisgesteuerte Programmierung, MVC-Muster
3. Film- und Videotechnik und digitale Videobearbeitung (2 Vorlesungen, 1 Gastvortrag, 1 Online-Video)
 - Grundlagen der Film- und Videotechnik
 - Prinzipien der Filmgestaltung, Spezialeffekte, Filmschnitt
 - Schnittstellen für breitbandige Datenübertragung
4. Tontechnik und digitale Tonbearbeitung (1 Vorlesung, 1 Online-Video)
 - Grundlagen der Tontechnik, Audiogestaltung, Tonbearbeitung
 - Optische Speichermedien (CD/DVD/Bluray)
5. Digitale Rundfunktechnik (1 Exkursion, 1 Online-Video)

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 (Achtung neu!)**
 - **Geplant für 20. Juni 2014**
 - Inhalt: Stoff der Vorlesung und der Online-Einheiten
- Teilnahme an der Abschlusspräsentation der Praktikumsergebnisse
- **Keine verpflichtenden Übungsblätter**

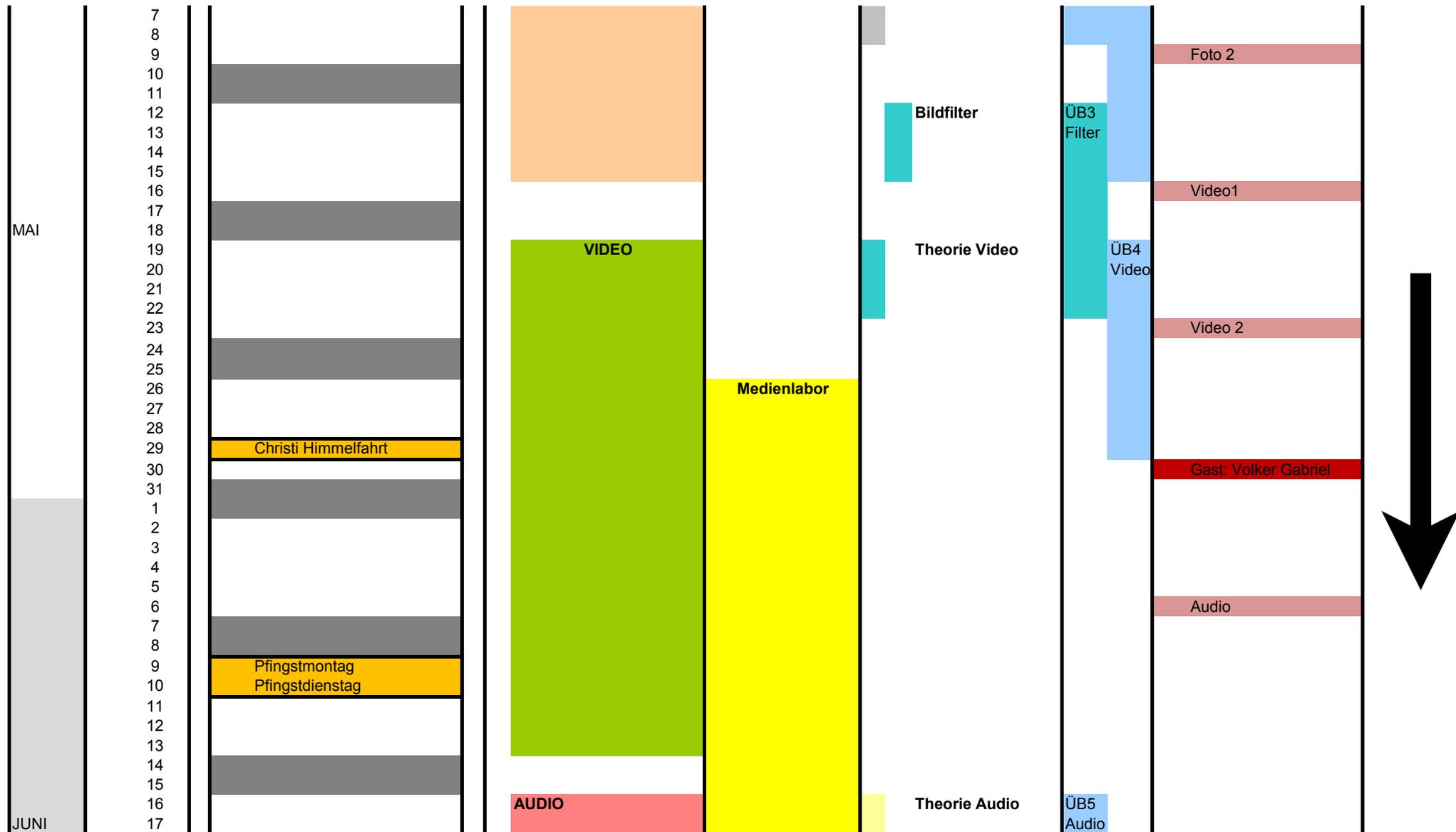
Keine Benotung!

Medientechnik SoSe 2014

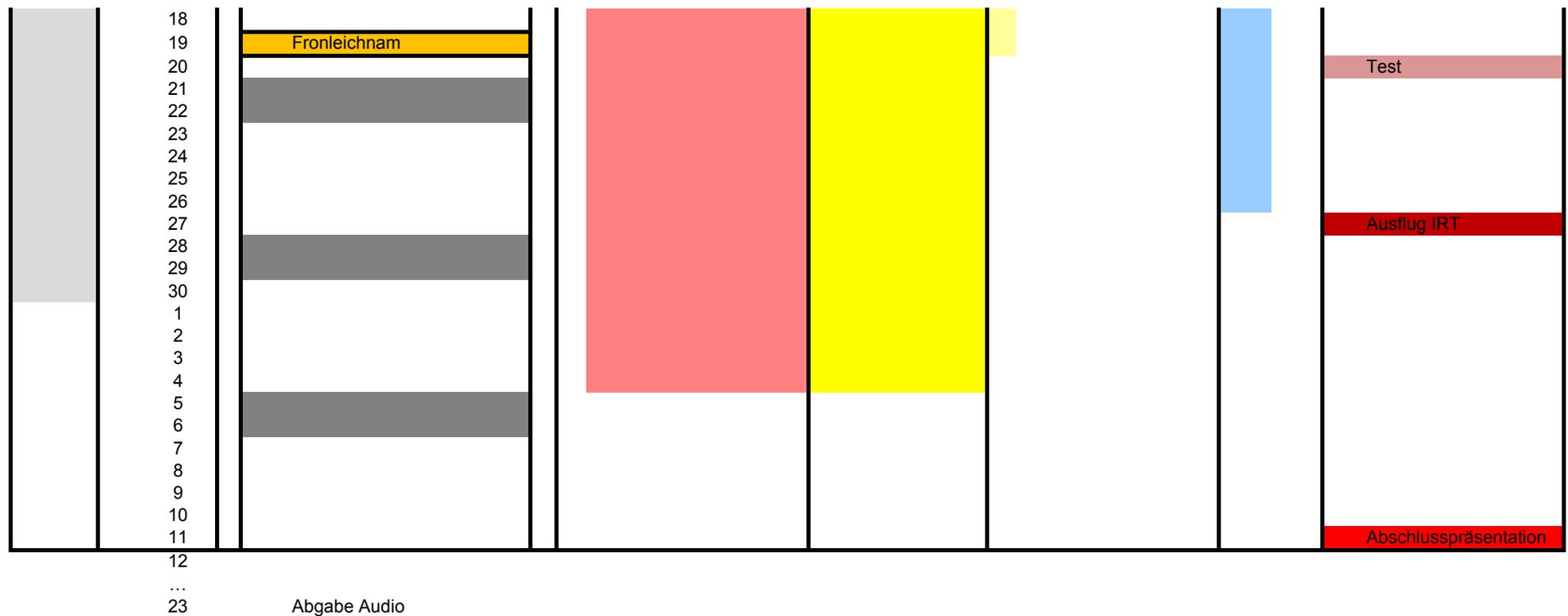
	Datum	Organisation	Praktikum	Medienlabor	Übung	ÜB	Vorlesung
	31						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						
	14		FOTO				Foto 1
	15						
	16						
	17	Osterferien					
	18						
	19						
	20						
	21						
	22						
	23						
	24						
	25						
	26						
	27						
	28						
	29						
	30						
	1	Tag der Arbeit					
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

Der Zeitplan ist vorläufig
und kann sich noch ändern.





Der Zeitplan ist vorläufig
und kann sich noch ändern.



JULI

Der Zeitplan ist vorläufig
und kann sich noch ändern.

Anmeldungen:

**Anmeldeschluss:
Sonntag, 20. April**

Schritt 1 - Vorlesung:

Melden Sie sich über uniworx.ifi.lmu.de zur Vorlesung/Übung **und** zum Praktikum “Medientechnik” an.

Schritt 2 - Übung:

Melden Sie sich über 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 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/MedientechnikSS14> ein.

Drücken Sie dazu dort , **und nicht**

Tabelle bearbeiten

Edit |

<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
- 1.4 Speicherung digitaler Bilddaten (**Online-Video**)
- 1.5 Bearbeitung digitaler Bilder (**Online-Video**)

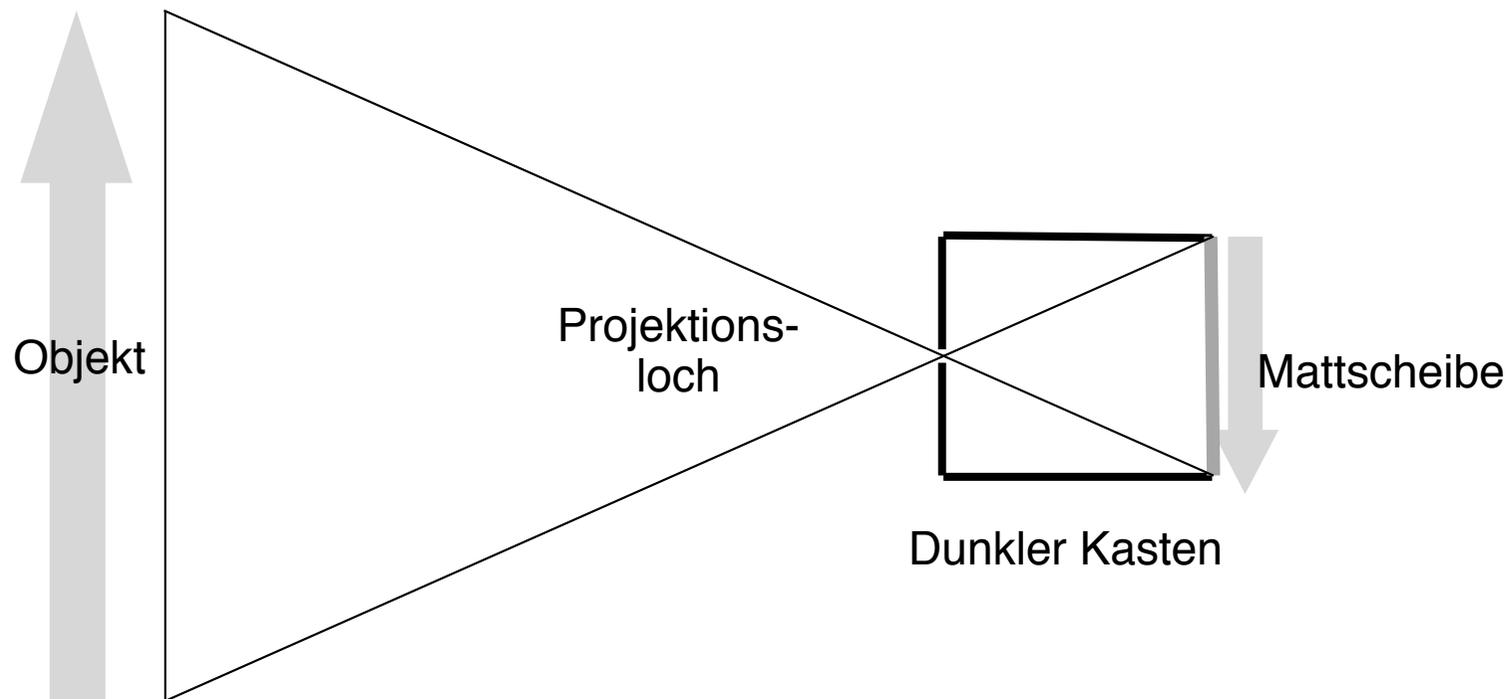
Literatur:

