

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

MATHEMATISCH-
NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT
FACHBEREICH INFORMATIK
INFORMATIONSDIENSTE

Digitale Fotografie für das Web

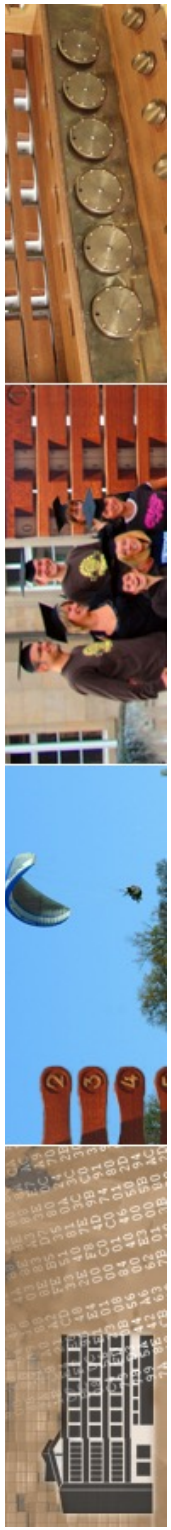
MEINF4330

Grundlagen der Fotografie I

Physik

15.10.2026

Version 1.0

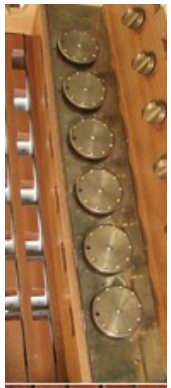


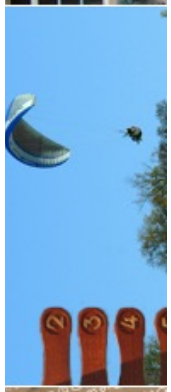
EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

der “rote Faden“



© 2026 Universität Tübingen



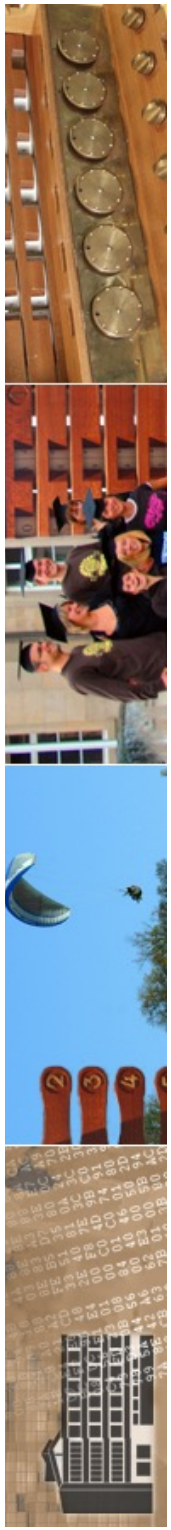



die nächsten Inhalte

- Bauprinzipien von Kameras – (fast) egal ob analog oder digital

- der Weg zur korrekten Aufnahme
  - **Fokussieren**
  - **Belichten**
    - Blende
    - Zeit
    - Empfindlichkeit

© 2026 Universität Tübingen

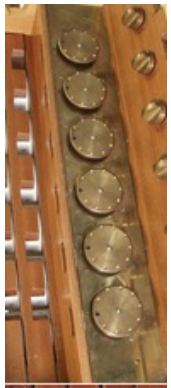


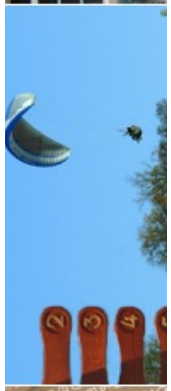
EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

wir wollen das verstehen



© 2026 Universität Tübingen



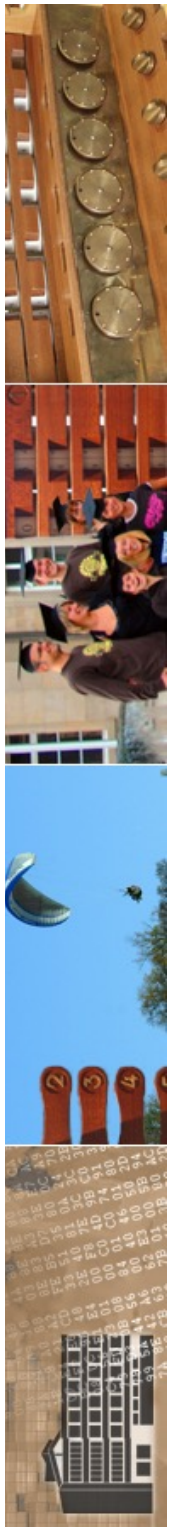



analog oder digital

- analoge Kamera: Belichten auf Film (Rollfilm), der danach entwickelt (Verstärken der Belichtung) und fixiert (dauerhaft machen) gemacht werden muss
- digitale Kamera: statt Film lichtempfindlicher Sensor, der direkt eine Aufnahmedatei bereit stellt

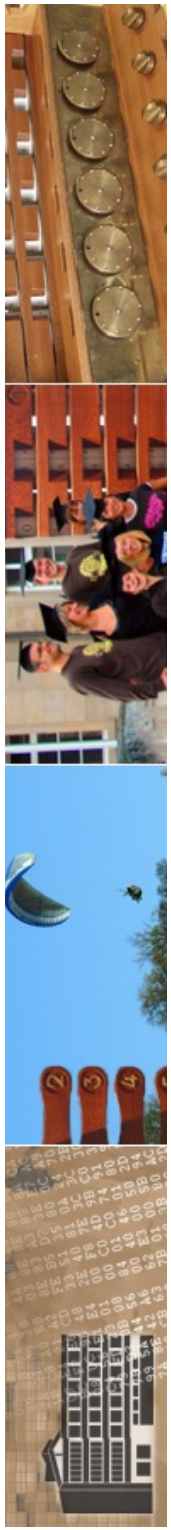
- **gleiche Grundprinzipien!**

© 2026 Universität Tübingen



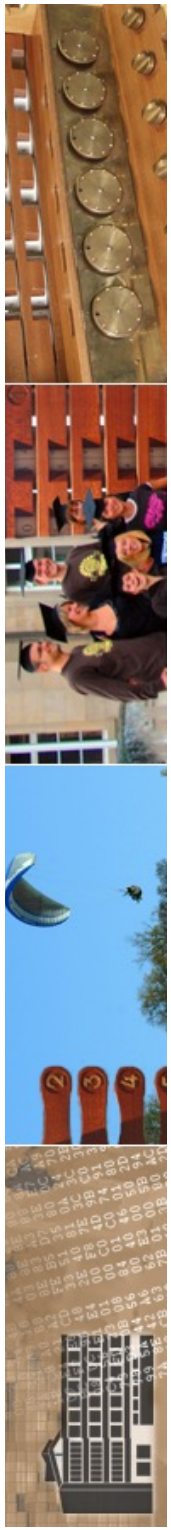
remember…

- Kleinbild: **36mm x 24mm** (3 : 2)
  - Mittelformat: „größer als Kleinbild“ ☺
    - quadratisch, 5 : 4 oder 4 : 3
  - APS-C: etwa halbes Kleinbild (3 : 2)
  - Four-Thirds: 17,3mm x 13mm (4 : 3)
  - Micro-Four-Thirds
    - kleines Auflagenmaß (19mm)



Prinzipien der Kameragehäuse

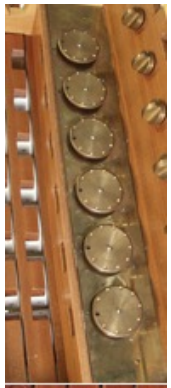
- verschiedene grundlegende Architekturen
  - Laufbodenkamera
  - Sucherkamera (RF: RangeFinder)
  - Spiegelreflex (SLR: Single Lens Reflect)
  - weitere Sondertypen wie die „zweiäugige Rollei“

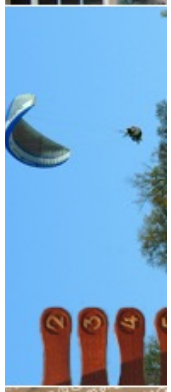


Laufbodenkamera (ab ca. 1880)



© 2026 Universität Tübingen



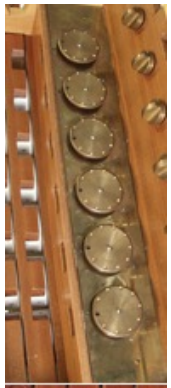


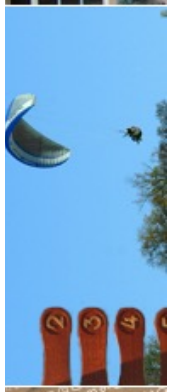

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Linhof (München)



© 2026 Un
Tübingen








1910: Linhof Ganzmetall-Kamera



1911: V. Linhof München, 9×12 Hochformat



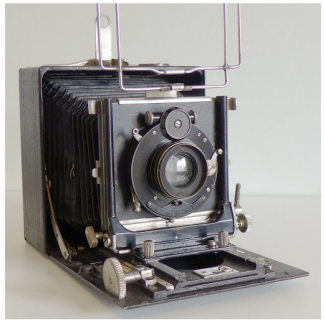
1911: "V. Linhof München" 9×12 cm Quadrat



1927: Linhof 10×15, Quadrat



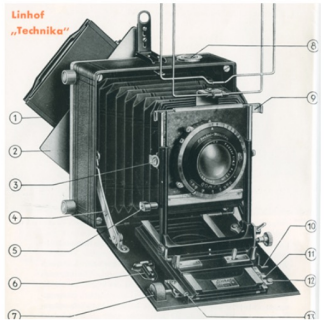
1934: Ur-Technika



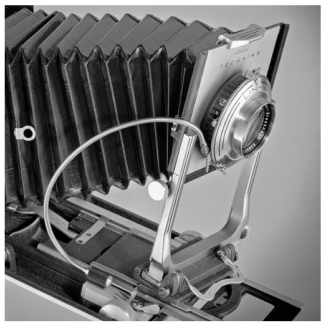
1934ca Linhof Kamera #2031



1936: Linhof Standard



1936: Linhof Technika



1946: Technika III 9×12



1956: Linhof Technika Press 6×9



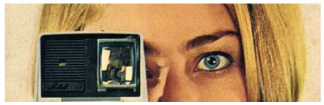
1956: Super Technika IV 9×12



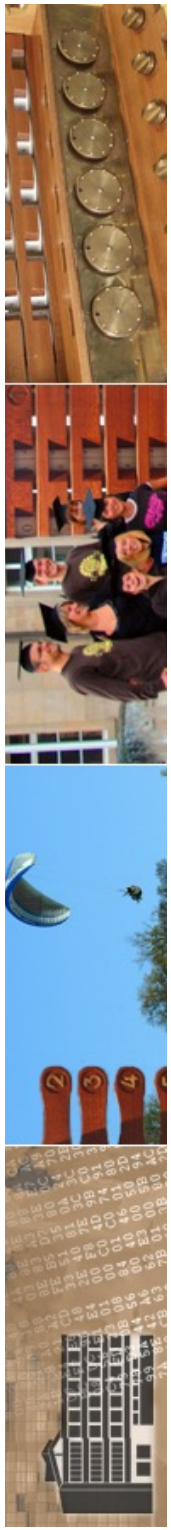
1962: Super Technika IV 6×9, Gold







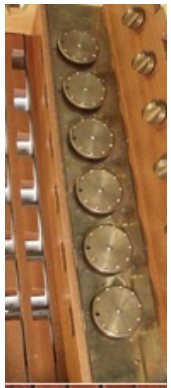
© Ti

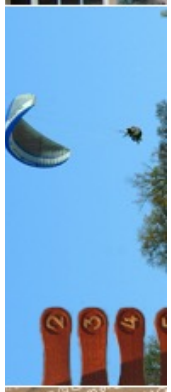


RF: Range Finder (Sucherkamera)



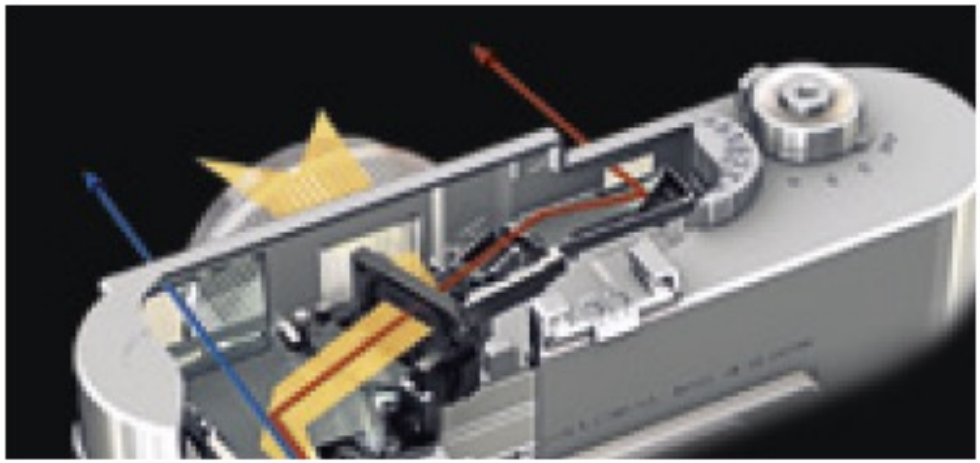
© 2026 Universität Tübingen



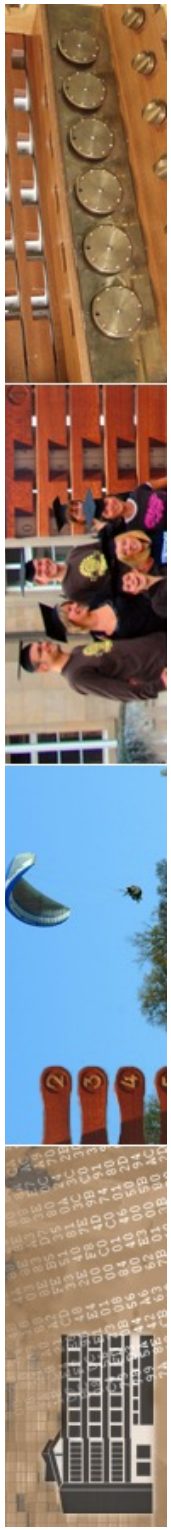



RF





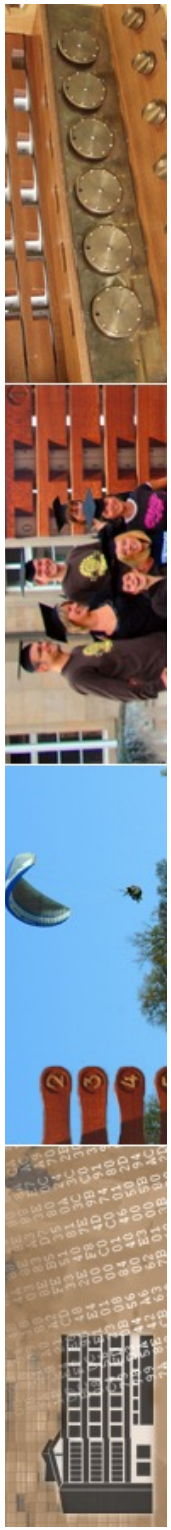
© 2026 Universität Tübingen



SLR: Single Lense Reflex (Spiegelreflex)

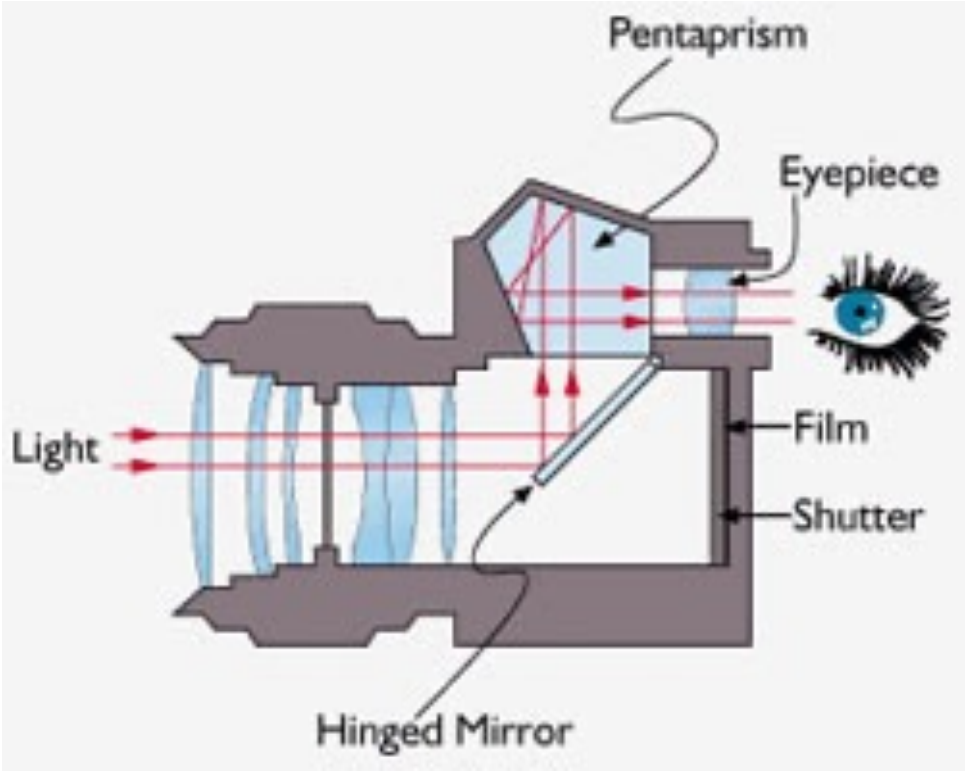


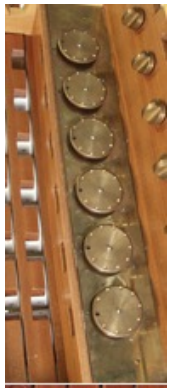
© 2026 Universität Tübingen

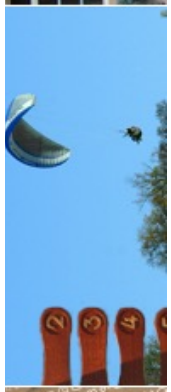


2000: (D)SLR


Nikon


Pentaprism
Eyepiece
Light
Film
Shutter
Hinged Mirror






DIGITAL PHOTOGRAPHY REVIEW DPREVIEW

Search dpreview.com

News Reviews Articles Buying Guides Sample Images Videos Cameras Lenses Phones

Best cameras and lenses

Retro Review: 23 years ago, Nikon's groundbreaking D1 DSLR changed everything

165

Published Aug 30, 2022 | Jeremy Gray

Share Tweet

- https://www.dpreview.com/news/8245234562/retro-review-23-years-ago-nikon-s-groundbreaking-d1-dslr-changed-everything?utm_source=self-desktop&utm_medium=marquee&utm_campaign=traffic_source



After a brief hiatus, Gordon Laing of *Cameralabs* is back with a new Retro Review, this time focused on Nikon's landmark DSLR, the Nikon D1. First released in 1999, the D1 was the first DSLR Nikon designed and built by itself, following prior Nikon digital cameras built around Fujifilm bodies, like the Nikon E2 and E2S.

EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN

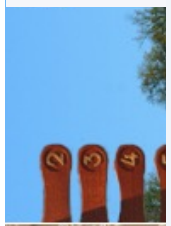
© 2026 Universität Tübingen



2013: MILC/DSLM











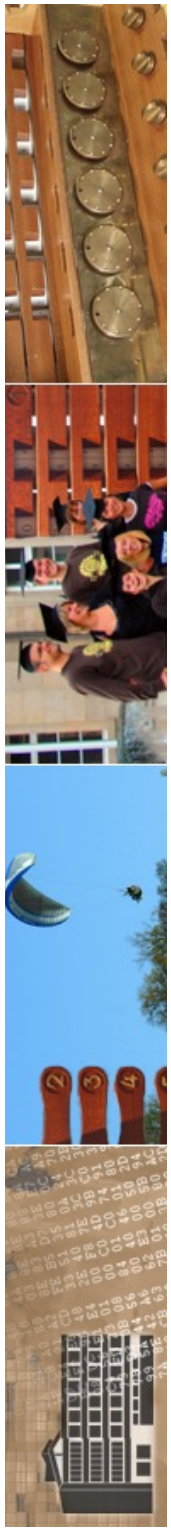
Sony 2013

20.10.2015: Leica SL 601



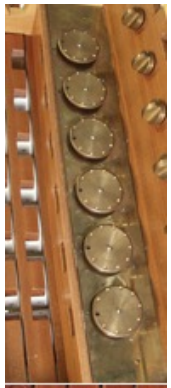


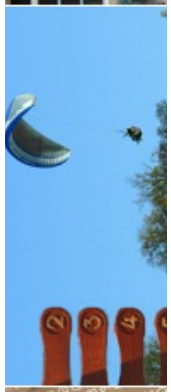




MILC/DSML





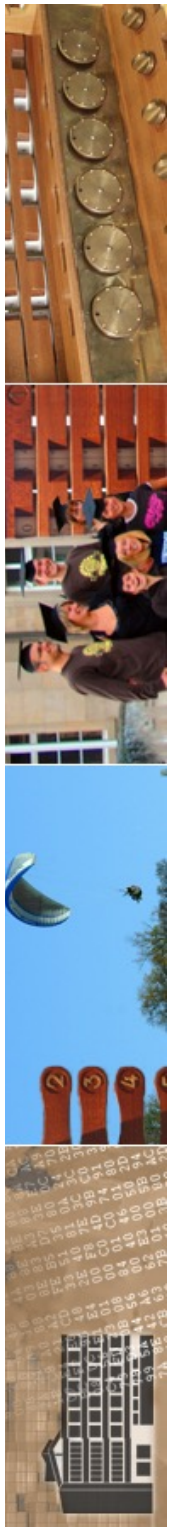



MILC/DSML





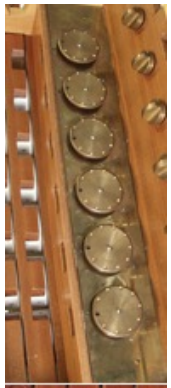
© 2026 Universität Tübingen

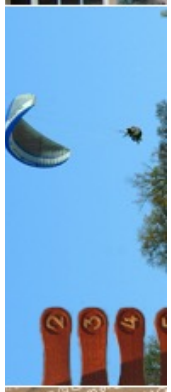


MILC/DSLM



© 2026 Universität Tübingen

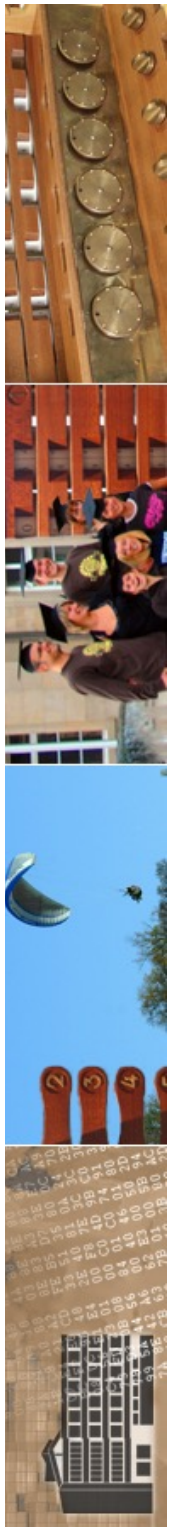





MILC/DSLM

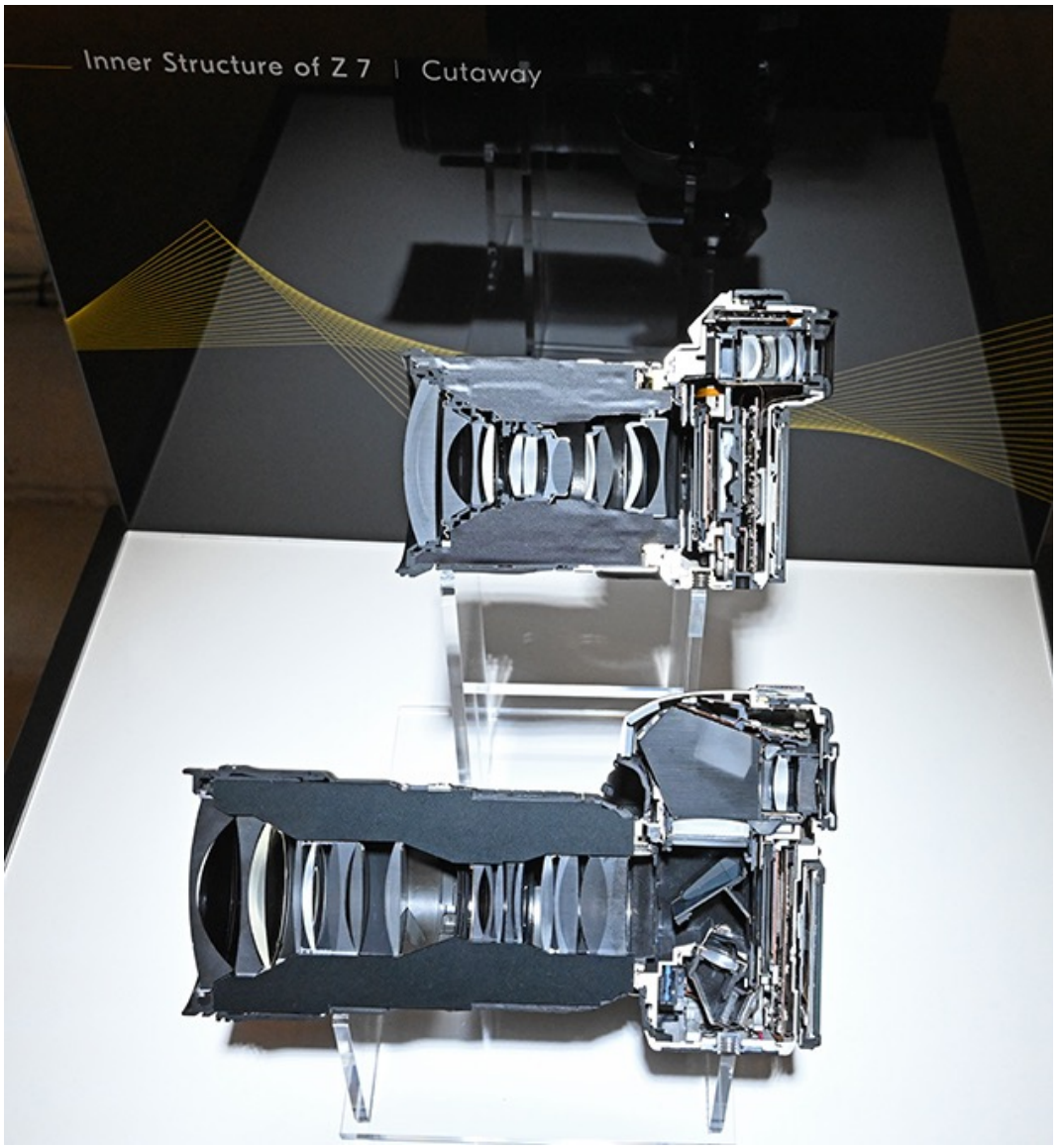


© 2026 Universität Tübingen

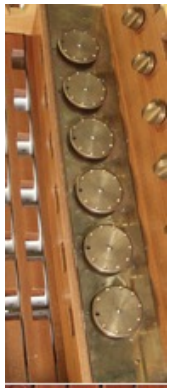


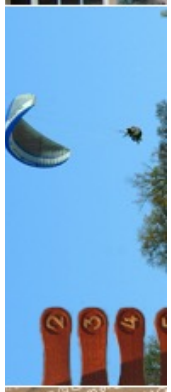
EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Vergleich DSLR/MILC (DSLM)



© 2026 Universität Tübingen






Hohe Auflösung und Performance wieder vereint

Sony Alpha 7R V mit schnellerem Prozessor und AI-Autofokus präsentiert

2022-10-26 Mit der neuen Sony Alpha 7R V macht der japanische Elektronikkonzern dem 61-Megapixel-Sensor dank aktualisiertem Bildprozessor ordentlich Beine, auch die Bildqualität soll davon profitieren. Für den Autofokus steht sogar ein neuer AI Chip zur Verfügung, so dass dieser dank intelligenter Motiverkennung alle bisherigen Alpha-Kameras in den Schatten stellt. Selbst der Sensor-Shift-Bildstabilisator wird auf das Niveau der Konkurrenz gehoben und soll nun bis zu acht Blendenstufen längere Belichtungszeiten erlauben. *(Benjamin Kirchheim)*

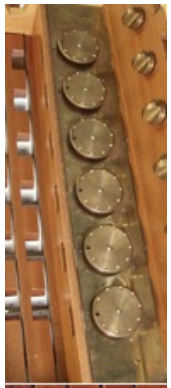


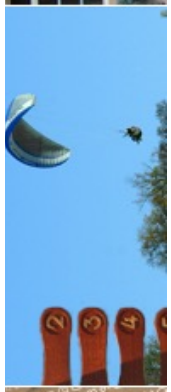
Der rückwärtig belichtete Kleinbildsensor der Sony Alpha 7R V löst hohe 61 Megapixel auf und ist zur Bildstabilisierung beweglich gelagert. Bis zu acht Blendenstufen längere Belichtungszeiten sollen damit möglich sein. [Foto: Sony]

Die Sony Alpha 7R III glänzte einst (2018) mit der Vereinigung von hoher Auflösung (42 Megapixel) und Geschwindigkeit (10 Bilder pro Sekunde). Das Nachfolgemodell Alpha 7R IV hob zwar anderthalb Jahre später die Auflösung mit 61 Megapixeln auf das nach wie vor führende Niveau, dafür gab es jedoch Einbußen bei der Geschwindigkeit, denn der Pufferspeicher der Kamera und das Speicherkarteninterface kamen einfach nicht mehr mit. Auch die Bildqualität war im Gegensatz zum Vorgängermodell nur bei niedrigen Empfindlichkeiten gut. Unterm Strich war der Bildprozessor angesichts der Datenmengen am Limit.

Das soll sich nun mit der Sony Alpha 7R V ändern, die denselben rückwärtig belichteten Vollformat-Bildsensor mit 61 Megapixeln Auflösung besitzt wie das Vorgängermodell. Da jedoch nun wie in der Alpha 1 zwei Bionz XR Bildprozessoren statt eines Bionz X zum Einsatz kommen, stimmen Performance und Pufferspeicher wieder: 583 komprimierte Raw-Dateien soll die Alpha 7R V am Stück bei zehn Bildern pro Sekunde aufzeichnen können, im JPEG-Format sollen es sogar über 1.000 Bilder sein. Apropos Compressed Raw: Die Kompression erfolgt nun auf Wunsch verlustfrei. Zudem können parallel in der Auflösung verkleinerte und gecroppte Raw-Dateien aufgezeichnet werden, also beispielsweise 26 Megapixel bei voller Sensorgröße und 26 Megapixel mit 1,5-fachen Crop parallel.

© 2026 Universi
Tübingen



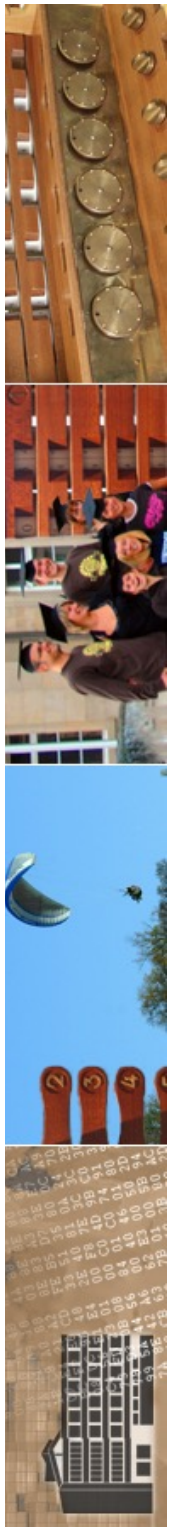





© 2026 Universität Tübingen



© 2026 Universität Tübingen

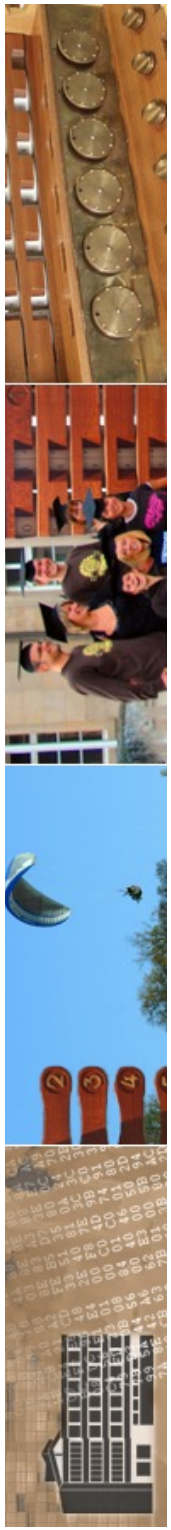


EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Physik der Fotografie I

- Begriff des Lichtes
- Wellen und Strahlen
- Linsen
- Objektive
  - Fokussieren
  - Blende

© 2026 Universität Tübingen



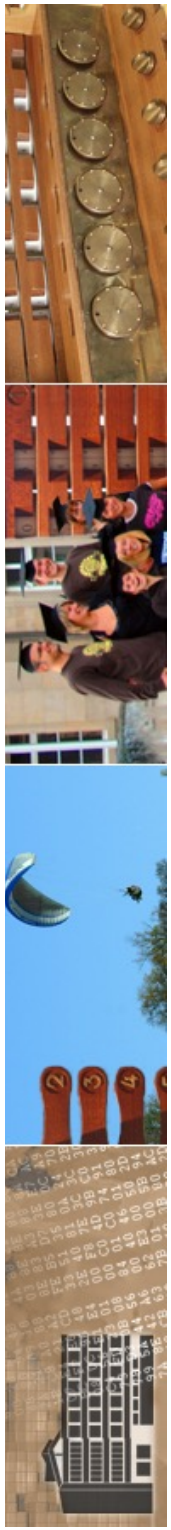
ein Name

- Max Berek, 1886 – 1949
- Klassiker:

  Grundlagen der praktischen Optik, 1930

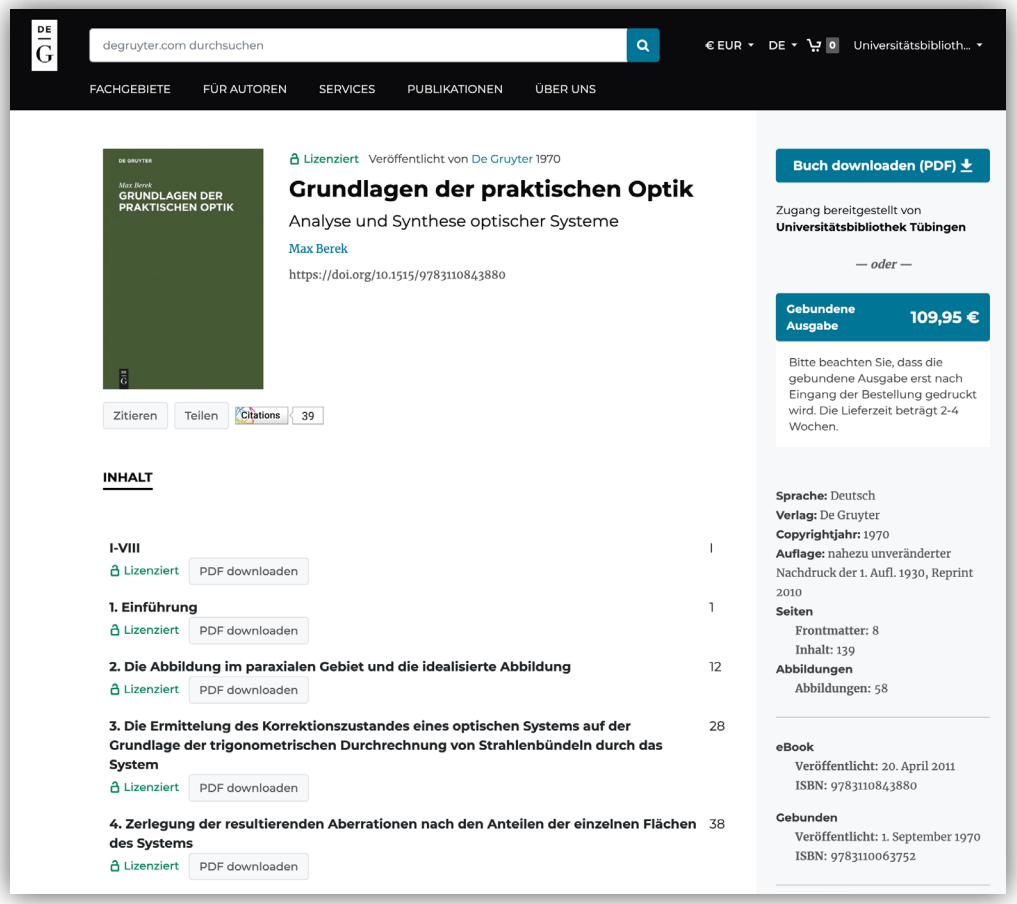


Max Berek
(1886-1949)