E. Eibelshäuser, Fotografische Grundlagen, dpunkt 2004
C. Banek / G. Banek: Fotografieren lernen Band 1, dpunkt 2010
J. Webers, Handbuch der Film- und Videotechnik, 8. Auflage,
Franzis 2007, 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):

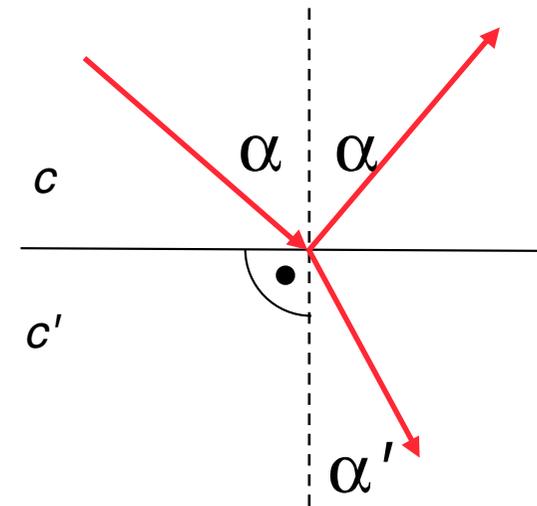
Einfallender Strahl, Einfallslot, gebrochener Strahl: eine Ebene

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

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

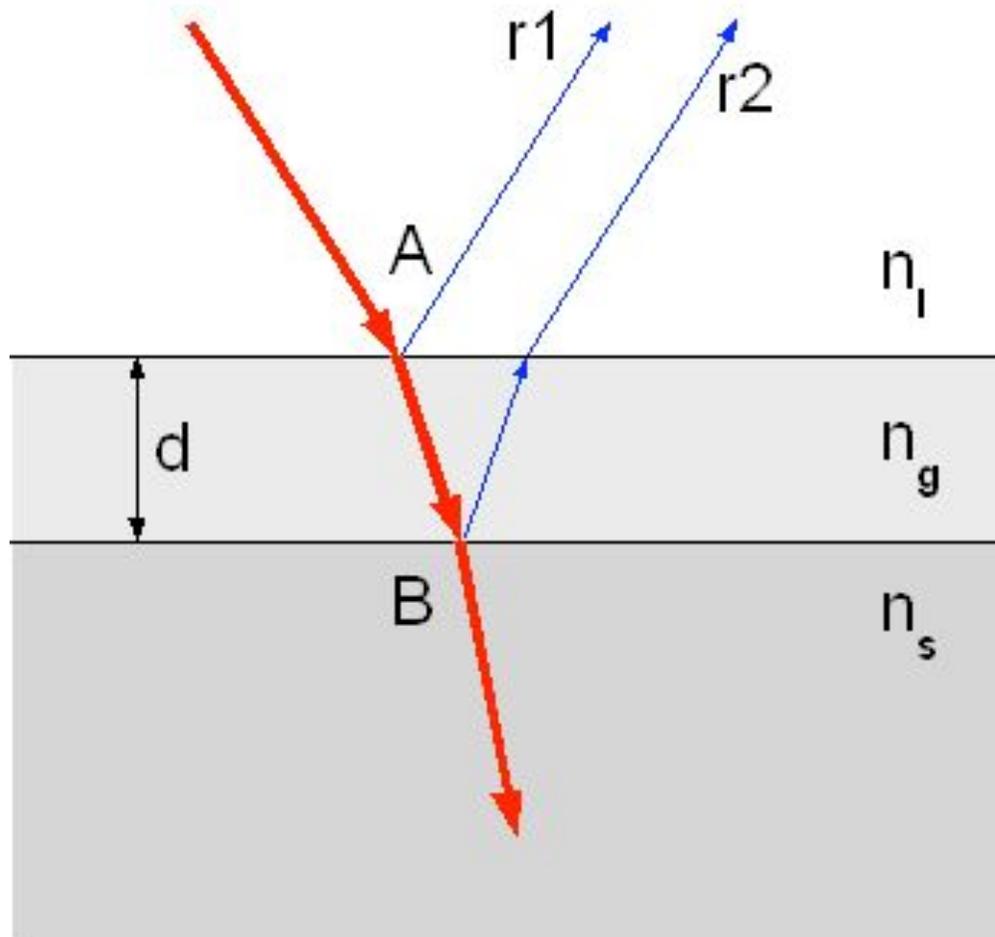
n Brechungszahl

c, c' Ausbreitungsgeschwindigkeiten



Optisches Glas: definierte Brechungszahl

Antireflexbeschichtung (opt. Vergütung)



Dünne reflektierende Schicht
(Metallbedampfung)

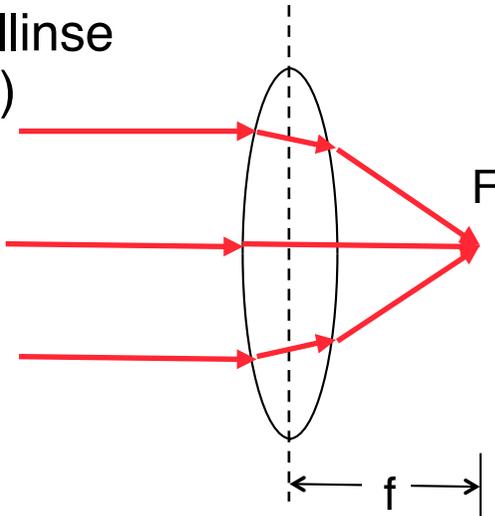
Mehrfache Reflexion mit
Phasenverschiebung der
Lichtwelle

Destruktive Interferenz =
Auslöschung der Reflexion

Bilder: Wikipedia

Linsoptik, Brennweite

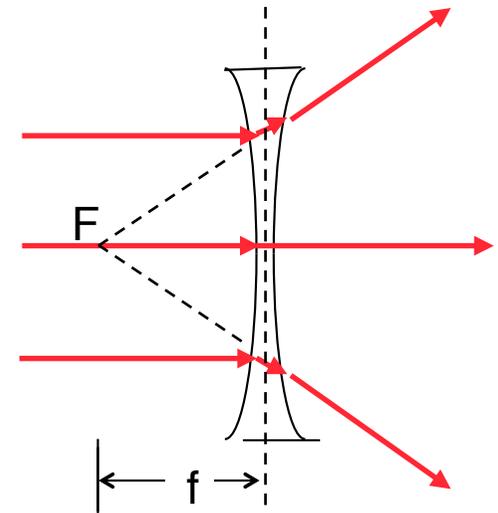
Sammellinse
(konvex)



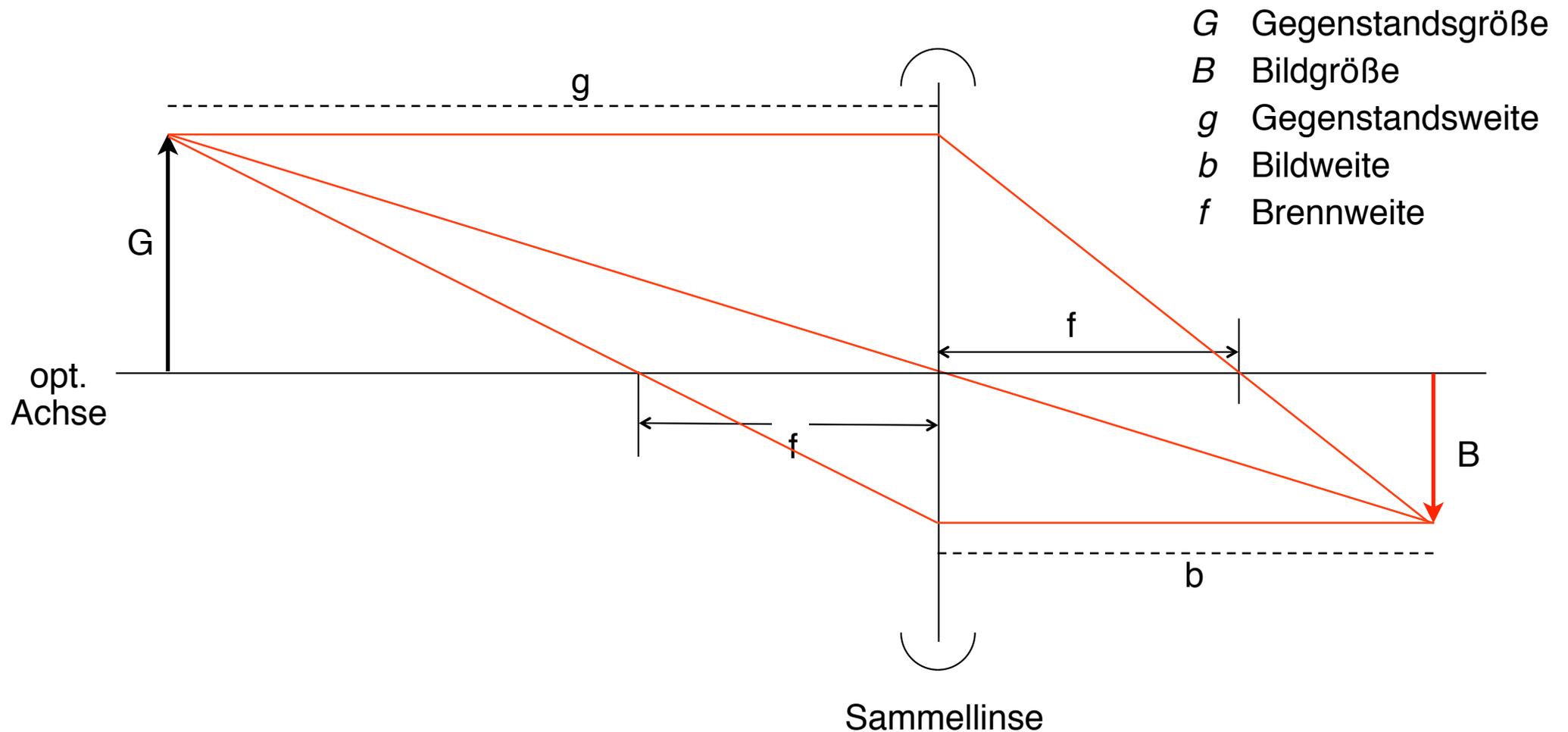
- f = Brennweite (*focal distance*)
- F = Brennpunkt (*focal point*)

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

Zerstreuungslinse
(konkav)

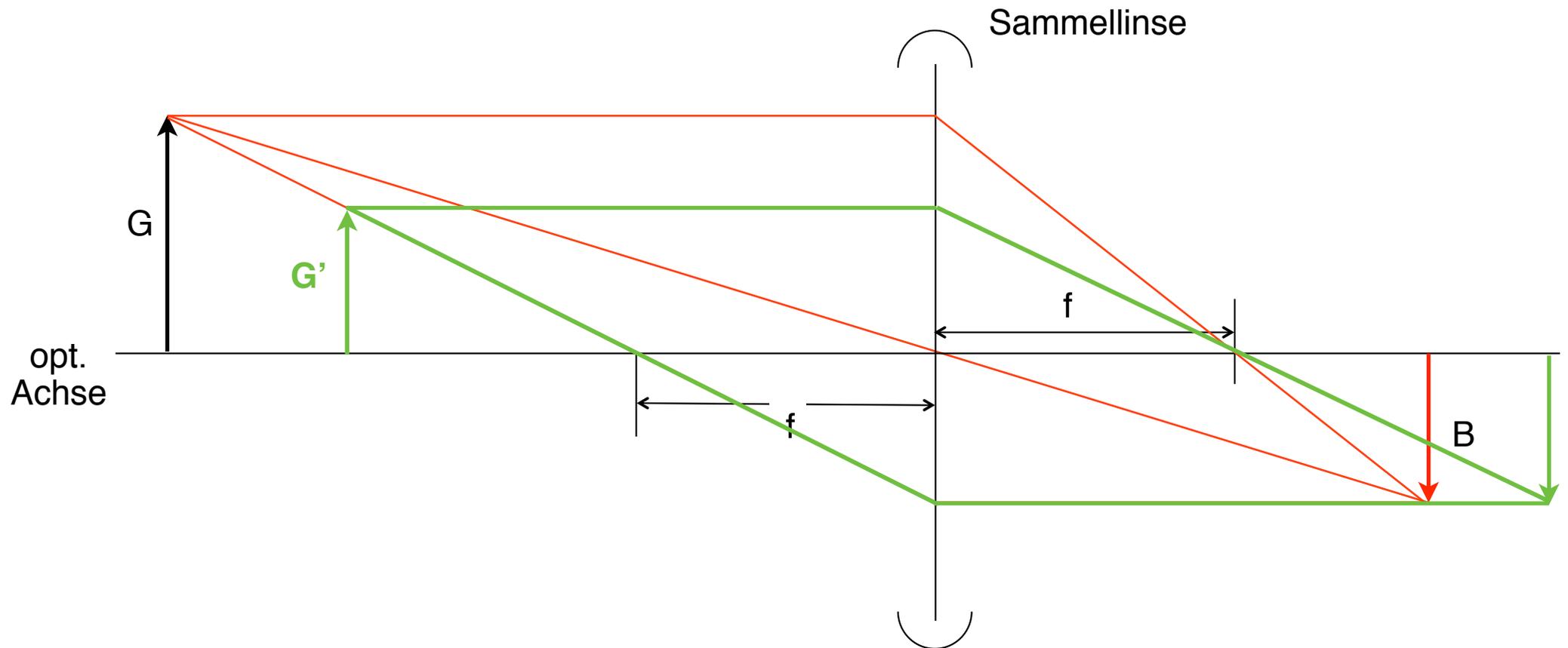


Strahlengang an einer Sammellinse



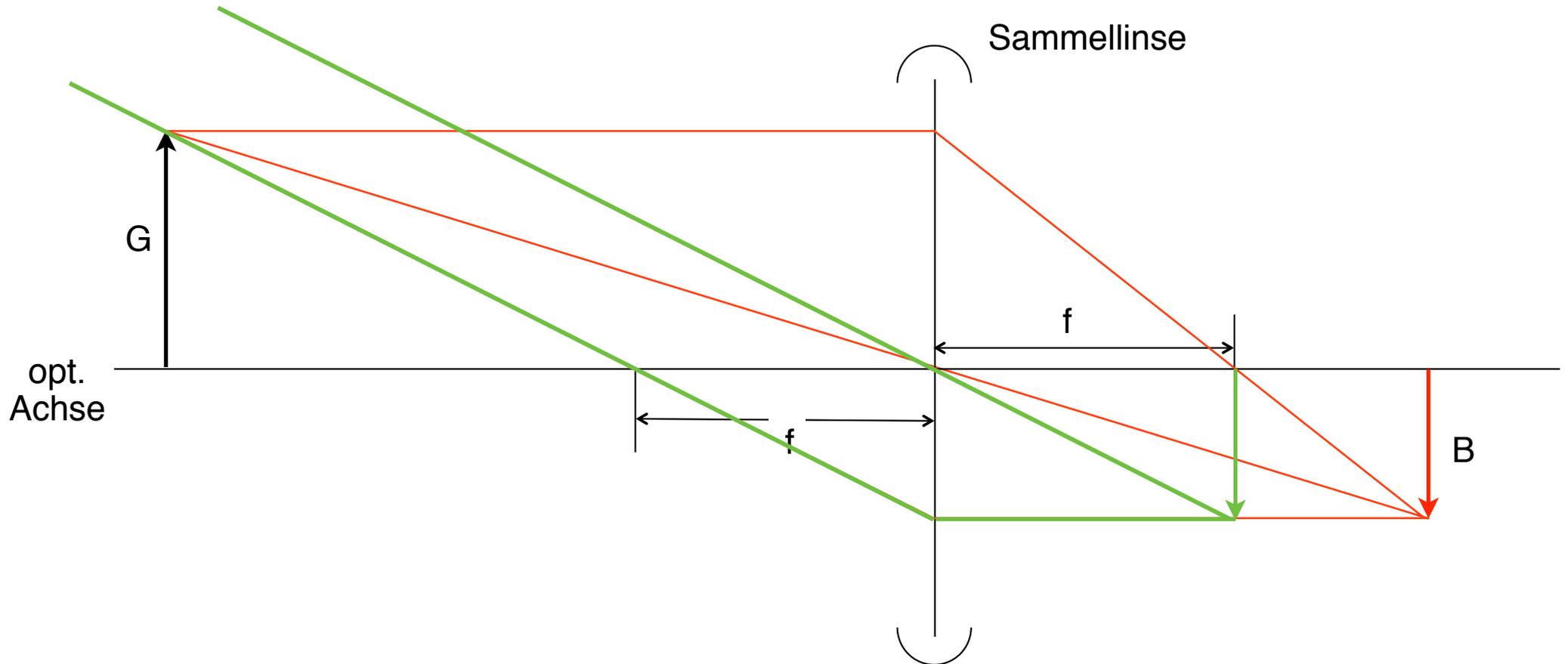
Strahlen, die von einem Punkt eines Gegenstandes G her auf eine Sammellinse fallen, schneiden einander nach dem Durchgang durch die Linse in einem im Bildraum gelegenen Punkt.

Grundidee der Fokussierung



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

Fokussierung “Unendlich”



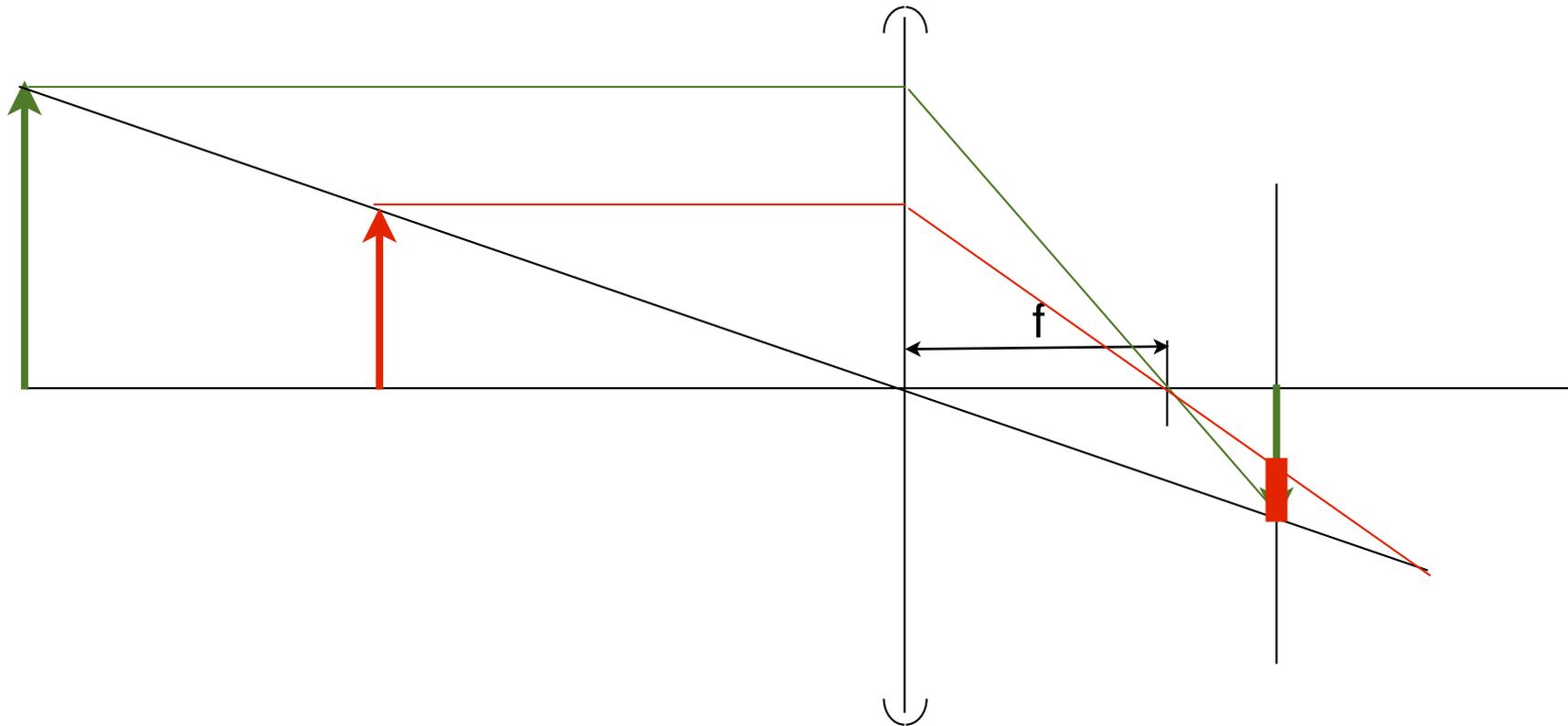
Bildweite gleich Brennweite (Objektiv “ganz eingefahren”)
→ Gegenstandsebene **beliebig weit** (parallele Strahlen)