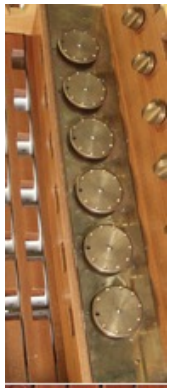


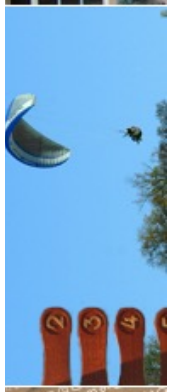
Grundlagen der praktischen Optik

- Wetzlar, Juni 1939
- zahlreiche Nachdrucke, zuletzt De Gruyter 2011



- Volltext über UB Tübingen zugänglich https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783110843880/html






Grundlagen der praktischen Optik

Analyse und Synthese optischer Systeme

Von

Dr. M. Berek

Honorarprofessor in der philosophischen Fakultät
der Universität Marburg

wissenschaftl. Mitarbeiter in den optischen Werken
E. Leitz, Wetzlar

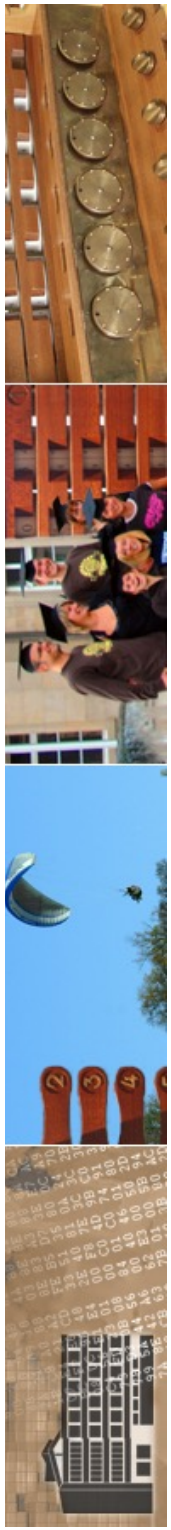
Nahezu unveränderter Nachdruck
der 1. Auflage 1930
mit einem Nachwort von Prof. Dr. H. Marx, Wetzlar

Mit 58 Figuren im Text und auf einer Tafel

Walter de Gruyter & Co.

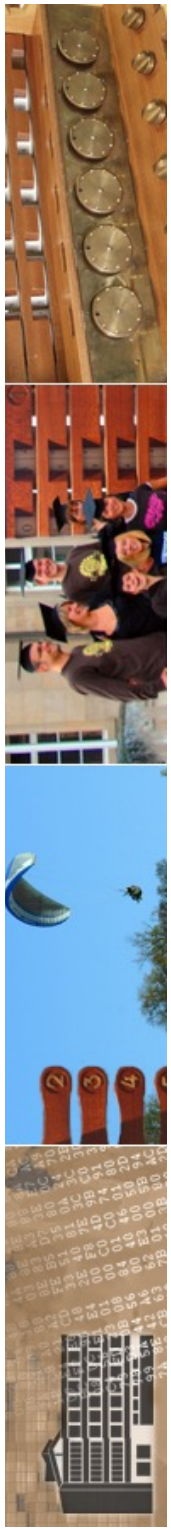
vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung — J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung
Georg Reimer — Karl J. Trübner — Veit & Comp.

Berlin 1970



Licht

- was ist „Licht“?
  - **Licht ist elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge im Bereich von 350 bis 750 Nanometer (nm)**



die Grundlage des Lichts

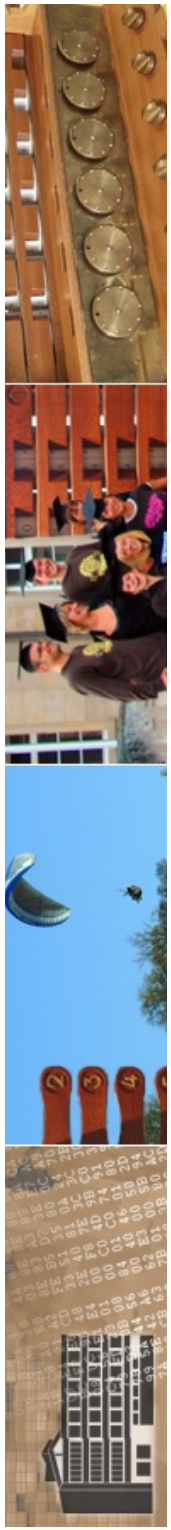
- James Clerc Maxwell

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0\left(\mathbf{j} + \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}\right)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$



Basics

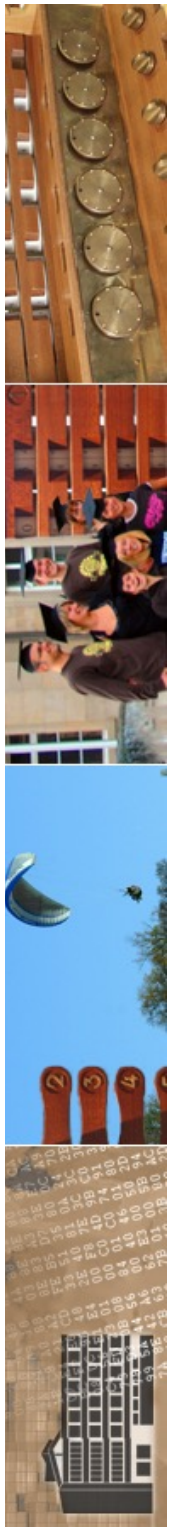
- Frequenz und Wellenlänge des Lichts

$$c = \lambda \cdot \nu$$

mit c = 2,99792458 x 10^8 m/s
„Farbe ist die Frequenz des Lichtes“

Farbe	Wellenlänge	Frequenz
Violett	400 nm	$7{,}5 \cdot 10^{14}$ Hz
Blau	450 nm	$6{,}5 \cdot 10^{14}$ Hz
Grün	550 nm	$5{,}5 \cdot 10^{14}$ Hz
Orange	600 nm	$5 \cdot 10^{14}$ Hz
Rot	650 nm	$4{,}5 \cdot 10^{14}$ Hz

© 2026 Universität Tübingen

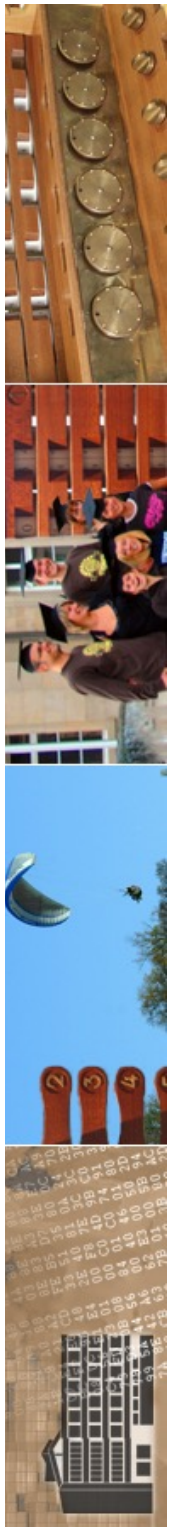


EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Pink Floyd...



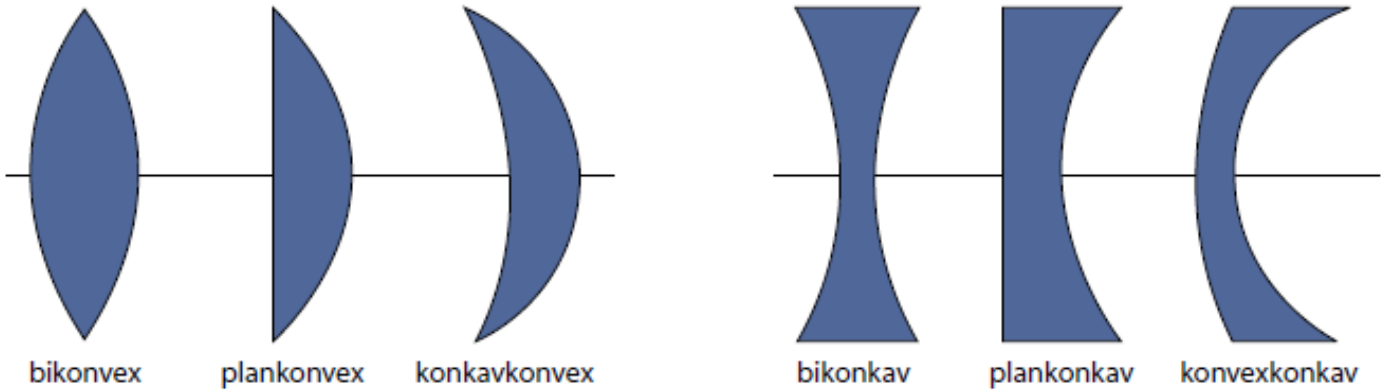
© 2026 Universität Tübingen



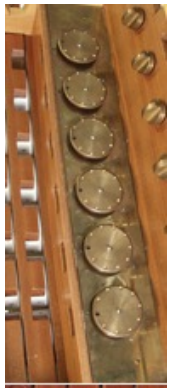
EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

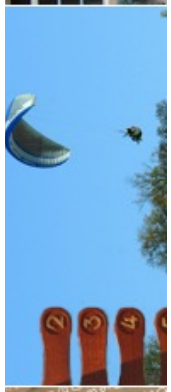
Wellen und Strahlen

- Wellenoptik versus Strahlenoptik
  - Reduzierung von Wellenoptik zu Strahlenoptik
  - zentraler Einstieg: Linsengesetze

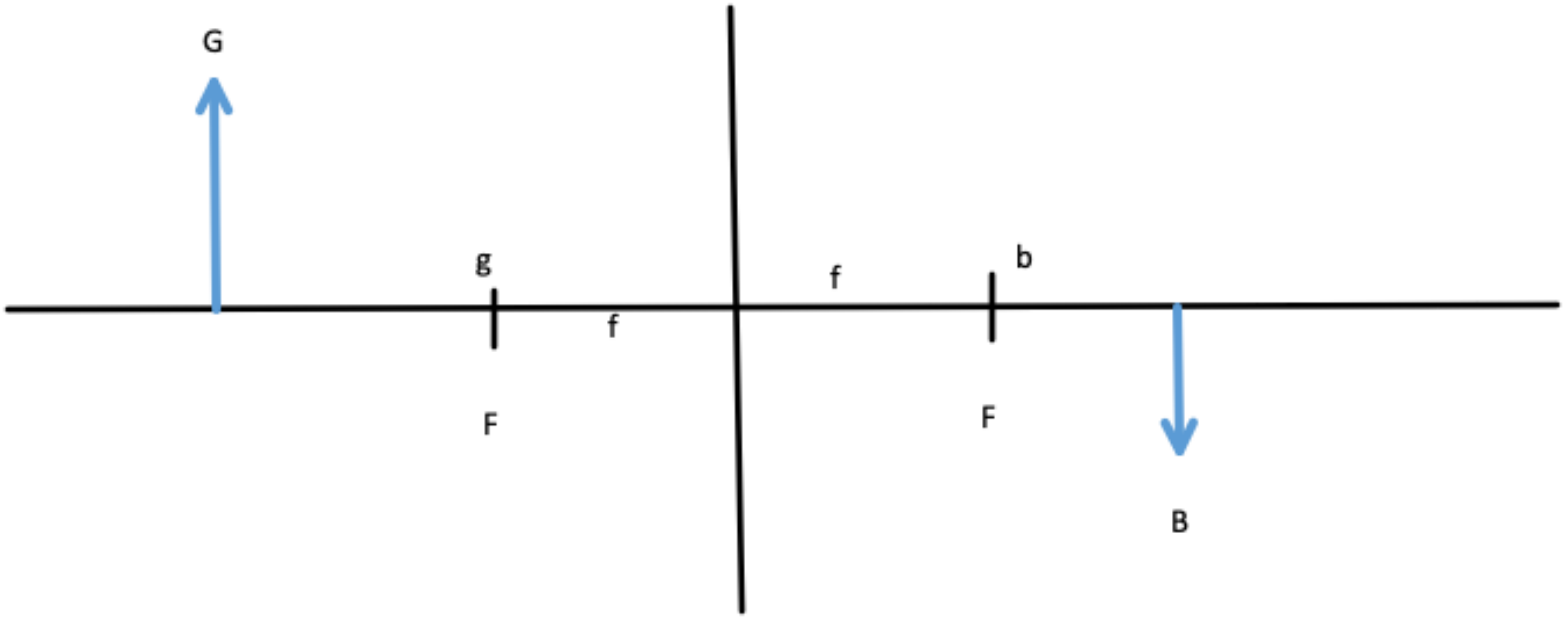


© 2026 Universität Tübingen

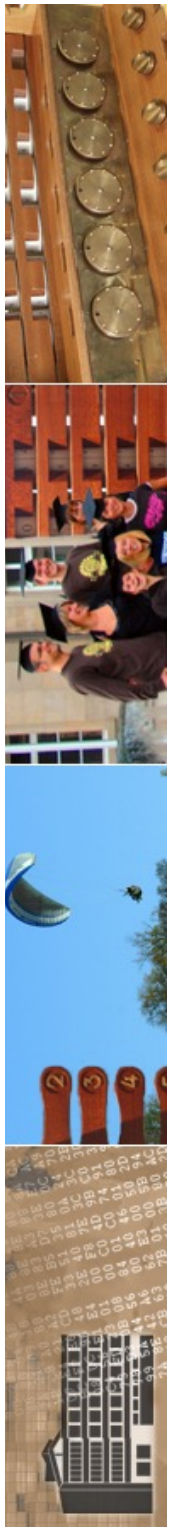





Linsengleichung

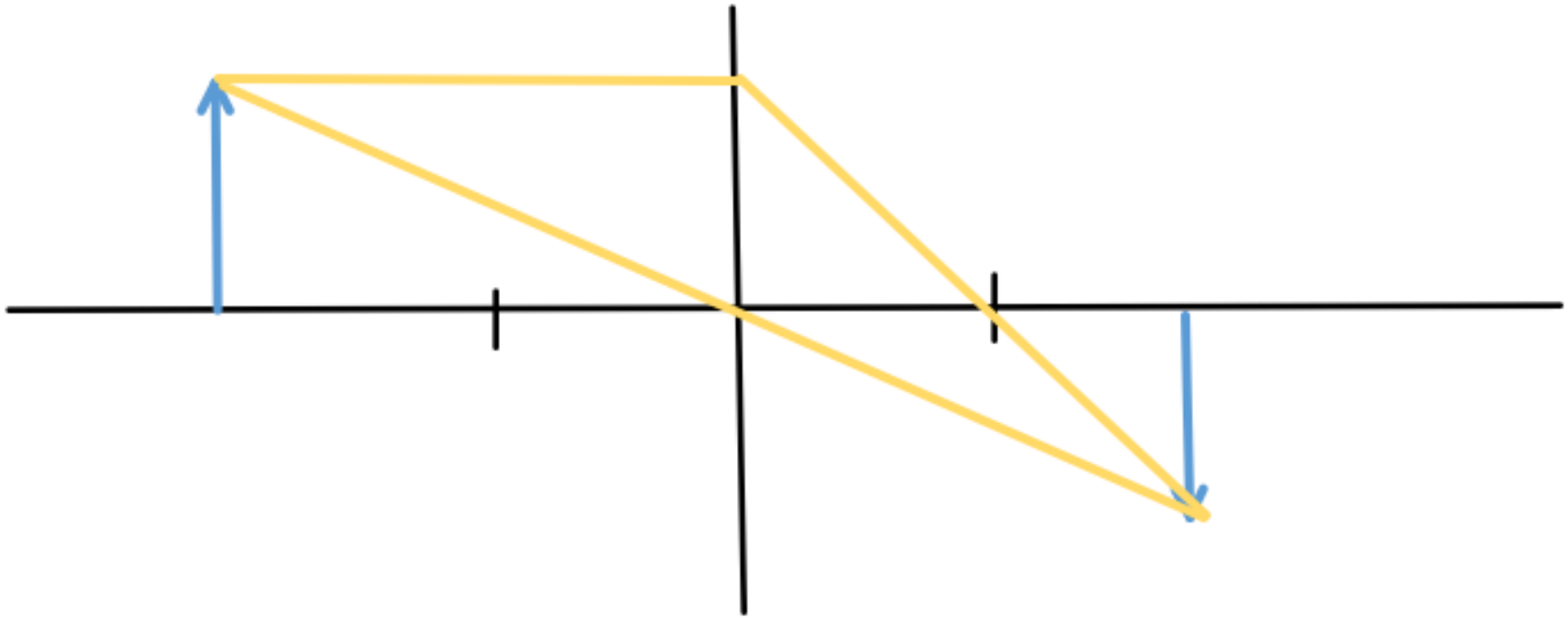


© 2026 Universität Tübingen

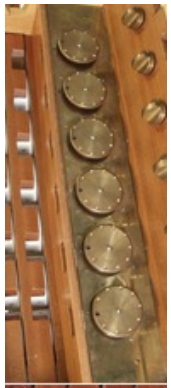


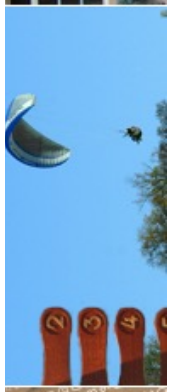
EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Linsengleichung