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

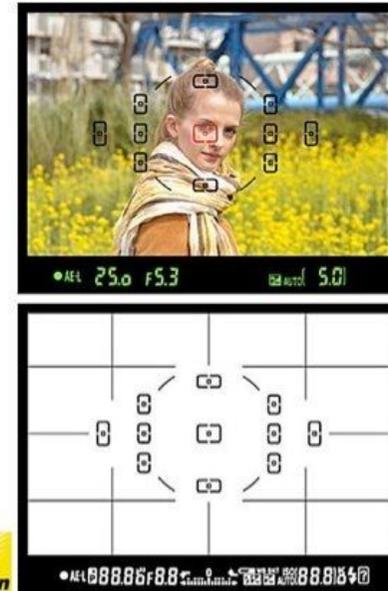
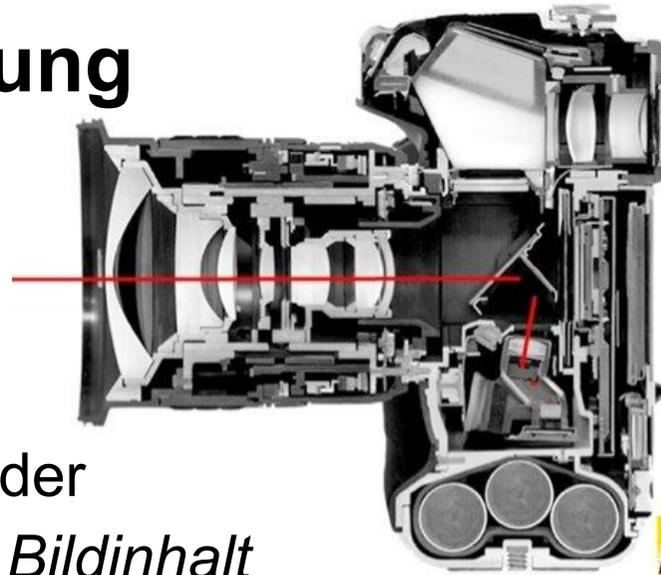
Automatische Fokussierung (Autofocus)

Passive Entfernungsmessung:

Kontrastmessung

Phasenvergleich zweier Halbbilder

Beide Verfahren abhängig vom Bildinhalt



Nikon

Bildquelle: Nikon,
von fotointern.ch

Aktive Entfernungsmessung:

Ultraschall oder Infrarot-Licht

Strahl wird ausgesendet, reflektiert und empfangen

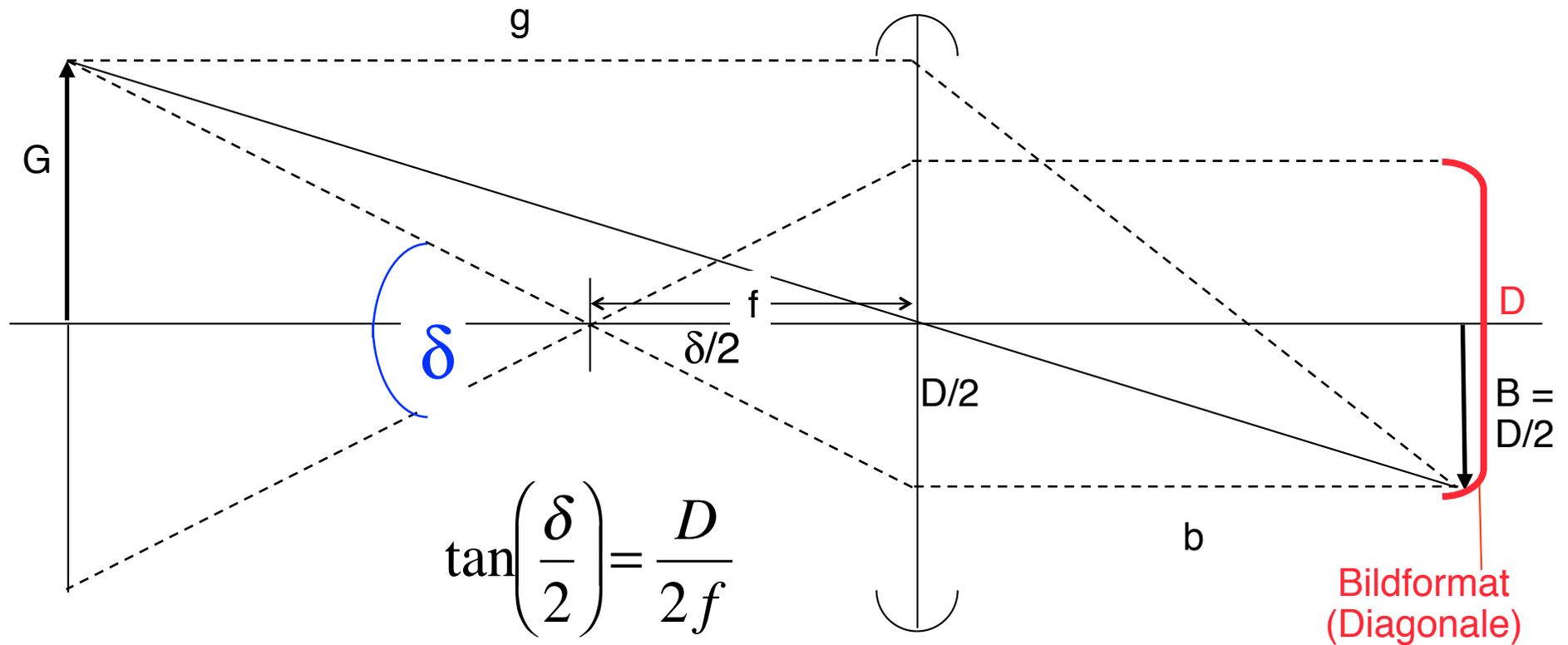
Fortgeschrittene Funktionen:

Mehrfeldmessung mit manueller oder automatischer Auswahl

Objektverfolgung und Bewegungsprädiktion

Schärfepriorität vs. Auslösepriorität

Bildwinkel



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

Objektivbrennweiten und Aufnahmeformat

"Normalobjektiv":

- Brennweite = Bildformat-Diagonale
- Bildwinkel ungefähr 45°
- 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
- Hier sind ca. 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

Normalobjektiv:

- Bildwinkel ca. 45°

Teleobjektiv:

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

Weitwinkelobjektiv:

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

Zoomobjektiv:

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

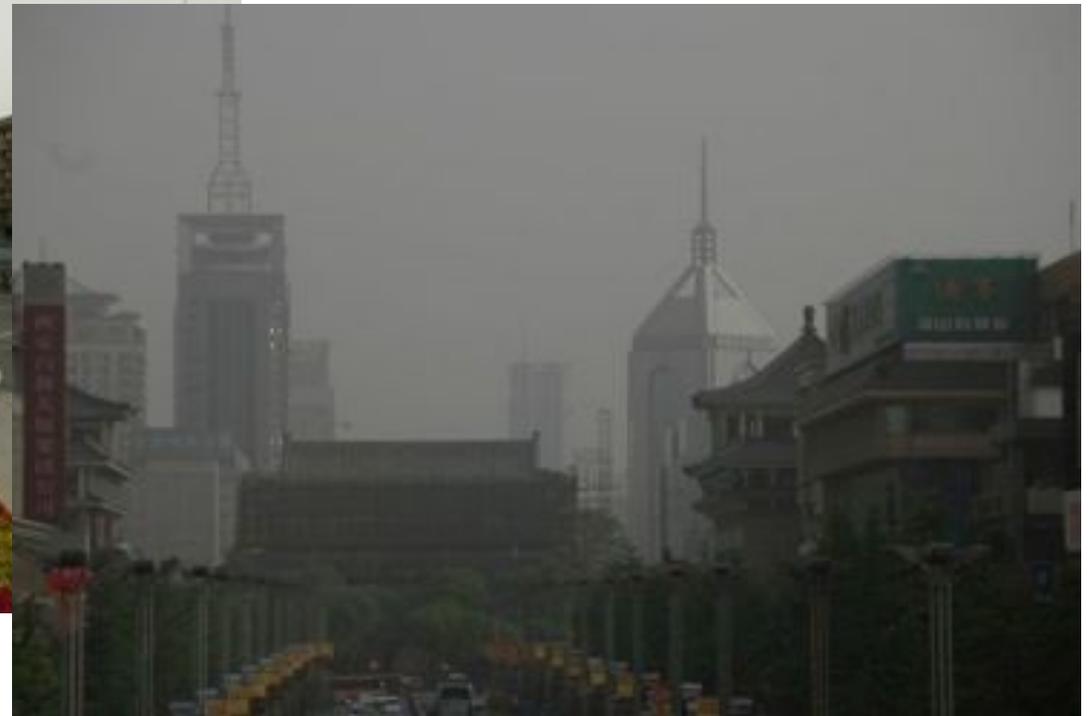


Verschiedene Perspektiven

Weitwinkel: räumliche Tiefe



Tele:
"Heranholen" entfernter Objekte,
Verflachung

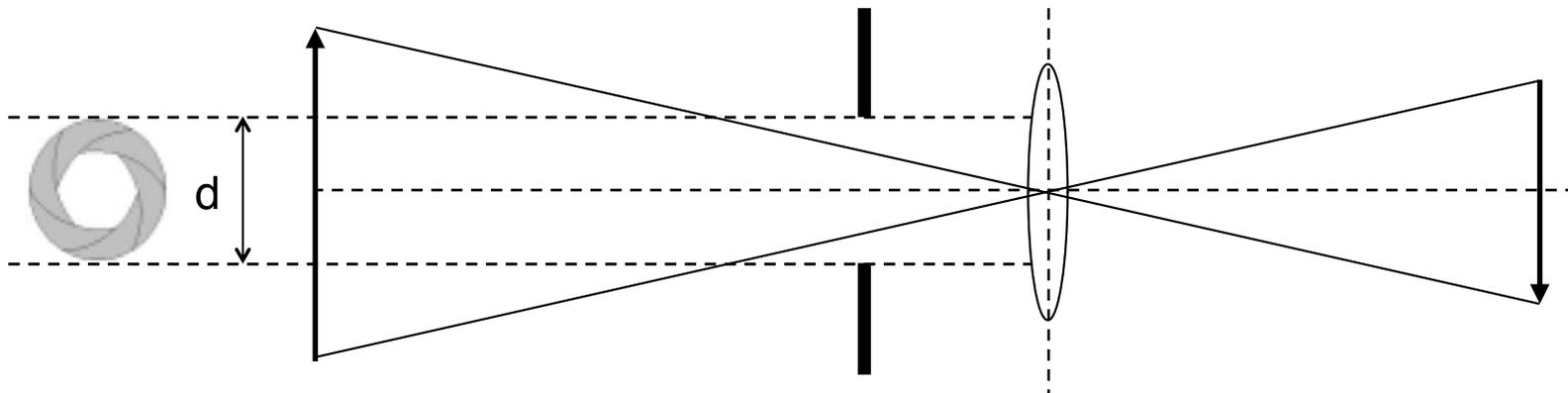


Xi'an, China

Blendenöffnung

Objektive haben nur einen endlichen Durchmesser der Eintrittsöffnung

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

1 bedeutet: 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

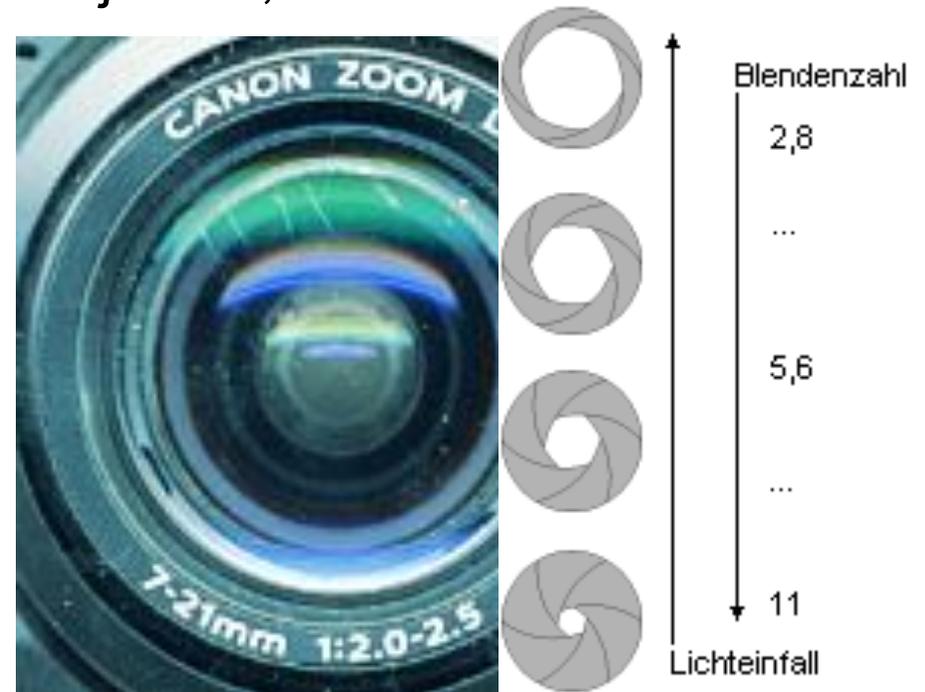
Bei Zoomobjektiven variiert oft die
Lichtstärke mit der Brennweite

Beispiel: f = 7-21 mm

1:2.0-2.5 bedeutet hier:

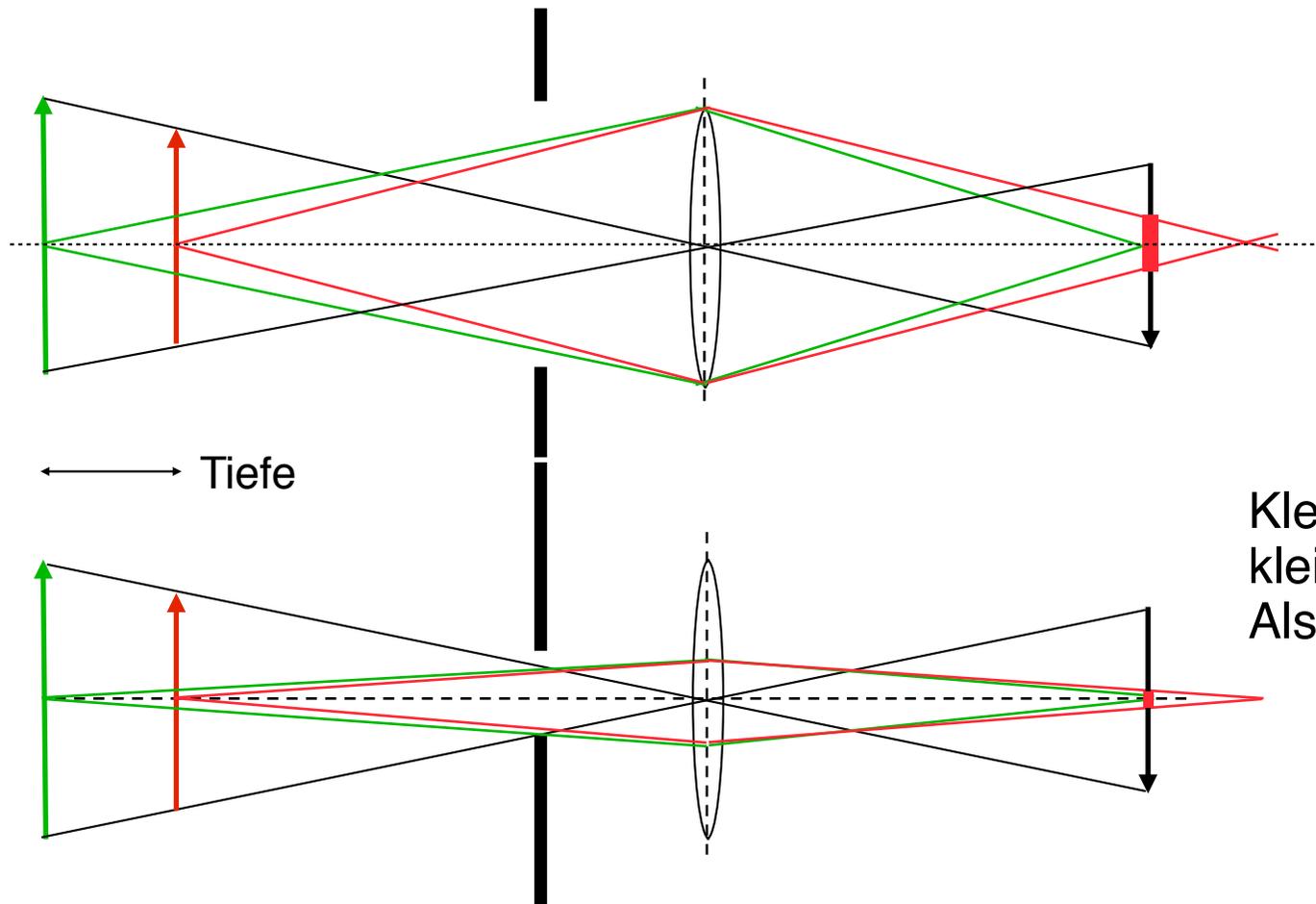
Lichtstärke 2.0 bei 7 mm;

Lichtstärke 2.5 bei 21 mm



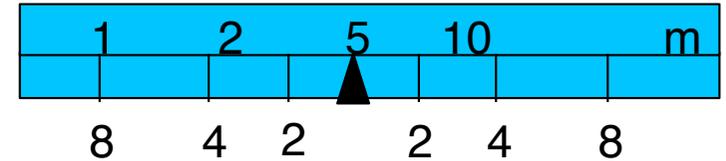
Schärfentiefe (1)

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



Kleine Pupillenöffnung:
kleine Zerstreungskreise
Also „mehr Schärfentiefe“

Schärfentiefe (2)



Schärfentiefe (auch „*Tiefenschärfe*“):

Zulässiger Tiefenunterschied zwischen Gegenständen einer Szene, so dass Zerstreuungskreis innerhalb gegebener Schärfetoleranz liegt.

Höhere Schärfentiefe wird erreicht durch...

- ... kleinere Blendenöffnung (höherer Blendenwert)
- ... kürzere Brennweite (größerer Bildwinkel)
- ... weitere Aufnahmeentfernungen
- ... kleineres Aufnahmeformat (!)



Beispiel: Schärfentiefe



Blende 5,6
Belichtungszeit 1/125 s

Kreatives Arbeiten mit Schärfentiefe erfordert großes Sensorformat !

Blende 29
Belichtungszeit 1/6 s



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

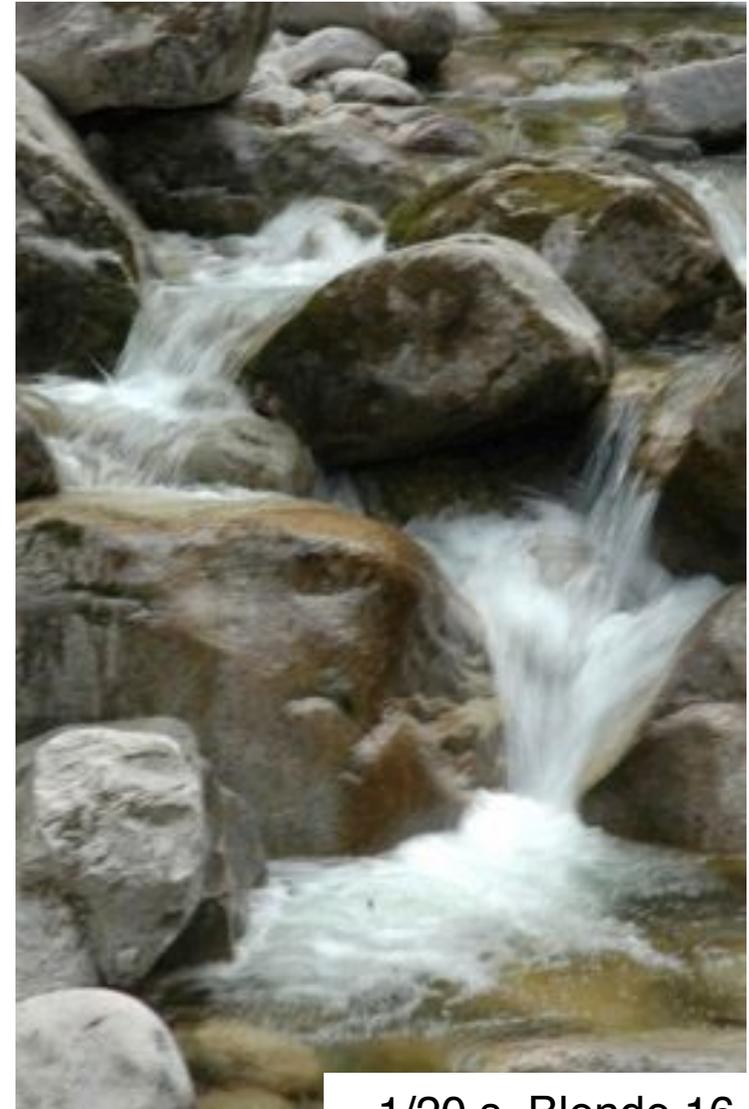
Bildquelle:
Rainer Knäpper,
Lizenz: [artlibre](#)