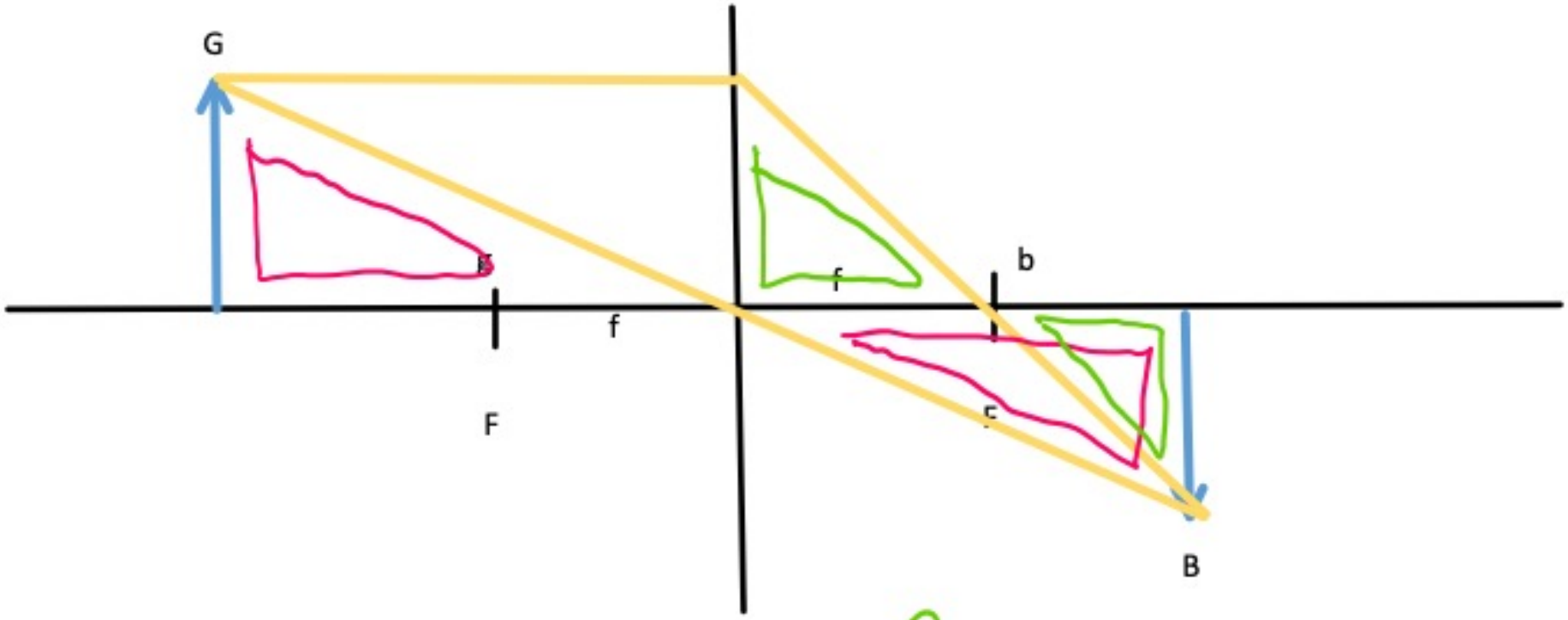
© 2026 Universität Tübingen





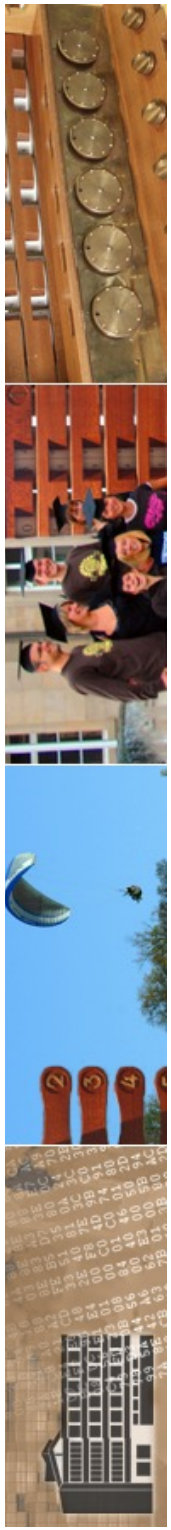

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Linsengleichung



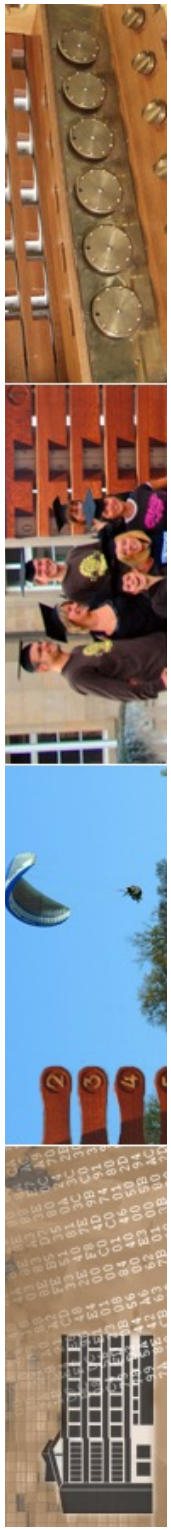
$$\frac{G}{g} = \frac{B}{b}$$

$$\frac{G}{f} - 1 = \frac{B}{b} - f$$



Linsengleichung

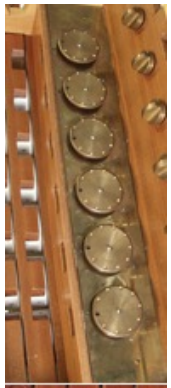
$$\Rightarrow \frac{B}{g} = \frac{b-f}{f} = \frac{b}{g} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{b}{f} = 1 + \frac{b}{g}$$

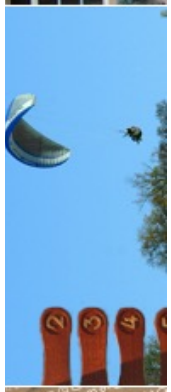


Linsengleichung

- f: Brennweite
- g: Gegenstandsweite
- b: Bildweite

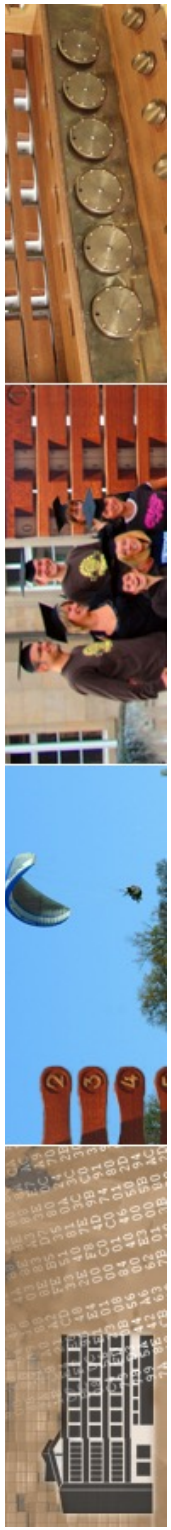
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$







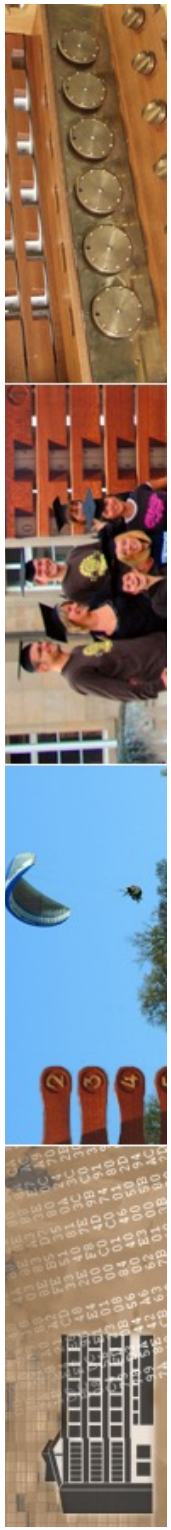

© 2026 Universität Tübingen



Linsengleichung II

- g ➔ unendlich: b = f
- Entfernungsskala eines Objektivs: b + g
- **Fokussierung ist der Ausgleich der veränderten Gegenstandsweite gegenüber unendlich durch Verschieben des Objektivs von der Bildebene weg**

© 2026 Universität Tübingen

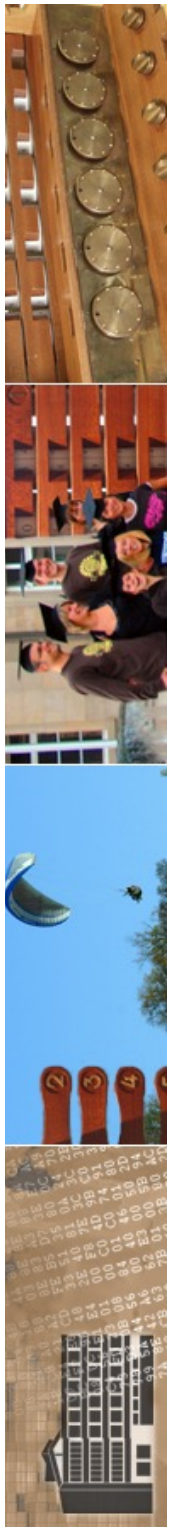


Fokussierung und Brennweite

- Beispielrechnung

Brennweite in mm	Gegen-stands-weite	Bildweite
$f_A = 20$	∞	20 mm
	1 m	20,4 mm
$f_B = 200$	∞	200 mm
	1 m	250 mm

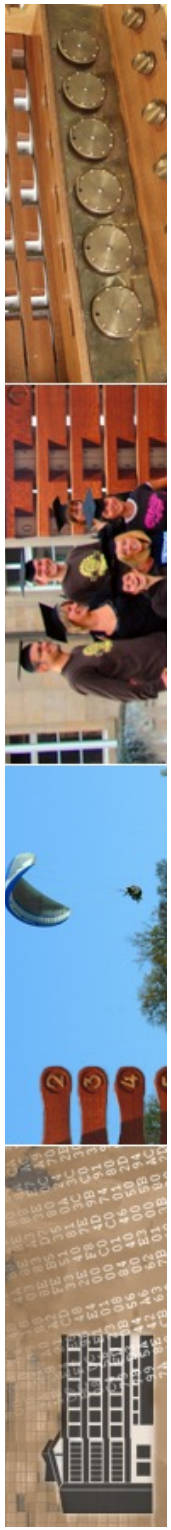
- **Objektive mit kleinerer Brennweite benötigen eine kleinere Fokussierung**



Autofokus

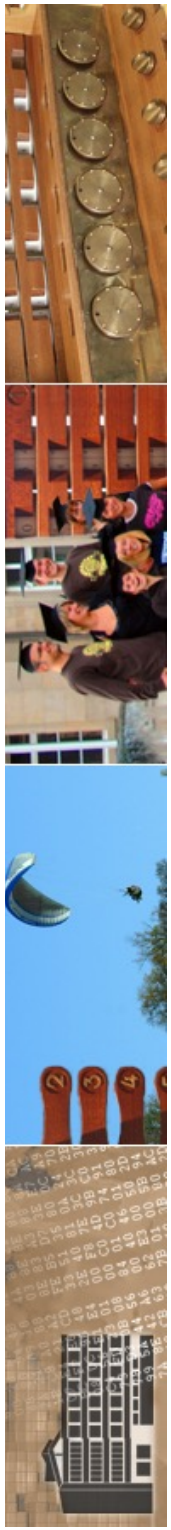
- Autofokus
  - aktiver AF
  - **passiver AF**
- Kontrasterkennung: CDAF
  - scharf: höchster Kontrast
- Phasenerkennung: **PDAF**
  - separates AF-Modul steuert Objektiv

© 2026 Universität Tübingen



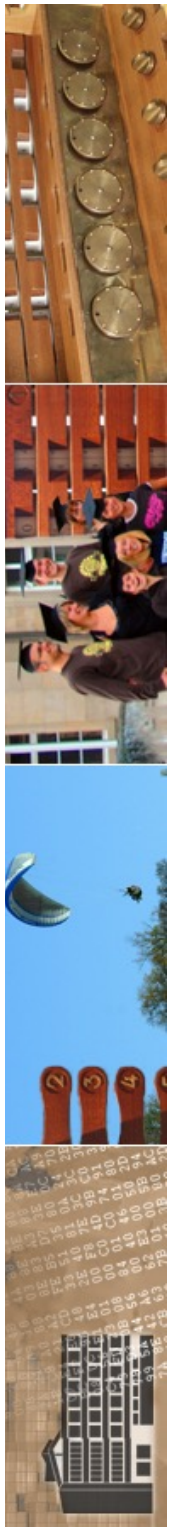
CDAF

- CDAF „erahnt“ die notwendige Fokussierrichtung aufgrund Datenbank mit Vergleichsbildern
- das geht auch manchmal schief... “Hunting“
- neuer Ansatz bei CDAF:
  DFD Depth of Defocus
- „Die DFD (Depth-of-Defocus)-Technologie berechnet die Entfernung zum Motiv durch die Auswertung von zwei Aufnahmen mit unterschiedlicher Scharfeinstellung. Das geschieht 240 Mal pro Sekunde quasi in Echtzeit. Verbesserte Genauigkeit und Schnelligkeit des Systems machen sich besonders bei längeren Brennweiten bemerkbar.“ (Panasonic)



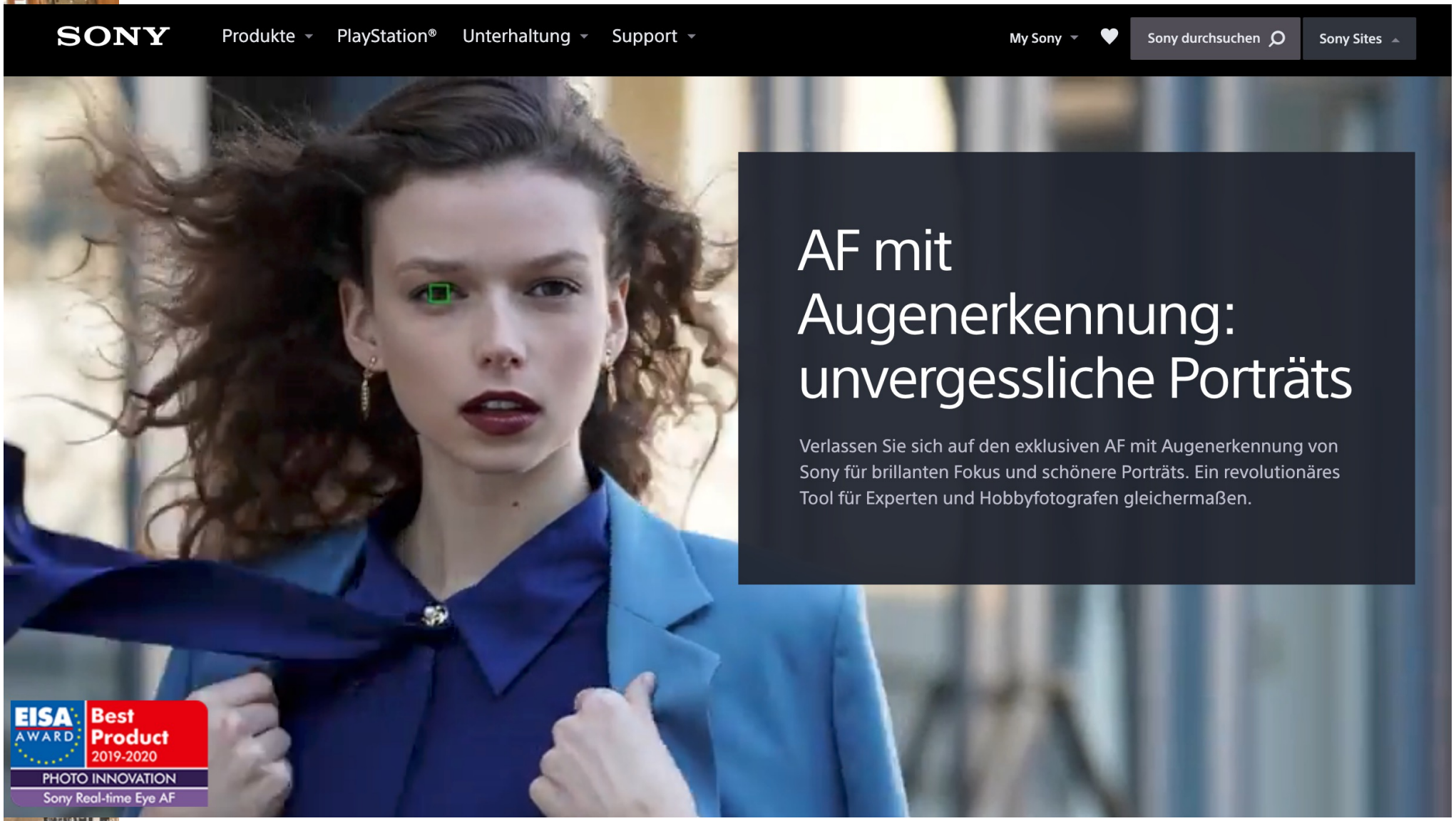
PDAF

- "Phasenerkennungsautofokus" ist ein *schneller* Autofokus, der zwei leicht versetzte Halbbilder in einem separaten Sensorpaar miteinander vergleicht. Anhand der Phasenverschiebung der Halbbilder errechnet der Autofokus die optimale Objektivposition schon vor der Fokussierung.
- Das System weiß, in welche Richtung fokussiert werden muss (CDAF nicht)
- für Video und Sport besonders wichtig