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

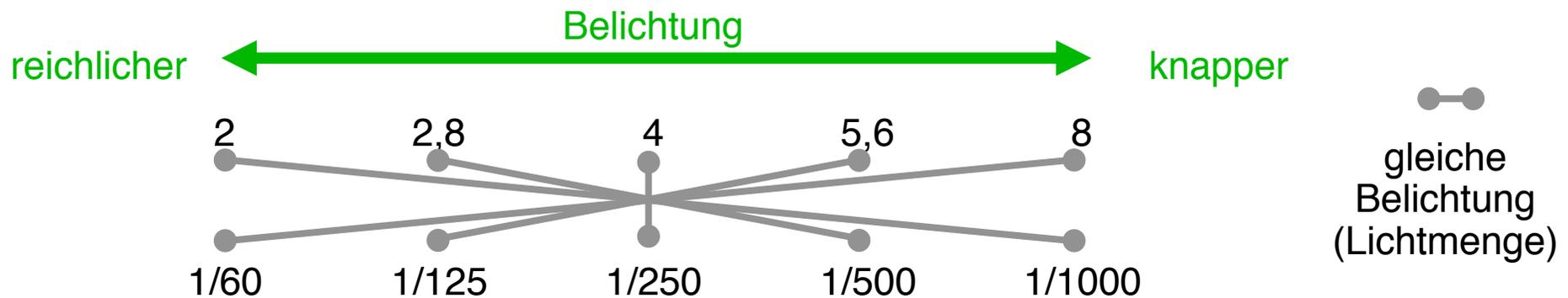


Belichtungsstufen, Zeit, Blende

Effektive Lichtzufuhr für die Aufnahme

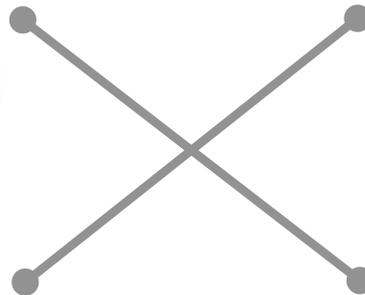
gemessen in Belichtungsstufen (*Exposure Value, EV*)

erreichbar durch verschiedene Zeit-/Blenden-Kombinationen



Kürzere Belichtungszeit:
"Einfrieren" von Bewegung

Höhere Belichtungszeit:
Bewegungsunschärfe



Geschlossene Blende:
Hohe Schärfentiefe

Offene Blende:
Geringe Schärfentiefe

Belichtungsautomatiken

Berechnung von Zeit-/Blenden-Kombination
abhängig von Situation und Vorgaben

Vollautomatik (“AUTO”)

Programmautomatik (“P”):
Manuell beeinflussbar

Zeitvorwahl (“S” oder “Tv”) - *speed, time*
Zeit vorgegeben, Blende wird eingestellt

Manuell (“M”)

Blendenvorwahl (“A” oder “Av”) - *aperture*
Blende vorgegeben, Zeit wird eingestellt

Motivprogramme (“Scene”)
Einstellung vielfältiger Kameraparameter
(z.B. Autofocus, Empfindlichkeit, ...)



Nikon D7000



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

Farbtemperatur: Spektralverteilung für "weißes Licht"
ausgedrückt als Temperatur eines idealen "Schwarzen Strahlers"

Extrem wichtig für subjektive Farbempfindung

Wichtigste Farbtemperaturen:

Glühlampe: ca. 2800 K

Halogenlampe: 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



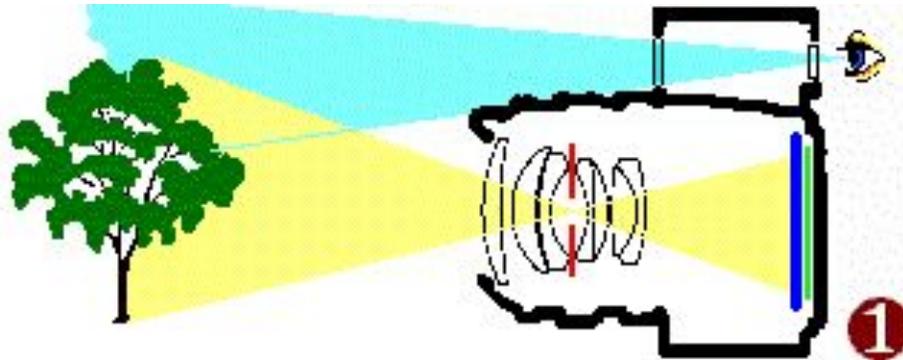
Automatischer
Weißabgleich
(bei Tages- oder
Kunstlicht)

Tageslicht, aber
Weißabgleich auf
Kunstlicht

Kunstlicht, aber
Weißabgleich auf
Tageslicht



Sucherkamera und Spiegelreflexkamera

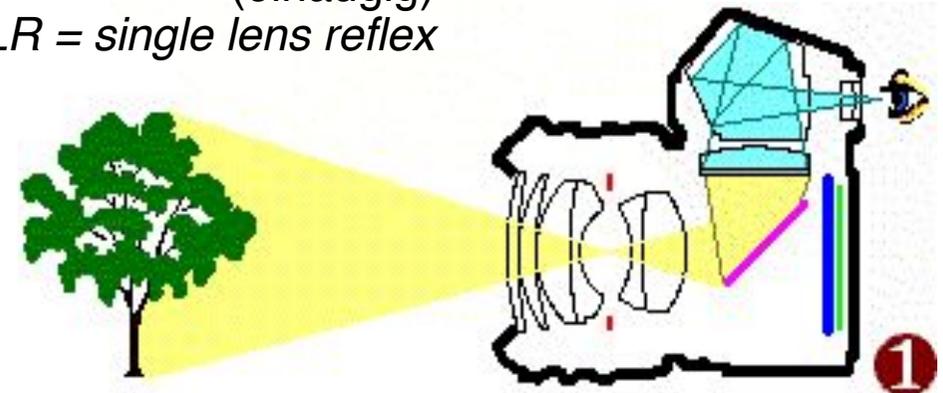


- + Optimale Anpassung an wechselnde Objektive (Sucherbild immer richtig)
- + Beurteilung von Schärfentiefe im Sucher möglich

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

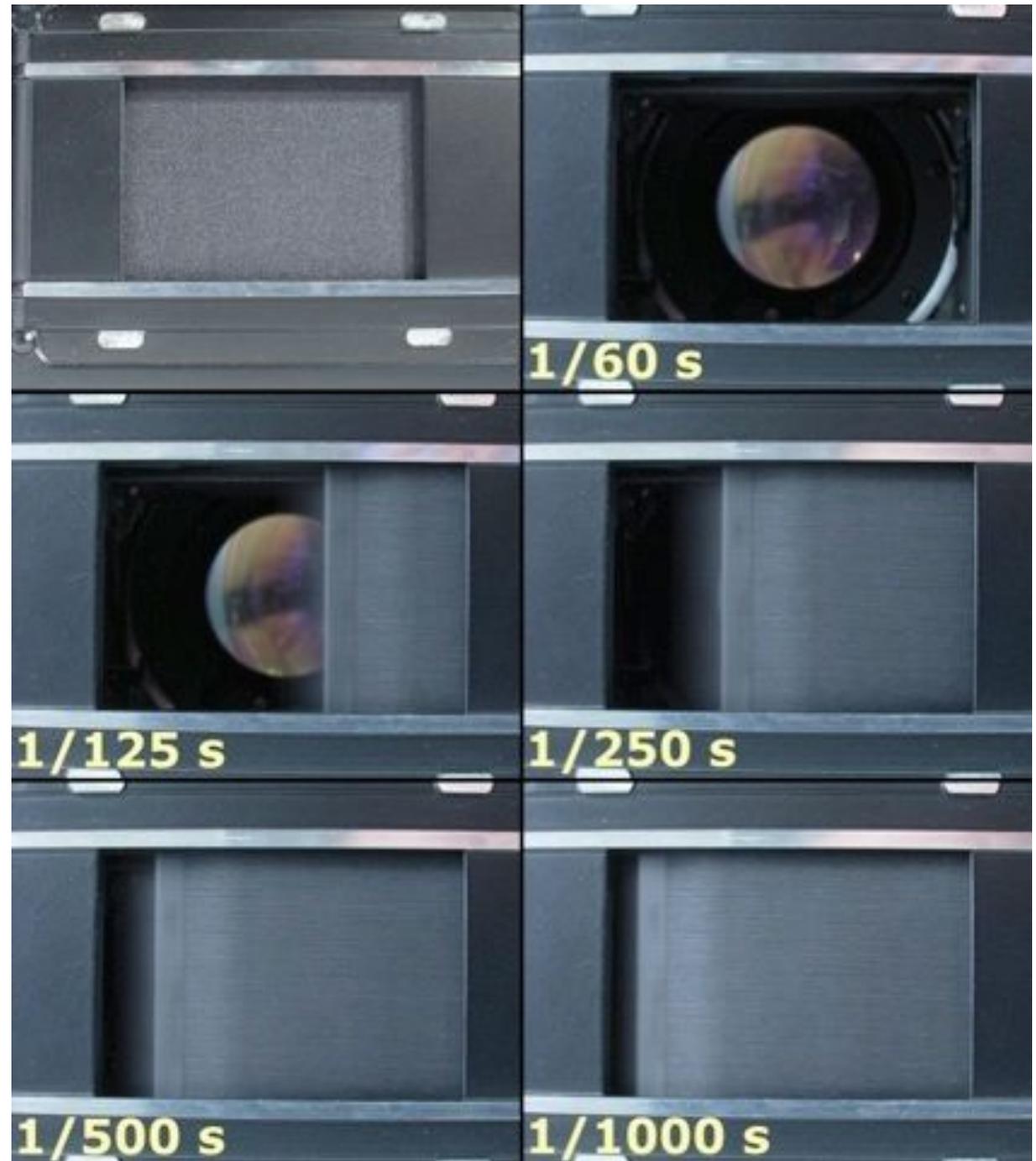
Verschluss öffnet
langsamer als
Leuchtdauer des
Blitzes

"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

Blitz gegen Decke oder mit Reflektor, mehrere Geräte
Vermeidet unschöne Beleuchtungseffekte (z.B. "rote Augen")
Besonders gut durch TTL-Messung unterstützt

Langzeitsynchronisierung

Lange Belichtungszeit, um vorhandenes Licht mitzunutzen
Entscheidung über Blitzzeitpunkt ("rear sync" für Bewegungssillusionen)