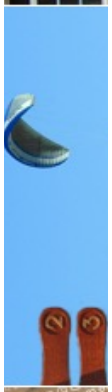
neuer Ansatz: Eye AF

- automatisches Fokussieren *auf ein Auge*
  - *nur* mit MILC möglich
  - https://www.sony.de/electronics/af-mit-augenerkennung
  - https://www.nikonusa.com/en/learn-and-explore/a/tips-and-techniques/eye-to-z-eye-af-now-available-for-z-cameras.html



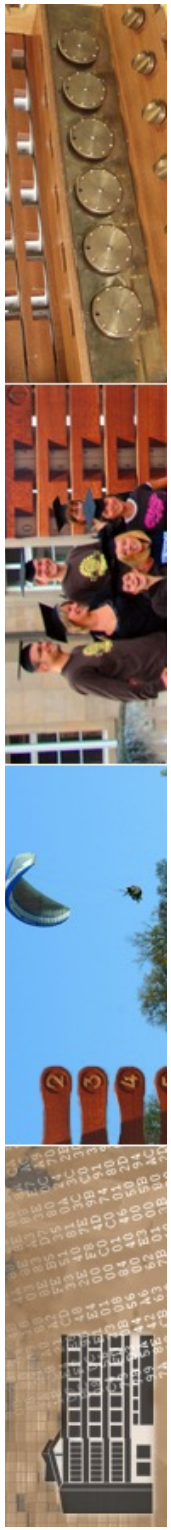
© 2026 Universität Tübingen








1/50
F2.8
ISO 80
[r12]
Nikon
OK
Nikon

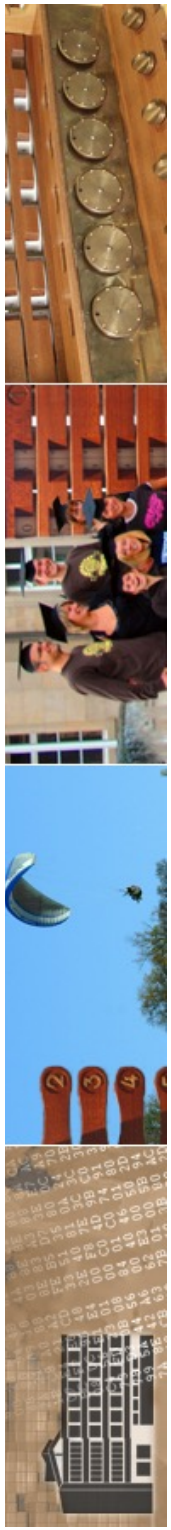


Brennweite und Bildwinkel I

- Tabelle für Kleinbild

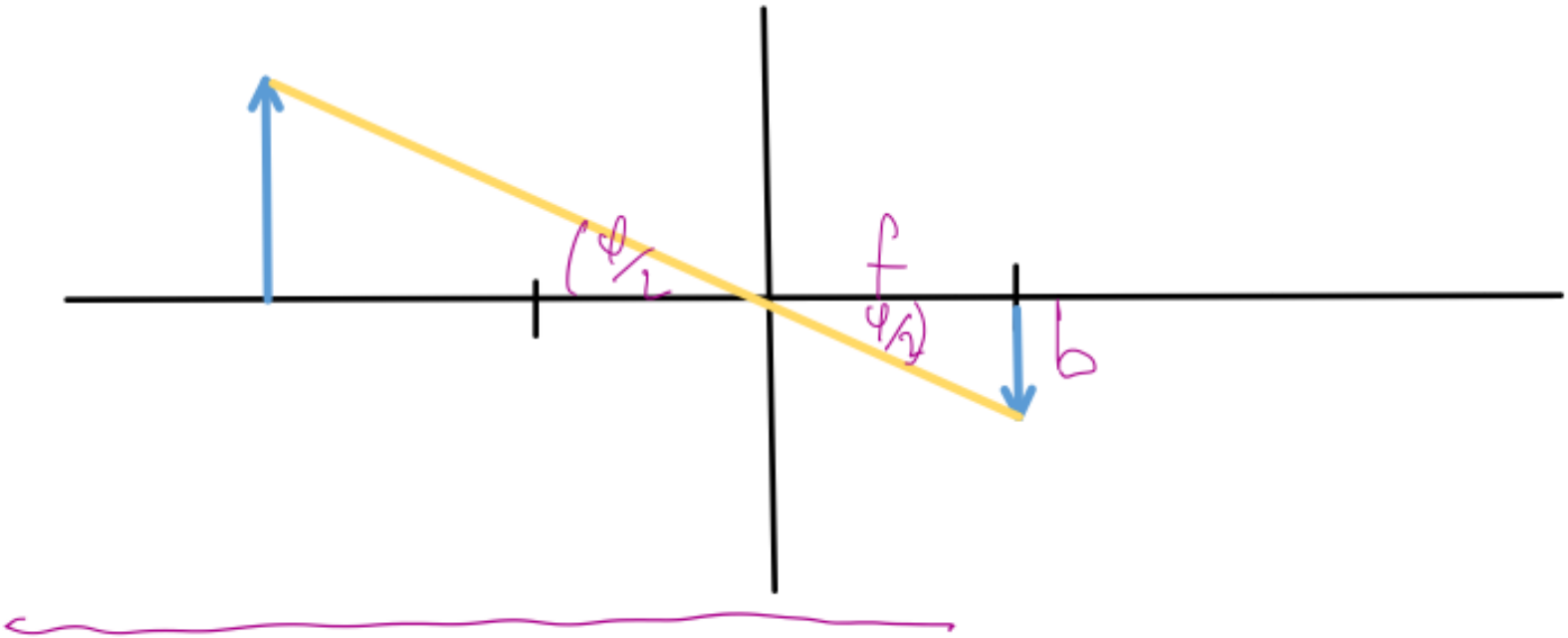
Brennweite	diagonaler Bildwinkel	Objektivtyp
21 mm	92°	Ultraweitwinkel
28 mm	76°	Weitwinkel
35 mm	64°	Weitwinkel
50 mm	45°	Normal
90 mm	27°	leichtes Tele
135 mm	18°	Tele
200 mm	12°	Tele

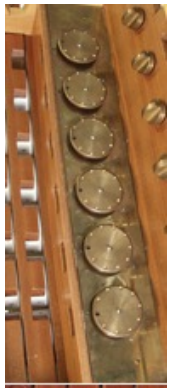
© 2026 Universität Tübingen

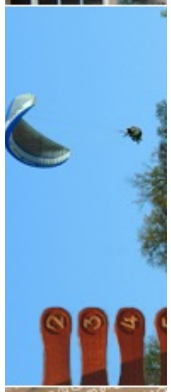


Brennweite und Bildwinkel II

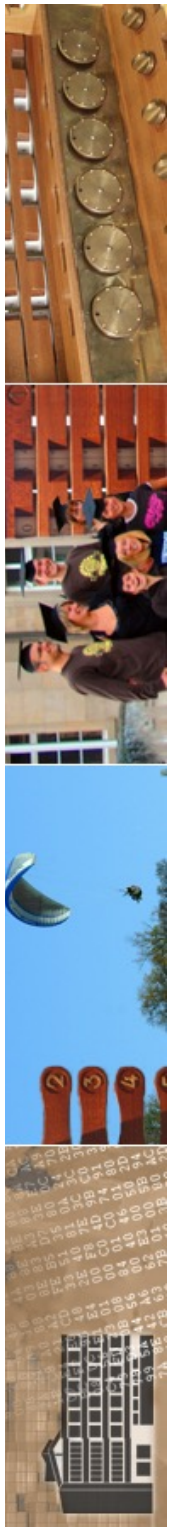
- Aus Linsengleichung mit g → ∞, also b = f
  Allgemein:








$$\tan\frac{\varphi}{2} = \frac{b}{f} = \frac{h}{2f}$$



Brennweite und Bildwinkel II

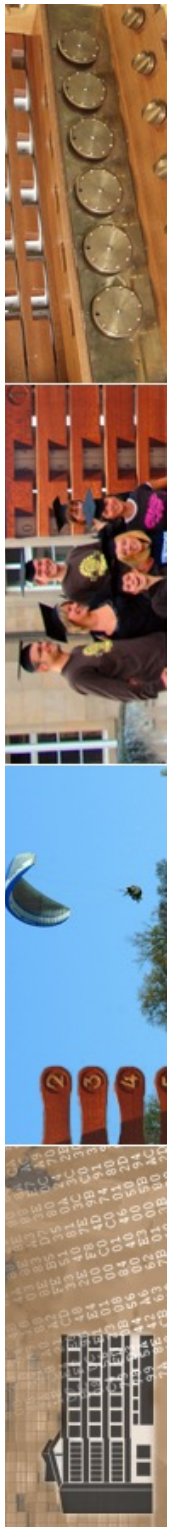
- Aus Linsengleichung mit g → ∞, also b = f
  Allgemein:

$$\tan\frac{\phi}{2} = \frac{\frac{h}{2}}{f}$$

$$\mathrm{HFOV} = 2 \cdot \arctan\left(\frac{h}{2f}\right)$$

$$\mathrm{VFOV} = 2 \cdot \arctan\left(\frac{b}{2f}\right)$$

© 2026 Universität Tübingen

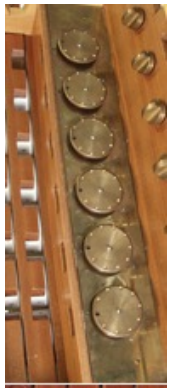


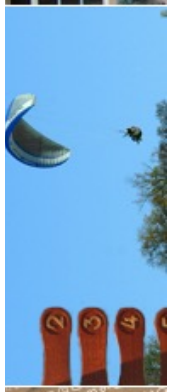
Begriffe

- Dioptrien: D = 1 / f
- Linsensysteme

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

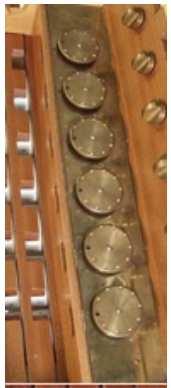
© 2026 Universität Tübingen

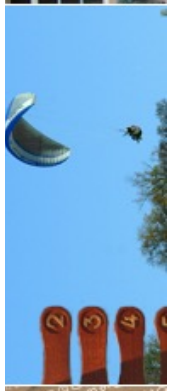


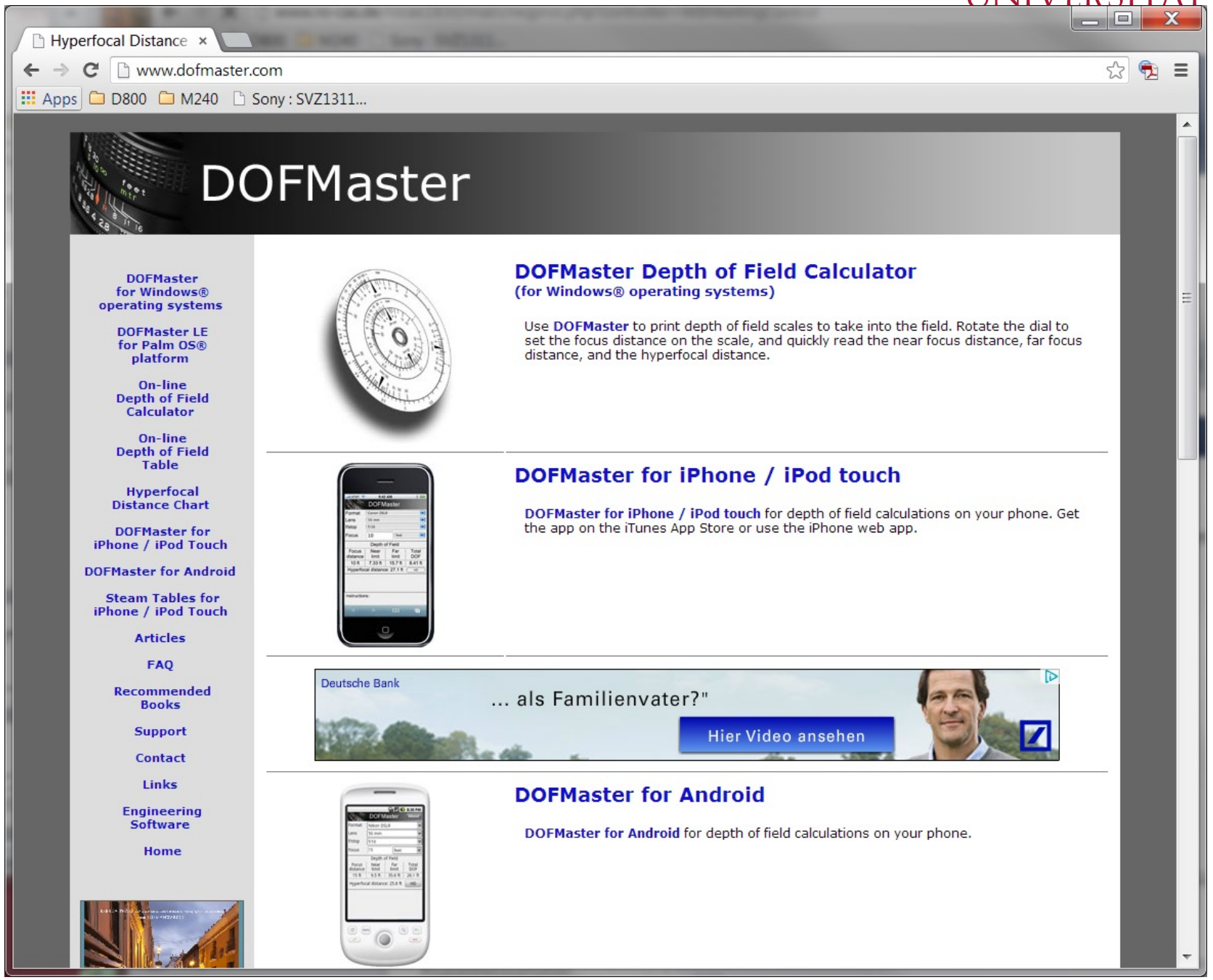


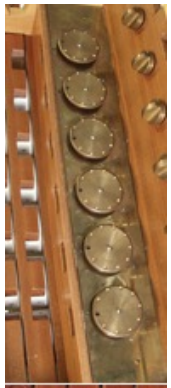

Schärfentiefe

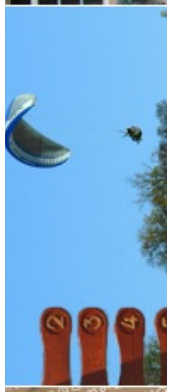
- **Die Schärfentiefe ist derjenige Raumbereich, der hinreichend scharf abgebildet wird.**
- Simulation: DOFMaster
- **Die bewusste Steuerung der Schärfentiefe durch Auf- und Abblenden des Objektivs ist ein zentrales Instrument der fotografischen Gestaltung.**





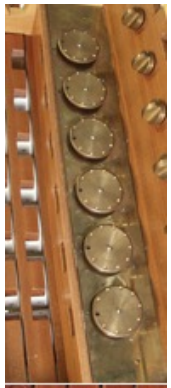


Hyperfocal Distance
www.dofmaster.com
Apps
D800
M240
Sony : SVZ1311...
DOFMaster
DOFMaster for Windows® operating systems
DOFMaster LE for Palm OS® platform
On-line Depth of Field Calculator
On-line Depth of Field Table
Hyperfocal Distance Chart
DOFMaster for iPhone / iPod Touch
DOFMaster for Android
Steam Tables for iPhone / iPod Touch
Articles
FAQ
Recommended Books
Support
Contact
Links
Engineering Software
Home
DOFMaster Depth of Field Calculator
(for Windows® operating systems)
Use DOFMaster to print depth of field scales to take into the field. Rotate the dial to set the focus distance on the scale, and quickly read the near focus distance, far focus distance, and the hyperfocal distance.
DOFMaster for iPhone / iPod touch
DOFMaster for iPhone / iPod touch for depth of field calculations on your phone. Get the app on the iTunes App Store or use the iPhone web app.
Deutsche Bank
... als Familienvater?"
Hier Video ansehen
DOFMaster for Android
DOFMaster for Android for depth of field calculations on your phone.