Studio-Blitzanlagen

Mehrere synchronisierte Blitzgeräte, erlauben systematische Ausleuchtung
Belichtung meist durch Testserien, Blitzgeräte regelbar

1. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung

- 1.1 Grundlagen der Fototechnik
- 1.2 Digitale Fotografie 
- 1.3 Einführung in die fotografische Bildgestaltung
- 1.4 Speicherung digitaler Bilddaten (***Online-Video***)
- 1.5 Bearbeitung digitaler Bilder (***Online-Video***)

Literatur:

J.+R. Scheibel, Fotos digital – Basiswissen, vfv 2000

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

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

<http://www.photo.net>

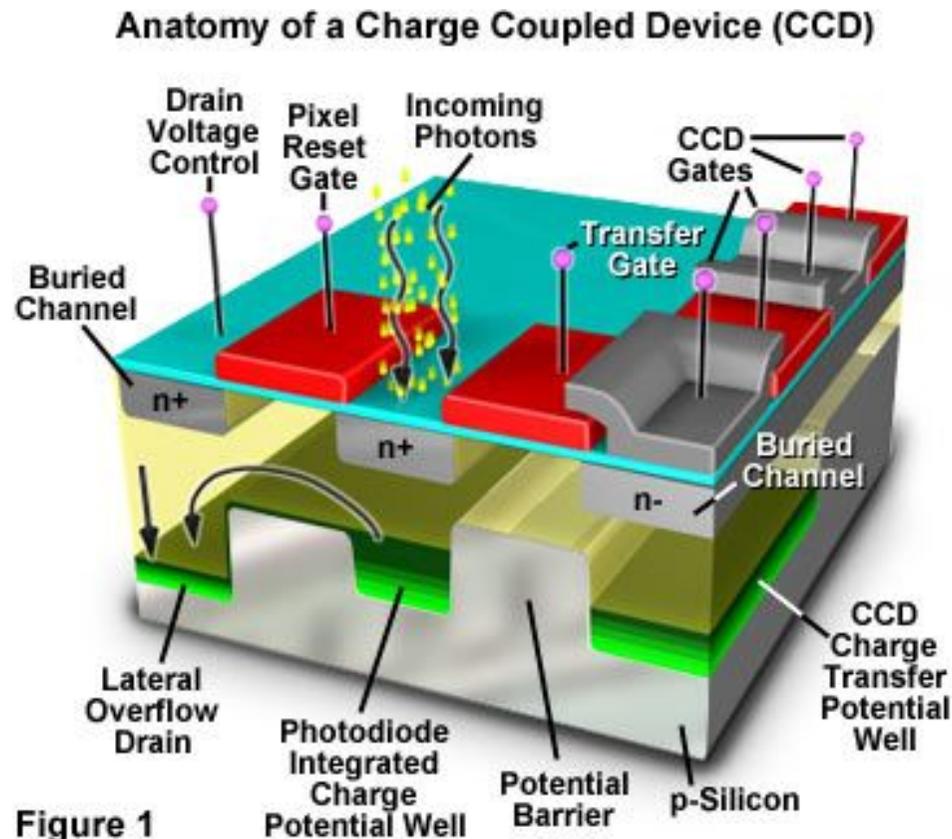
Geschichte der Digitalfotografie

- 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)

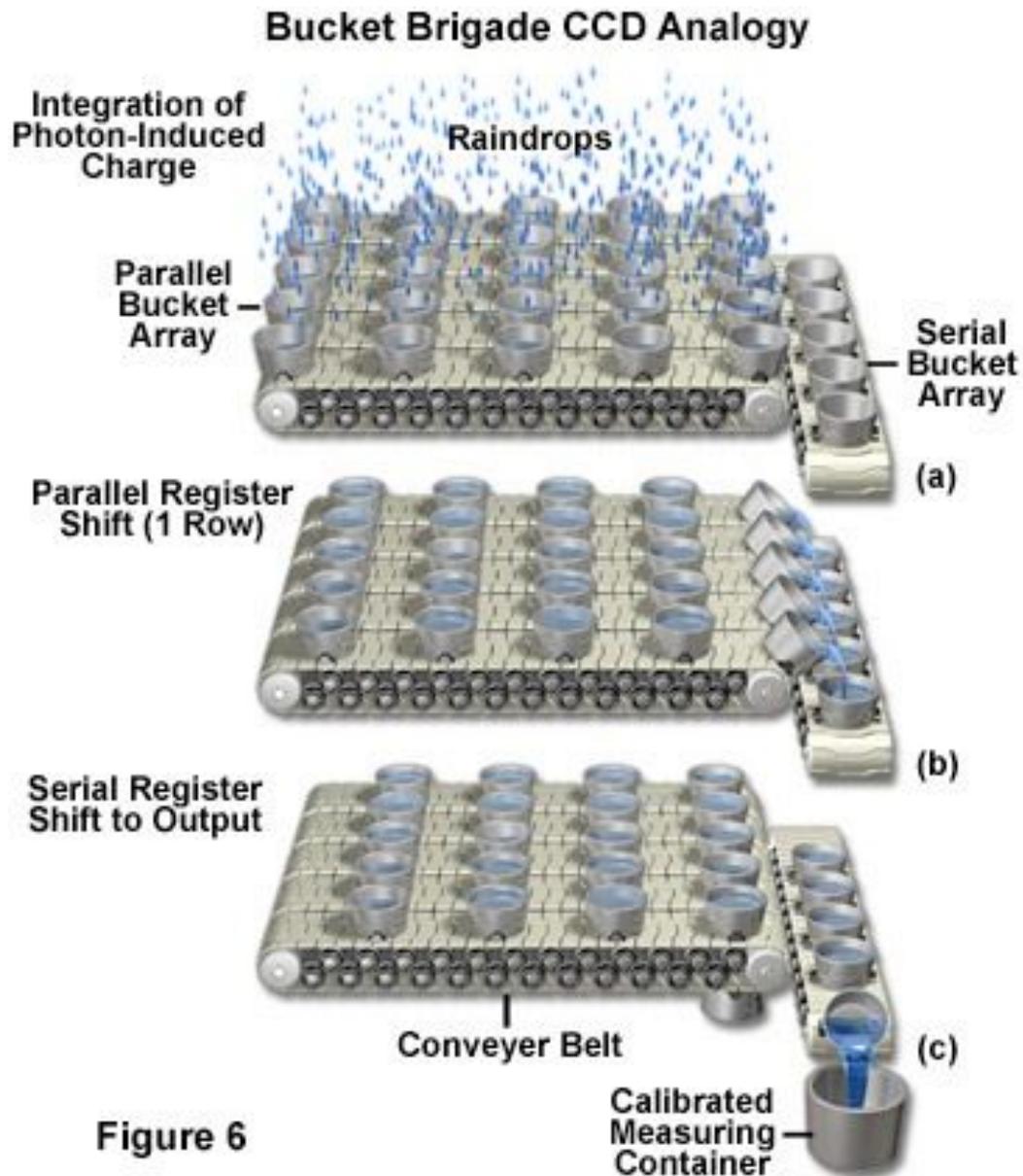
Elektronen werden gesammelt (*charge potential well*), Löcher im Substrat absorbiert

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"



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

Elektronischer Verschluss

Speziell konstruierte CCDs erlauben es, durch ein externes Signal alle Fotodioden gleichzeitig zu entladen und nach einer bestimmten Zeit den Ladungstransfer einzuleiten.

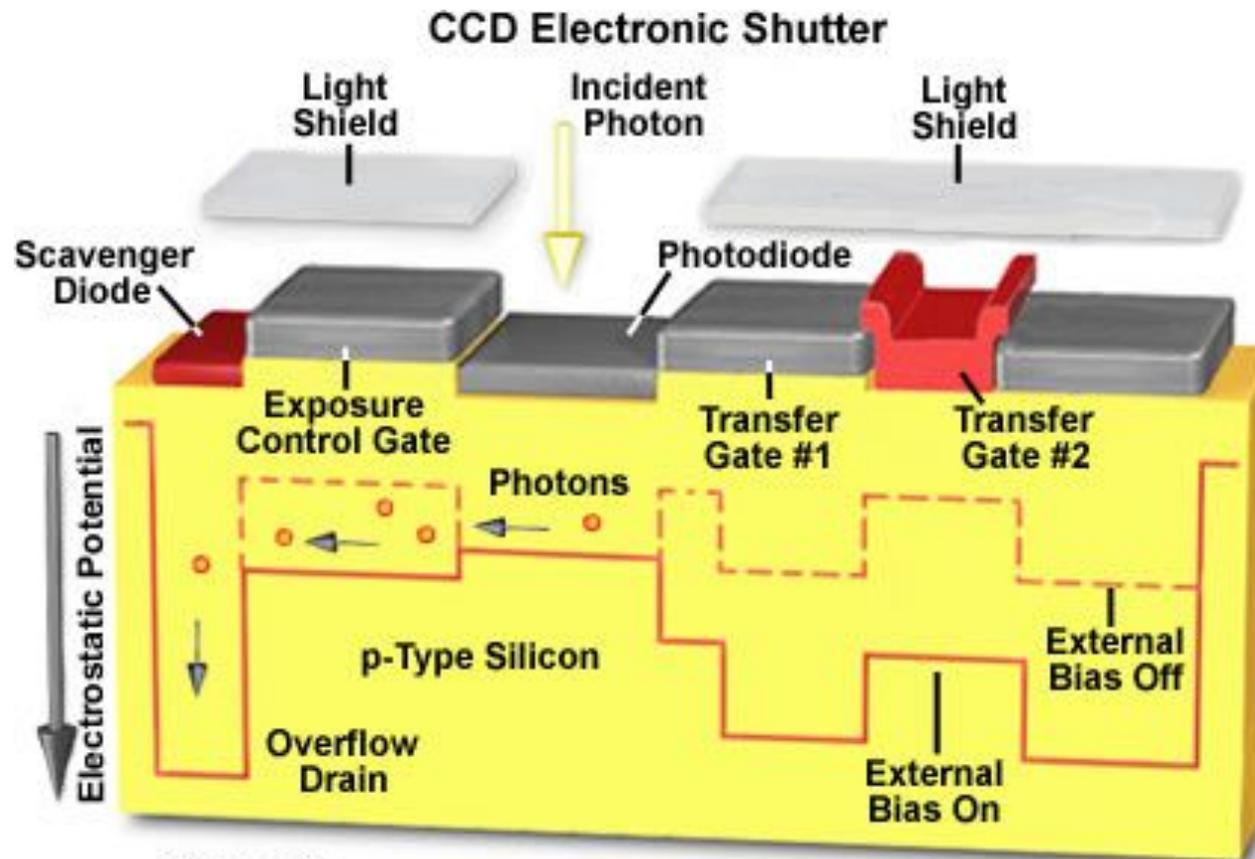
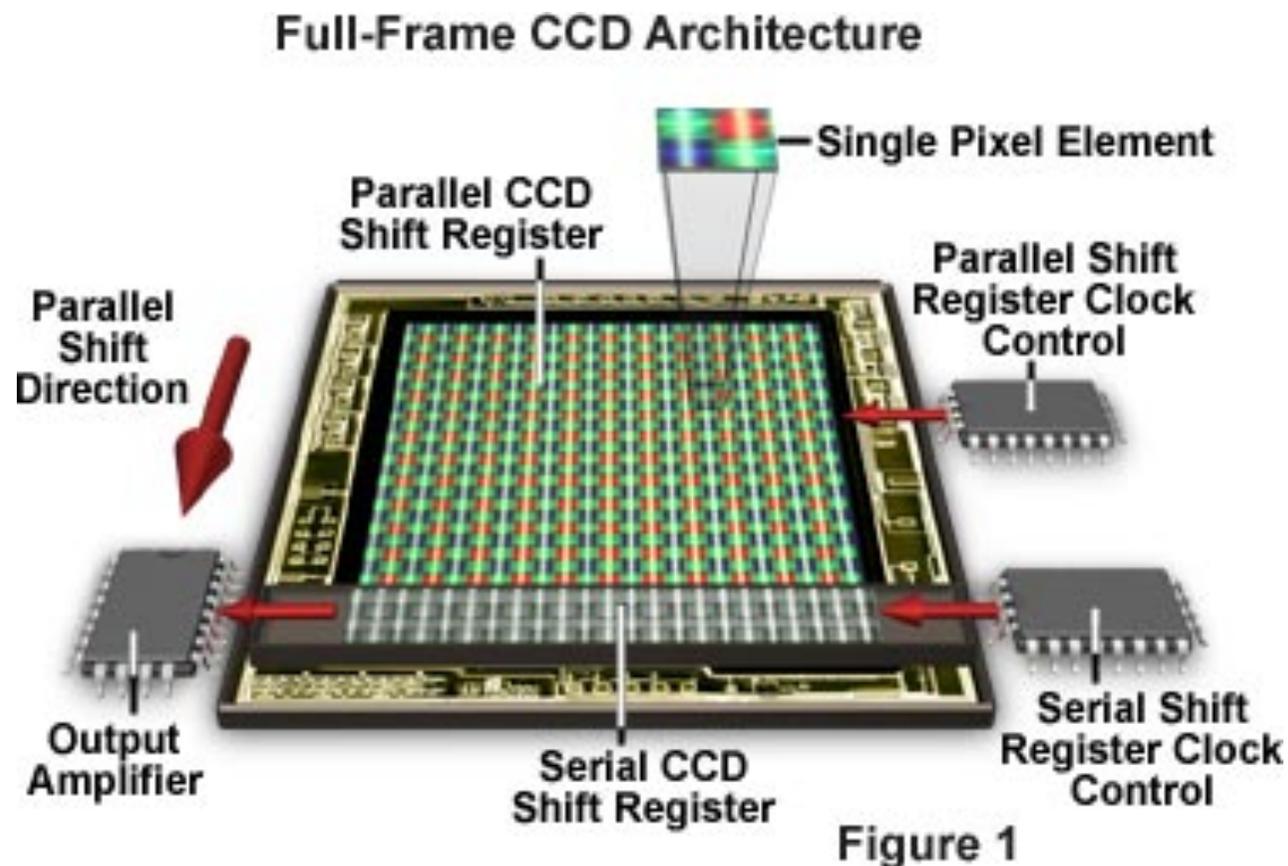


Figure 1

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

Full-Frame CCD-Architektur

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



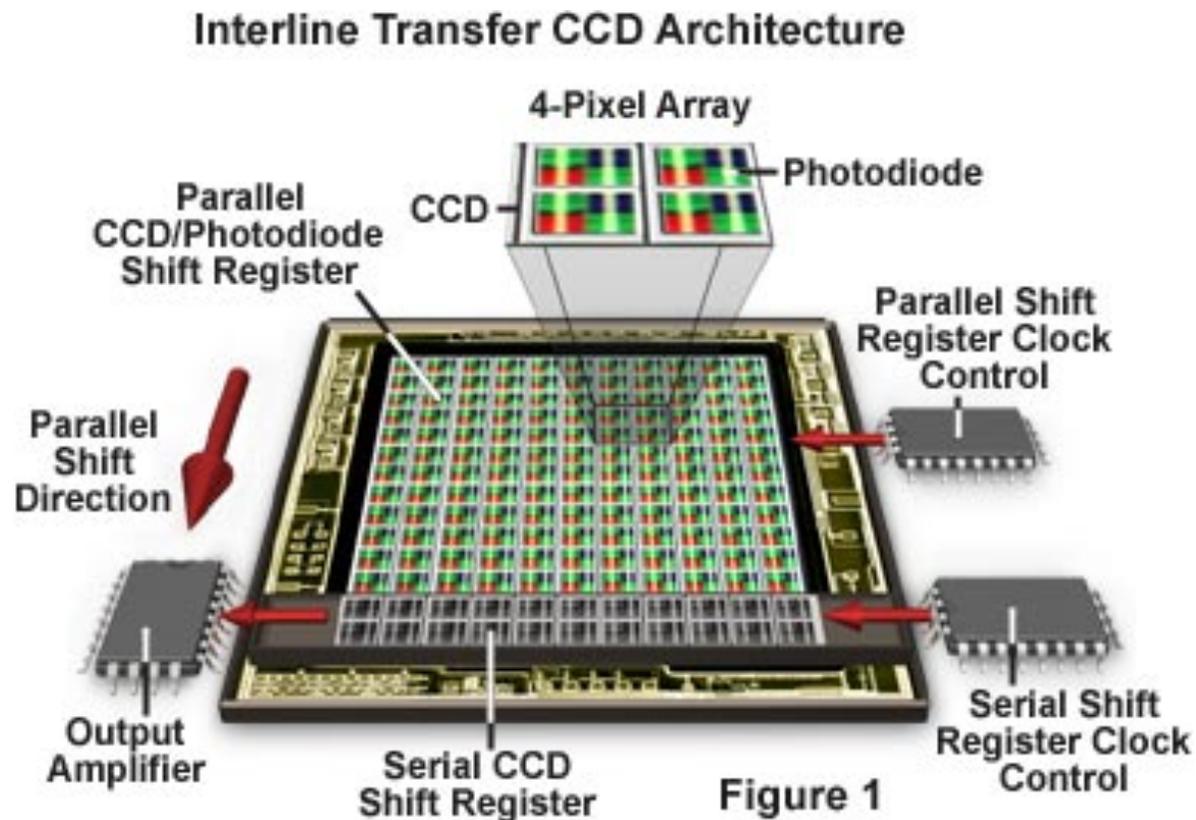
<http://learn.hamamatsu.com/articles/fullframe.html>

Interline Transfer CCD-Architektur

Jede Zelle: lichtempfindlicher Anteil und speichernder Anteil

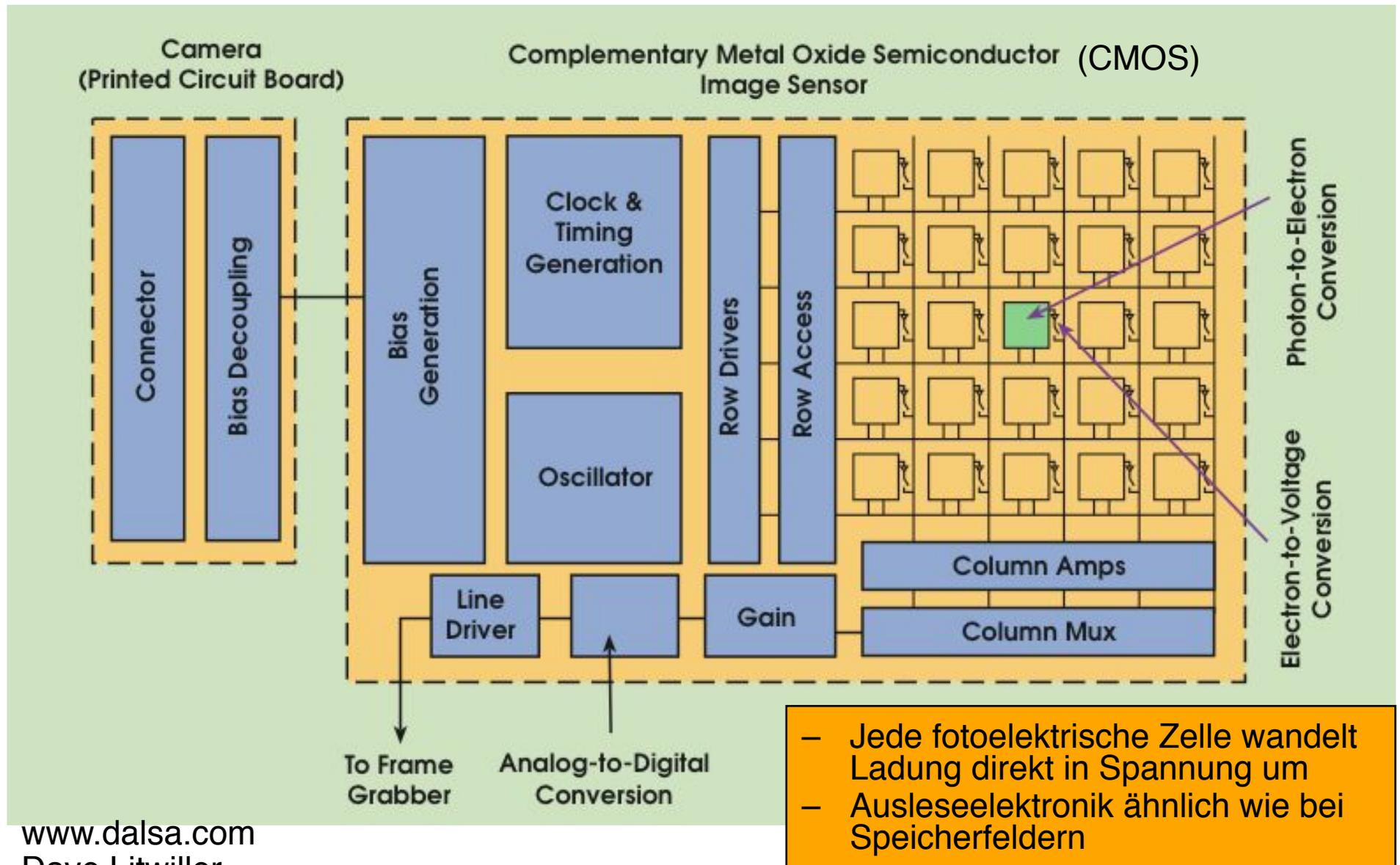
Nur die Hälfte der Sensorfläche für Lichtaufnahme genutzt

Elektronische "Verschluss"-Steuerung



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

CMOS-Bildsensoren



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