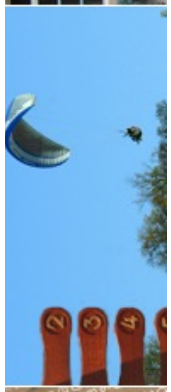





Begriffe

- DOF
- Schärfentiefe, Tiefenschärfe
- Bokeeh

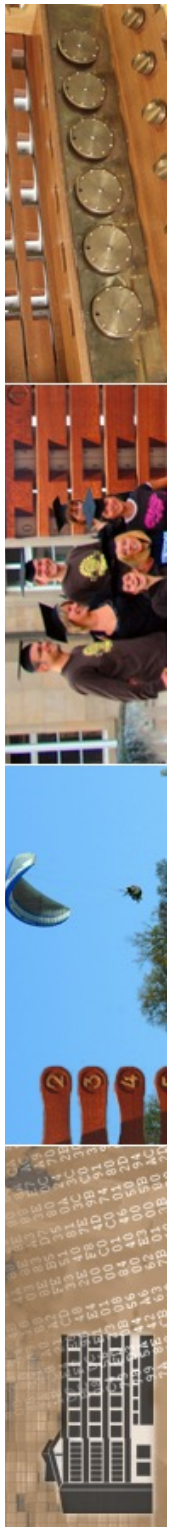





korrekte Belichtung

- korrekte Belichtung: es muss auf das Pixel die richtige Lichtmenge fallen

- **die drei entscheidenden Parameter sind:**
  - Belichtungszeit T
  - Öffnung und Lichtstärke des Objektivs, Blendenwert
  - Empfindlichkeit von Sensor oder Film

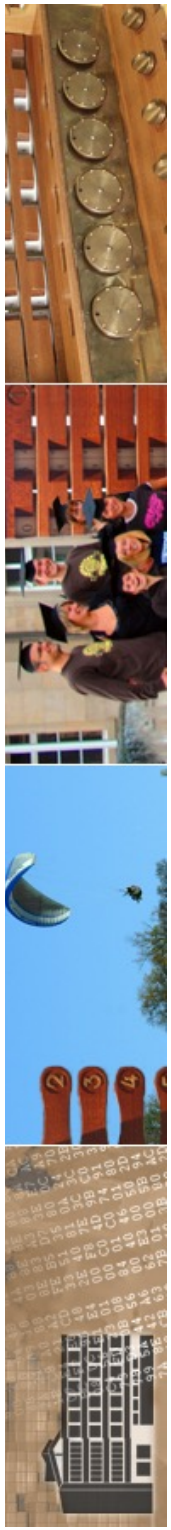


Lichtstärke

- **Die Lichtstärke beschreibt das Verhältnis vom Durchmesser der maximal geöffneten Blende zur Brennweite:**

  d / f

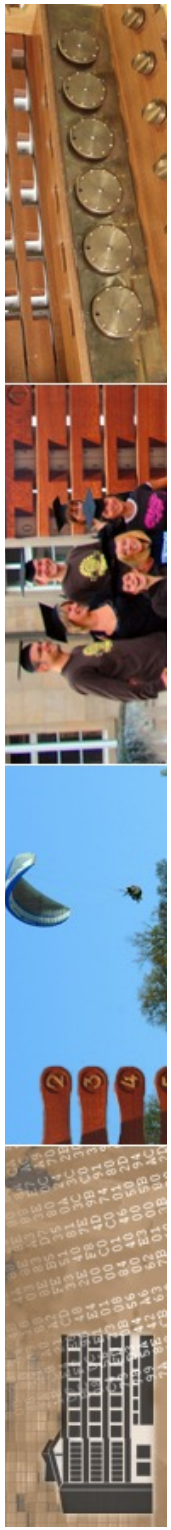
$$\text{Belichtungszeit} \sim \frac{1}{d^2} \quad \Rightarrow \quad \text{Belichtungszeit} \sim \frac{1}{\text{Lichtstärke}^2}$$



Blende I

- Blendenkonstruktionen
  - Aufsteckblende
  - Revolverblende
  - **Irisblende**

© 2026 Universität Tübingen



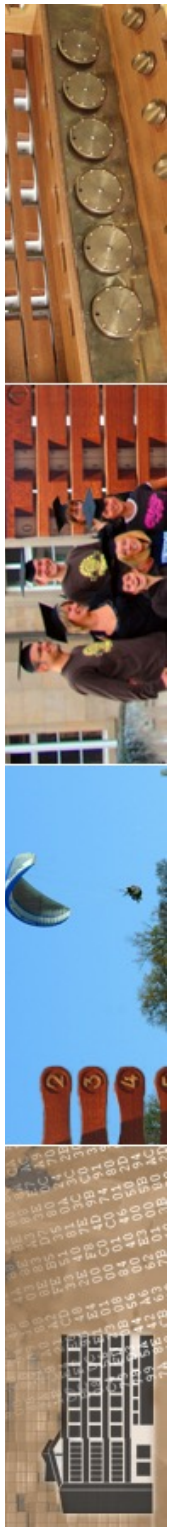
Blende II

- **Der Blendenwert *B* ist umgekehrt proportional zum effektiven Durchmesser der Optik:**

  $d \sim 1 / B$

- T x B^2 = konstant

- Blendenskala 1 1,4 2 2,8 4 5,6 8 11 16 22…

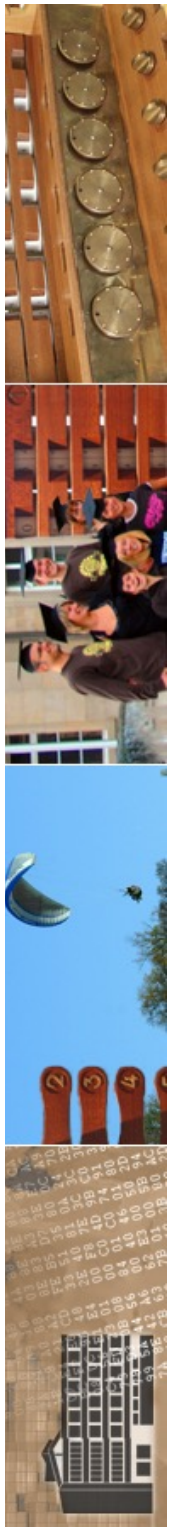


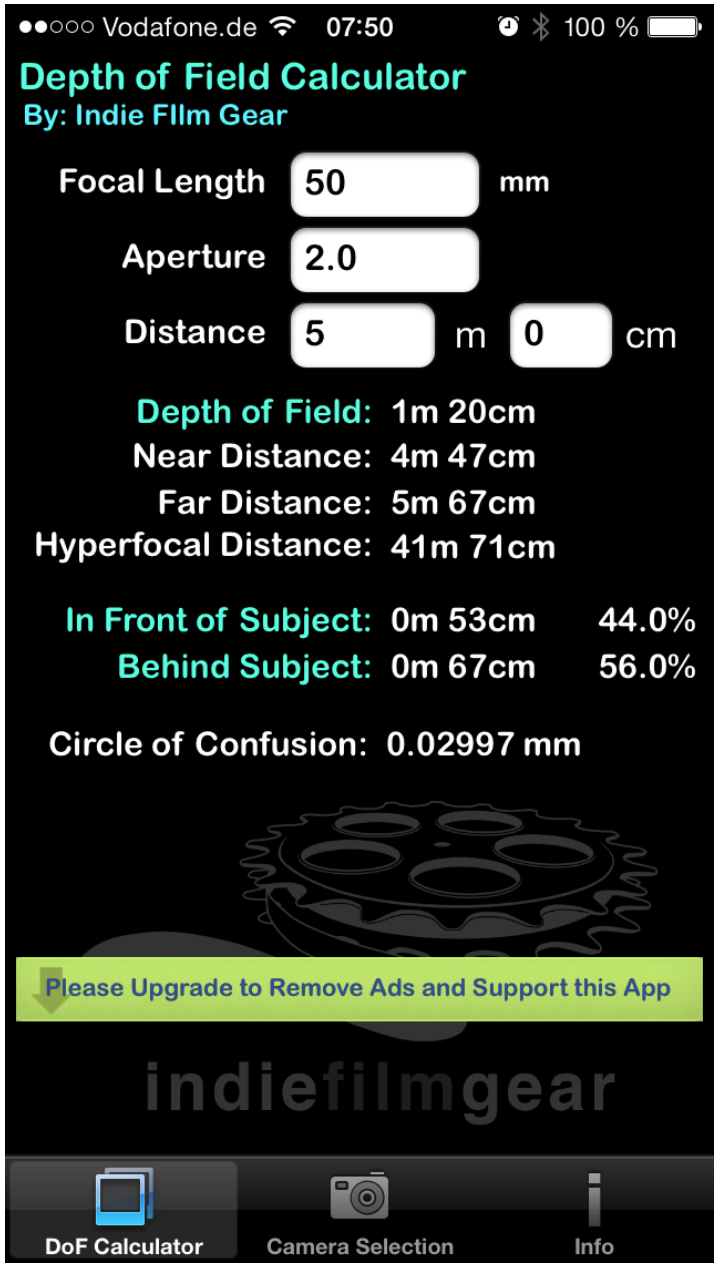
Blende III

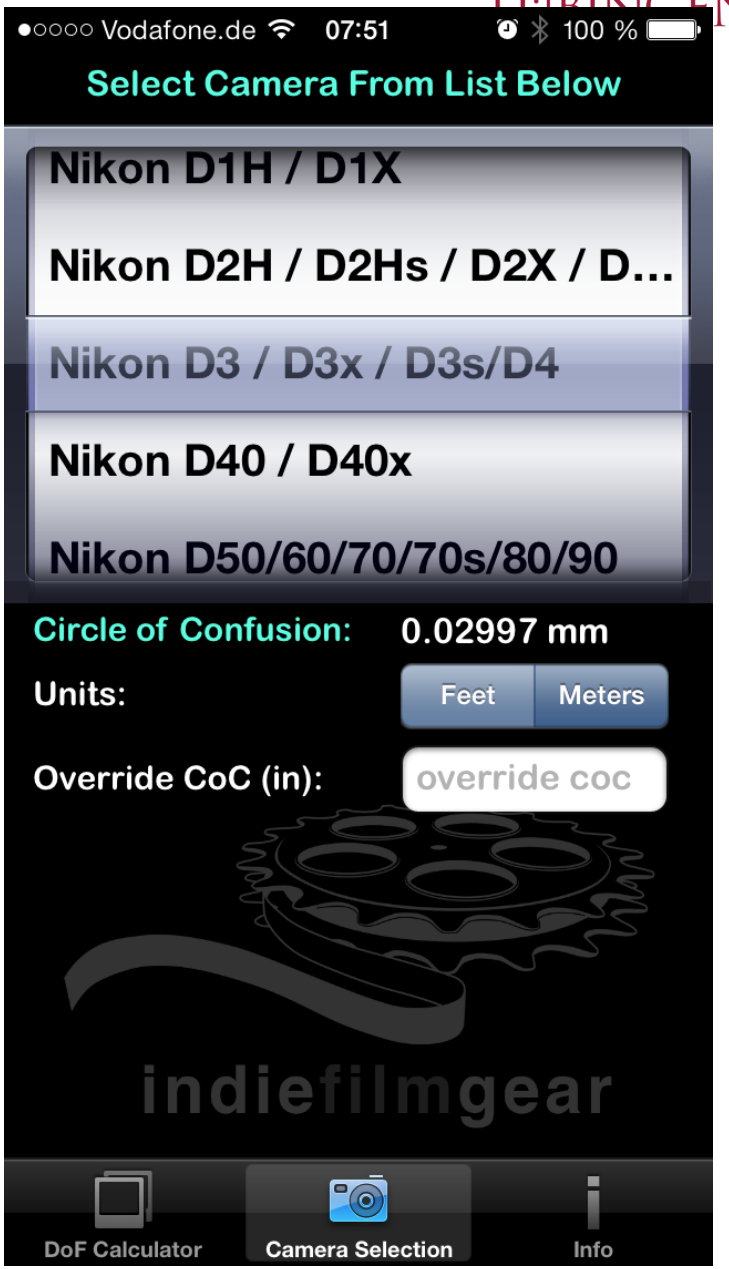
$$g_n = \frac{cfg}{cf + B \cdot (g - f)}$$

$$g_e = \frac{cfg}{cf - B \cdot (g - f)}$$

- Objektive mit kleiner Brennweite haben einen größeren Bereich der Schärfentiefe.
- Kleinere Blendenöffnungen führen zu einer größeren Schärfentiefe.
- Der Bereich der Schärfentiefe ist von der Gegenstandsweite abhängig; für weitere Entfernungen ergibt sich eine größere Schärfentiefe.




●●○○○ Vodafone.de 07:50 100 %
Depth of Field Calculator
By: Indie FIlm Gear
Focal Length 50 mm
Aperture 2.0
Distance 5 m 0 cm
Depth of Field: 1m 20cm
Near Distance: 4m 47cm
Far Distance: 5m 67cm
Hyperfocal Distance: 41m 71cm
In Front of Subject: 0m 53cm 44.0%
Behind Subject: 0m 67cm 56.0%
Circle of Confusion: 0.02997 mm
Please Upgrade to Remove Ads and Support this App
indiefilmgear
DoF Calculator
Camera Selection
Info


●○○○○ Vodafone.de 07:51 100 %
Select Camera From List Below
Nikon D1H / D1X
Nikon D2H / D2Hs / D2X / D...
Nikon D3 / D3x / D3s/D4
Nikon D40 / D40x
Nikon D50/60/70/70s/80/90
Circle of Confusion: 0.02997 mm
Units: Feet Meters
Override CoC (in): override coc
indiefilmgear
DoF Calculator
Camera Selection
Info

DOF simulator - Camera depth

dofsimulator.net/en/

Info | Changelog | Guide | Help mode | Offline version | Contact

DOF SIMULATOR

Donate | Mobile version

Configuration

Link | Reset

Interface: Basic / Advanced

Distance units: Metric / Imperial

Appearance

Model: Boy 2 (1.00m) | Background: Paris | Orientation: Portrait / Landscape

Camera

Sensor size / Camera model

35mm (FX, Full-Frame) crop: **1.00x**

Lens

Default

f= 100 mm

24 40 65 95 130 175 230 300mm

f/ 11

1 1.4 2 2.8 4 5.6 8 11 16 22 32 45 64

Distance

Model (focus): 450 cm = 4.50m

0.3 1 3 4 6 8 10 13 17 20 25m

Framing

Lock field of view / Constant focal length / Constant distance

Face | Portrait | Medium shot | American shot | Full shot

Activate the field of view lock to check how parameter changes affect the image with constant size of the model on the photo.

Saved s...

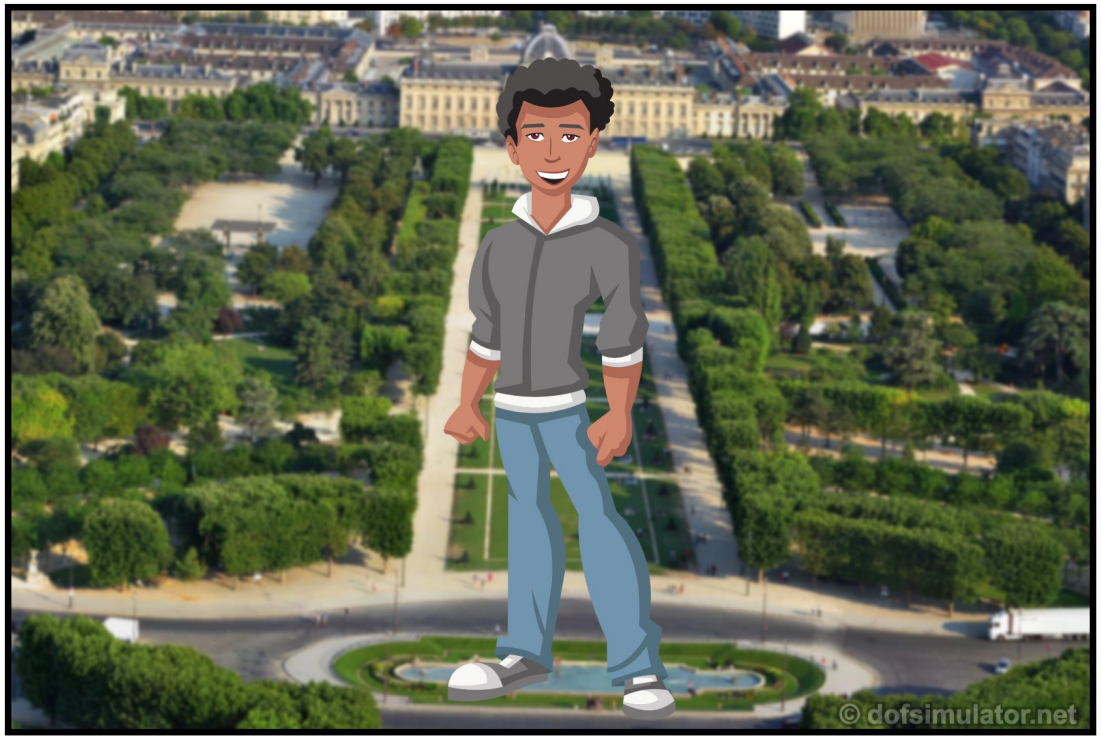
Add

					Remove
35mm (FX					✖
APS-C	55mm	f/1.4	3.00m	-	✖
APS-C	85mm	f/1.4	4.50m	-	✖

Simulation

Background blur: 0.207mm / 0.57%

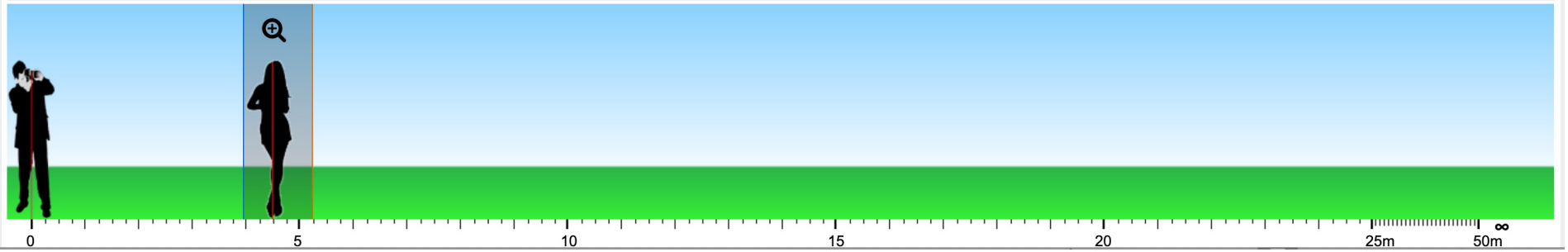
Bokeh:

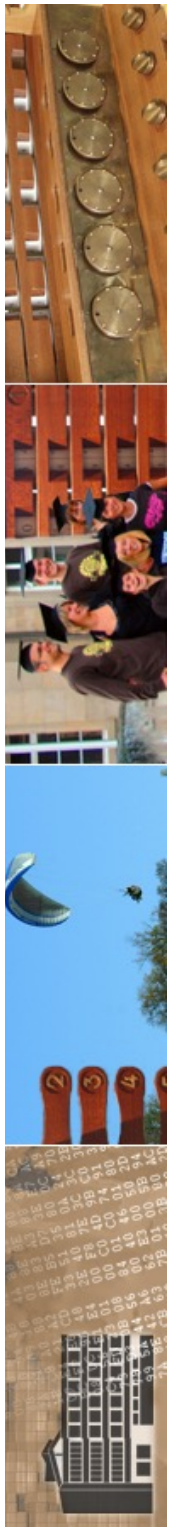


Depth of field

Total: **1.29m** (3.95m ~ 5.23m)

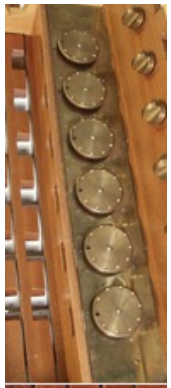
Circle of confusion: **0.0290mm** | In front of subject: **55.4cm (43.0%)** | Behind subject: **73.5cm (57.0%)** | Hyperfocal distance: **31.35m (>15.67m)**

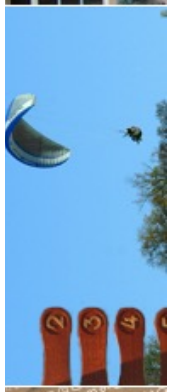




Blende IV


1.4 2 2.8 4 5.6 8 11 16
2.5 3 3.5 4 5 6 8 15 ∞
0.7 0.8 1 1.2 1.5 2 3 7 ∞
35
16 11 8 5.6 2.8 1.4 2.8 5.6 8 11 16

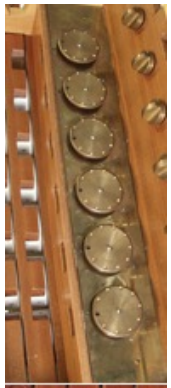


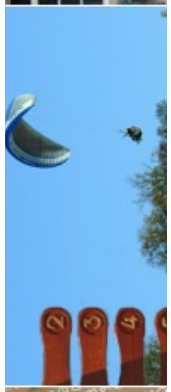



EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Blende V



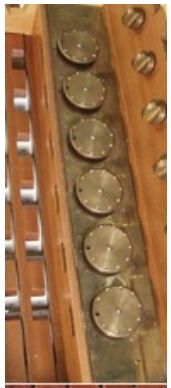


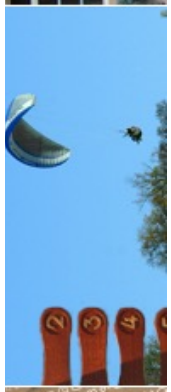



Blende VI



© 2026 Universität Tübingen

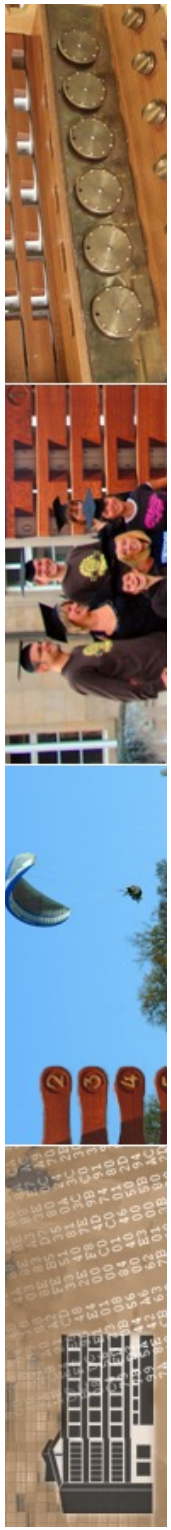





EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Blende VII



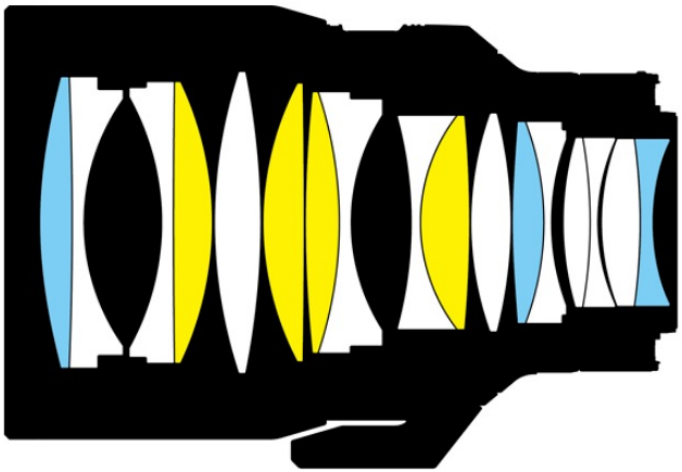


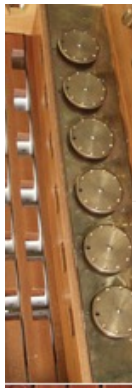
Blende VIII: Lichtstärke 1:0,95

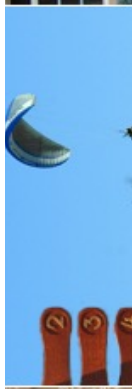




Lens Construction








LENS

Nikon Nikkor Z 58mm F0.95 S Noct Lens review: Ultra-high speed with high sharpness

Posted on October 21, 2021 by Kevin Carter, tested by DXOMARK Lens Team
Reading Time: 10 min read



55
DXOMARK
LENS

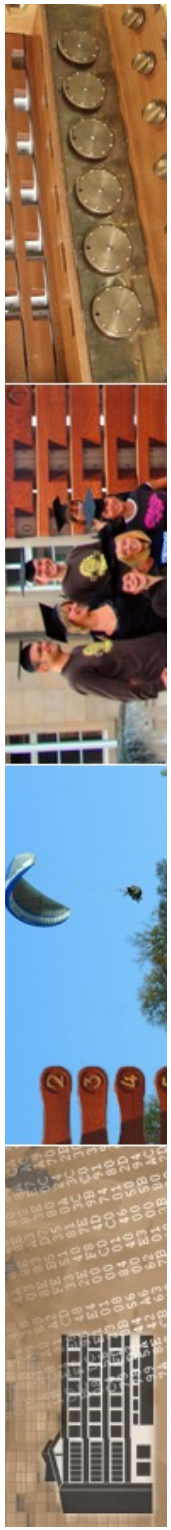
How we test lenses

The Nikon Nikkor Z 58mm F0.95 S Noct is an ultra-high speed manual focus lens for Nikon's Z series of full-frame mirrorless cameras. The new Noct references the old manual focus AI and AIS Noct-Nikkor 58mm F1.2 from the mid-70s and early '80s, a "special" lens designed to reduce coma particularly from bright light sources at night and in poor light. However, that's where a good number of the similarities end.

While all S-type Z lenses are intended for pros and serious amateurs, the faster lenses appear better made than that of the other slower models. The Noct features an all-metal outer and eschews autofocus for manual focusing using a huge, finely machined focus collar, with close to a long 350-degree focus throw. It also features a highly complex optical system with no less than 17 elements arranged in 10 groups and has a 0.5 m (1.64 ft) minimum focusing distance.

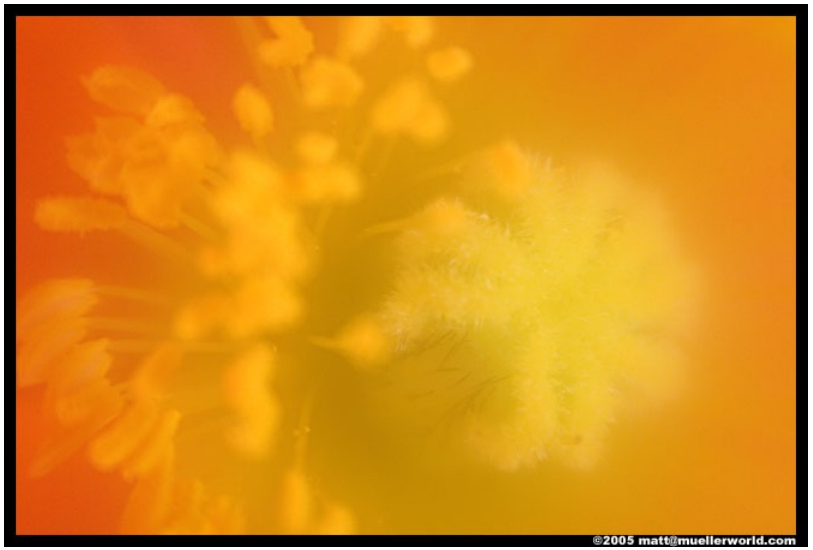
Test results
In-depth comparisons
- Sharpness
- Chromatic aberration
- Geometric distortion
- Vignetting
- Transmission

Conclusion



Blende IX: Lichtstärke 1:0,75

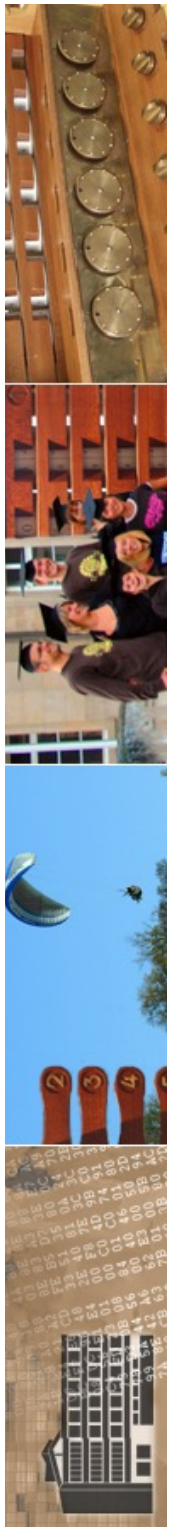






Rodenstock TV-Heliogon
42mm 1:0,75

http://www.muellerworld.com/exhibits/fast_lens/



Blende X: Lichtstärke 1:0,75

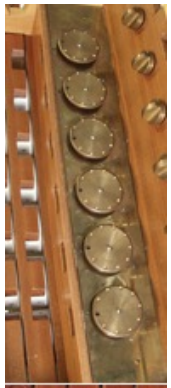


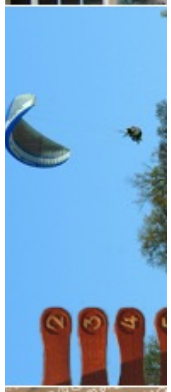




Kowa 62mm 1:0,75

http://www.muellerworld.com/exhibits/fast_lens/



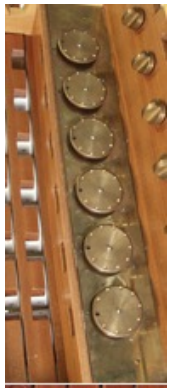


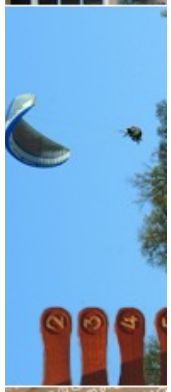

This rare Nikkor 58mm f/1.0 got the world's highest price ever paid for a Nikon lens at auction (€187,500)

By [NR] ADMIN | *Published:* OCTOBER 10, 2022



© 2026 Un
Tübingen

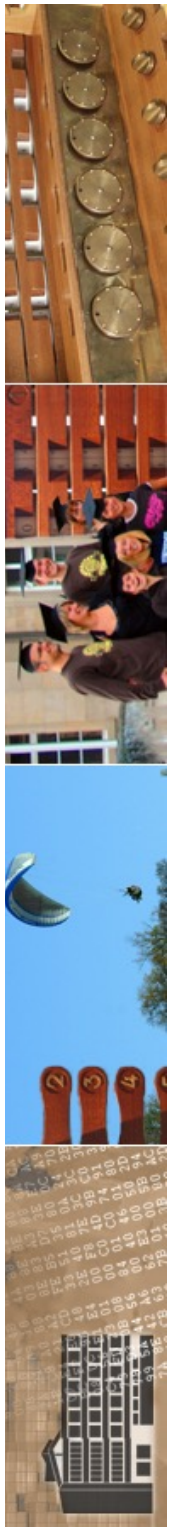





Blende XI: Bokeh



© 2026 Universität Tübingen

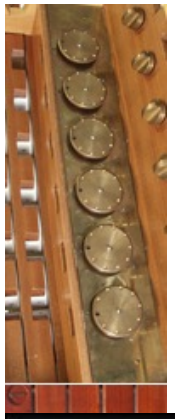


EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Blende XII: Bokeh



© 2026 Universität Tübingen



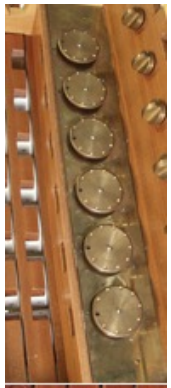
EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

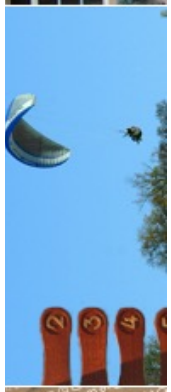
Blende XIII: Bokeh





© 2026 Universität Tübingen



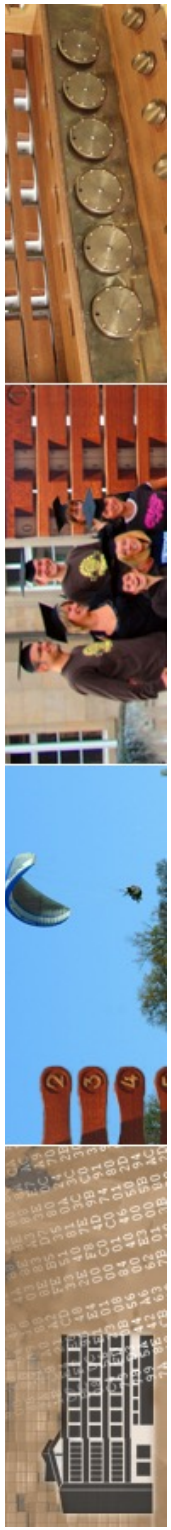


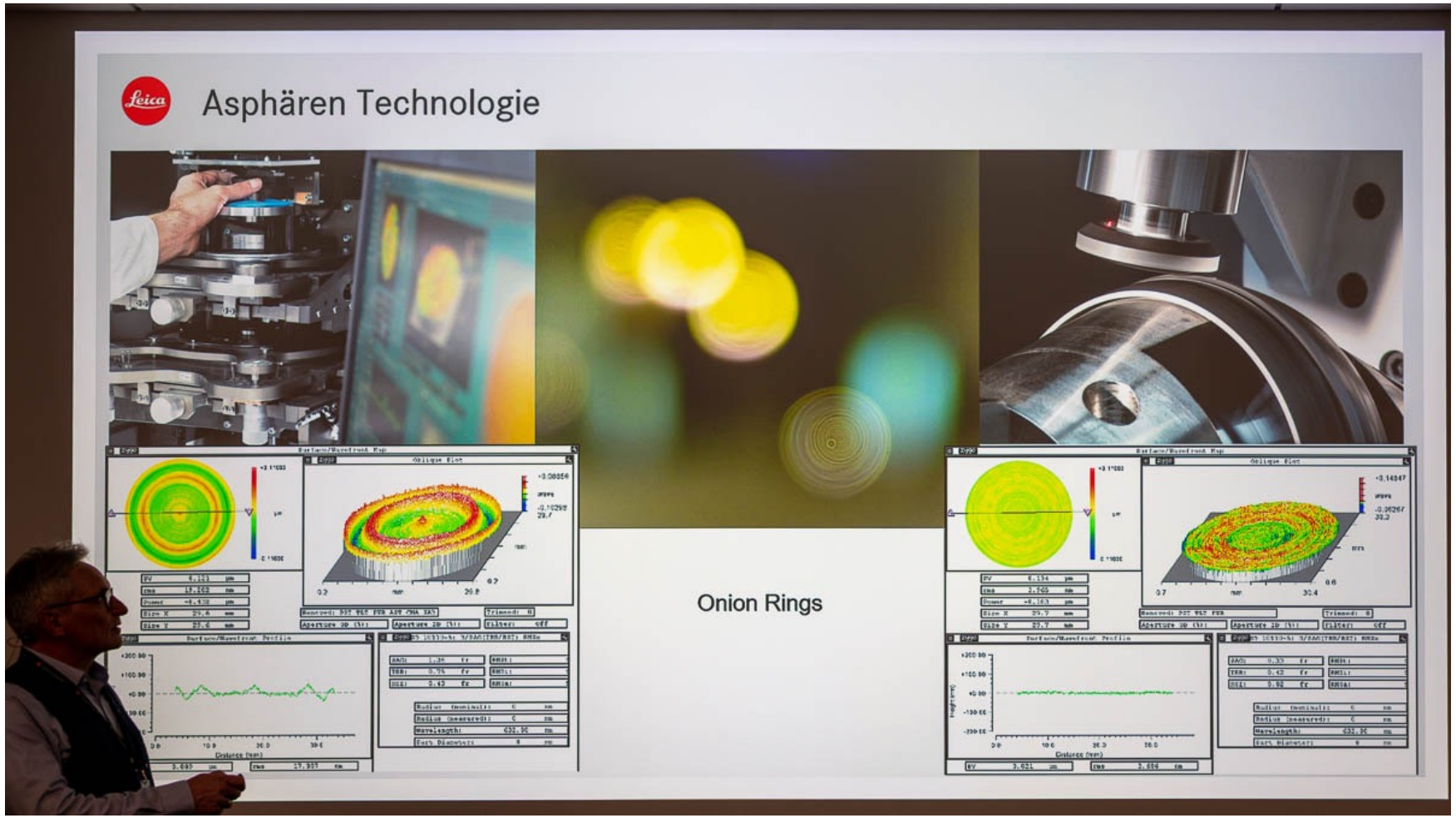

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Blende XIII: Onion Rings

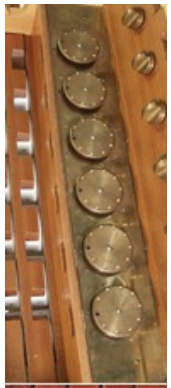


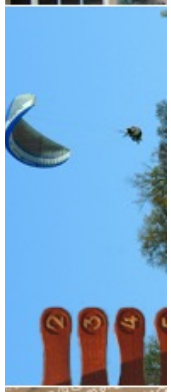
© 2026 Universität Tübingen





© 2026 Universität Tübingen

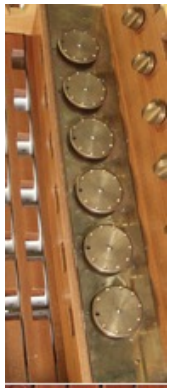


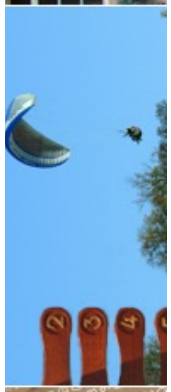



Blende XIV: Bokeh



© 2026 Universität Tübingen

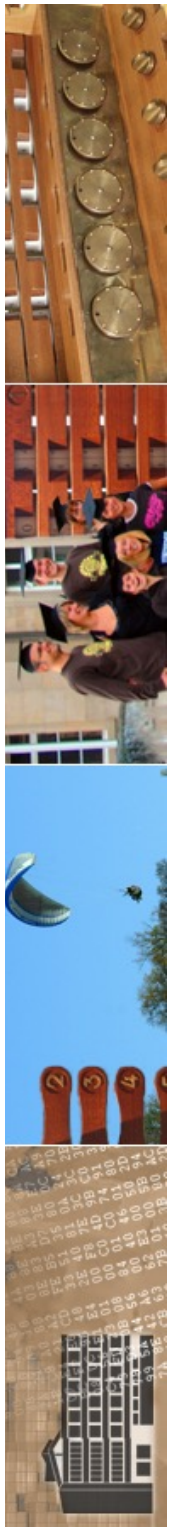





Blende XV: Bokeh



© 2026 Universität Tübingen



EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Blende XVI: Bokeh



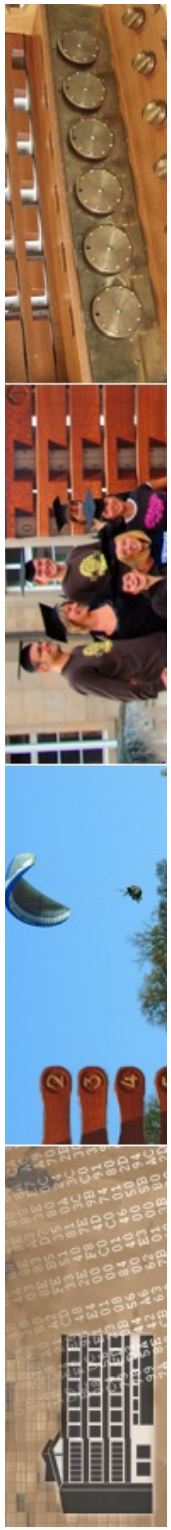
© 2026 Universität Tübingen

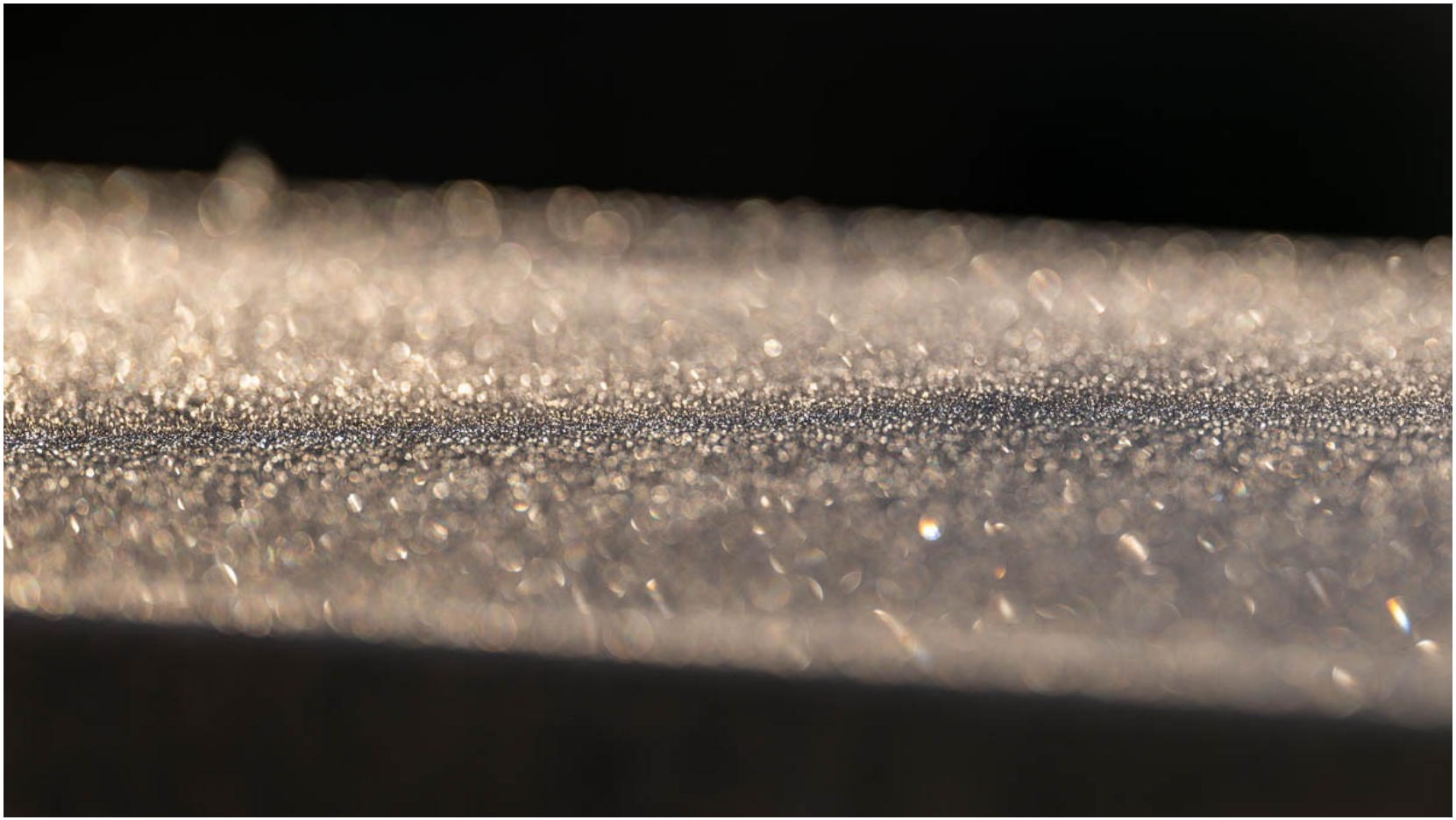


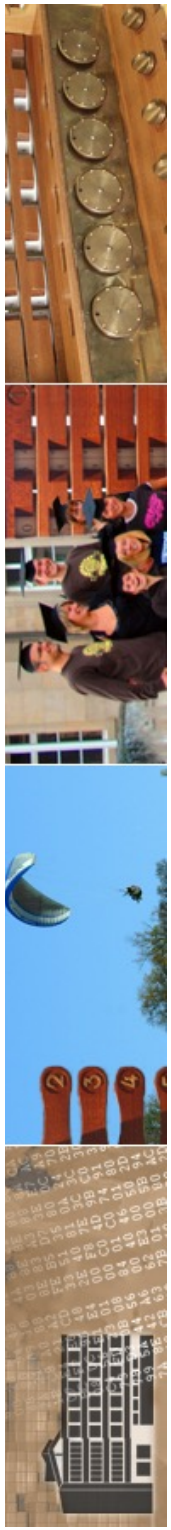
Zusammenhang

Schärfentiefe
Brennweite
Blende

© 2026 Universität Tübingen





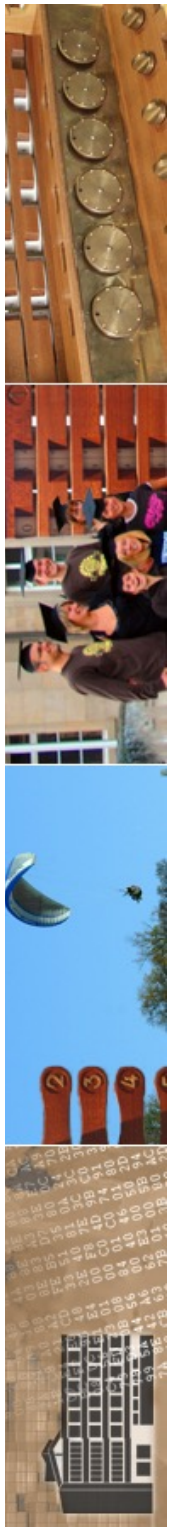


Blende beim Smartphone

- iPhone 18 pro mit echter Blende (nur Hauptkamera)
  - Blendenstufen 1,48 : 1,8 : 2,8 : 4
- *Schon 2009 hatte das Nokia N86 drei Blendenstufen, knapp zehn Jahre später probierte sich Samsung beim Galaxy S9 und S10 an zweien. In den letzten Jahren präsentierten chinesische Hersteller einzelne Modelle mit variabler Blende, insgesamt handelt es sich dennoch um Ausnahmen. (heise online)*



Die Blendenlamellen der Hauptkamera sieht man mit bloßem Auge.



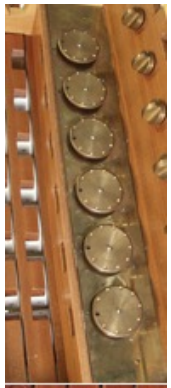
EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

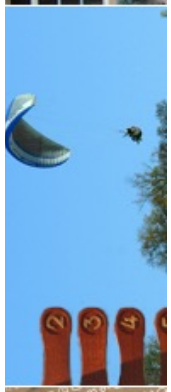
Freistellung

- hier wird Fotografie mehr als nur Technik…



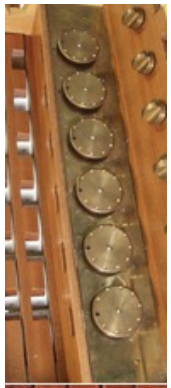


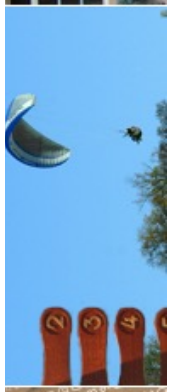






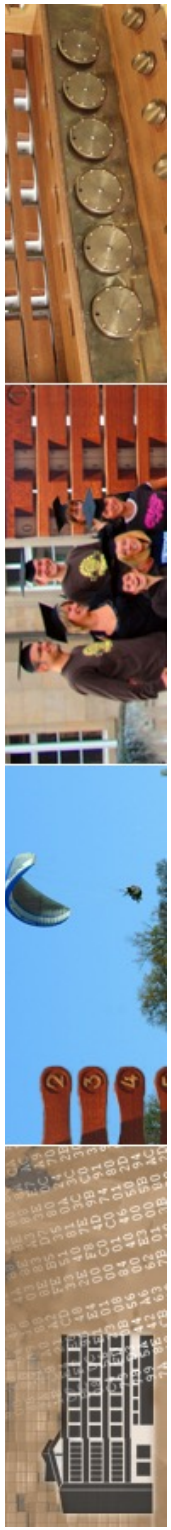

© 2026 Universität Tübingen



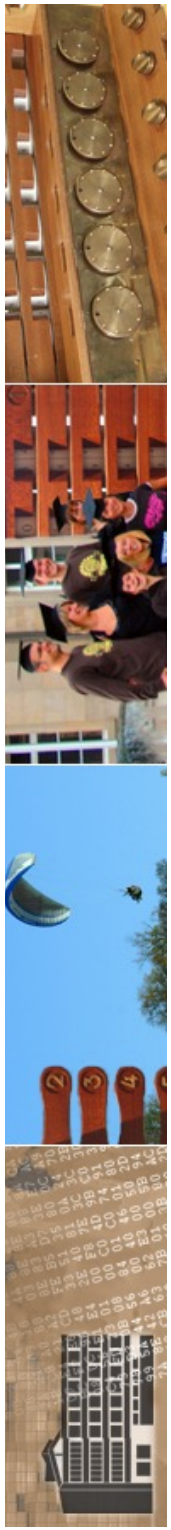




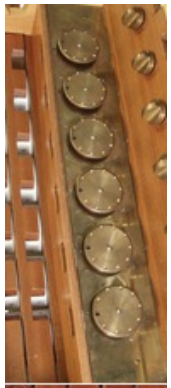

© 2026 Universität Tübingen

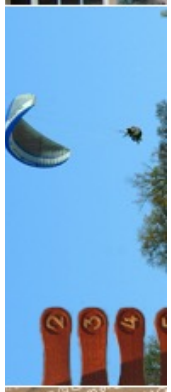






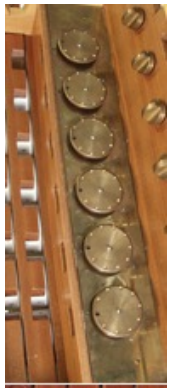


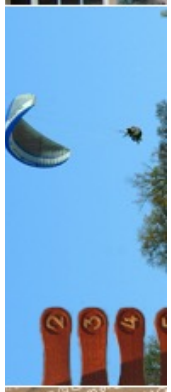






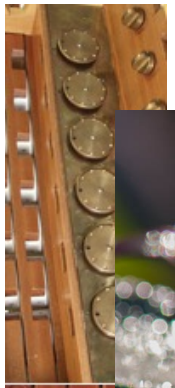
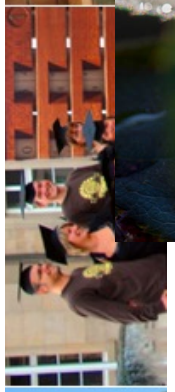
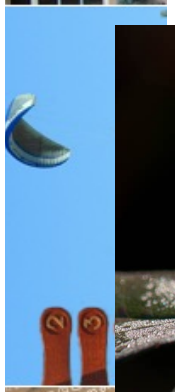

© 2026 Universität Tübingen



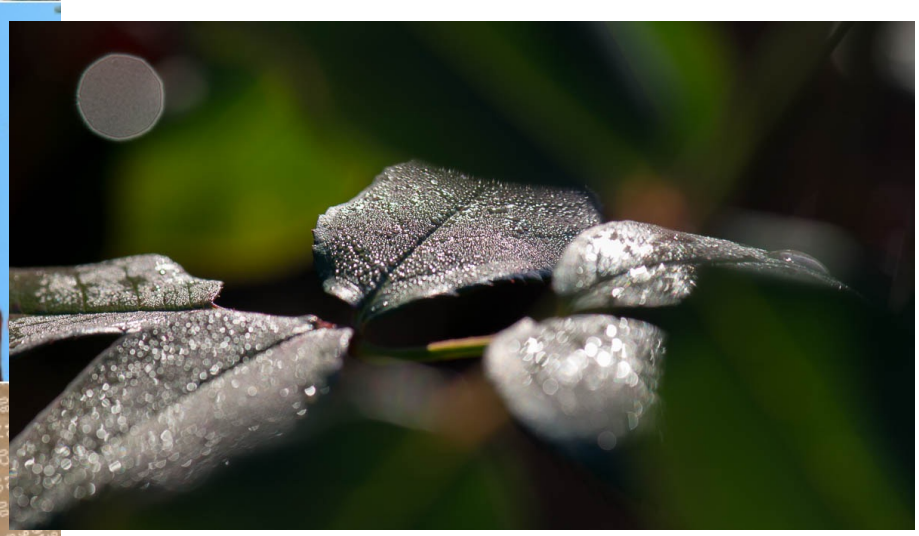


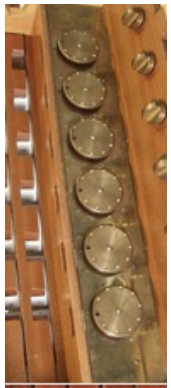


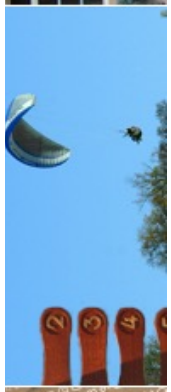
© 2026
Tübinge



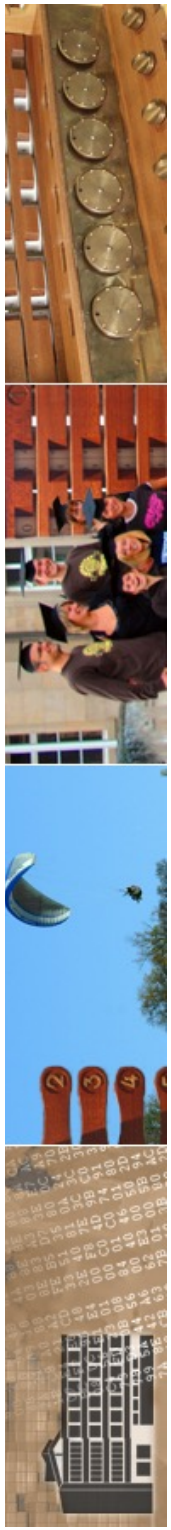


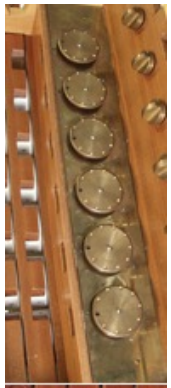


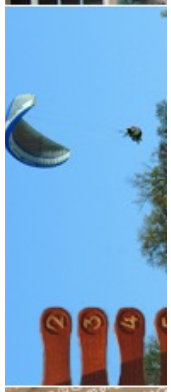



© 2026 Universität Tübingen



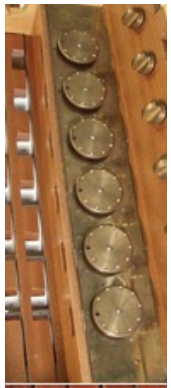

IS 16046/IEC 62133
Rechargeable Li-ion battery/
R-41046671
YU10116-15001
BP-SCL4
Made in China/Fabriqué en Chine








© 2026 Universität Tübingen



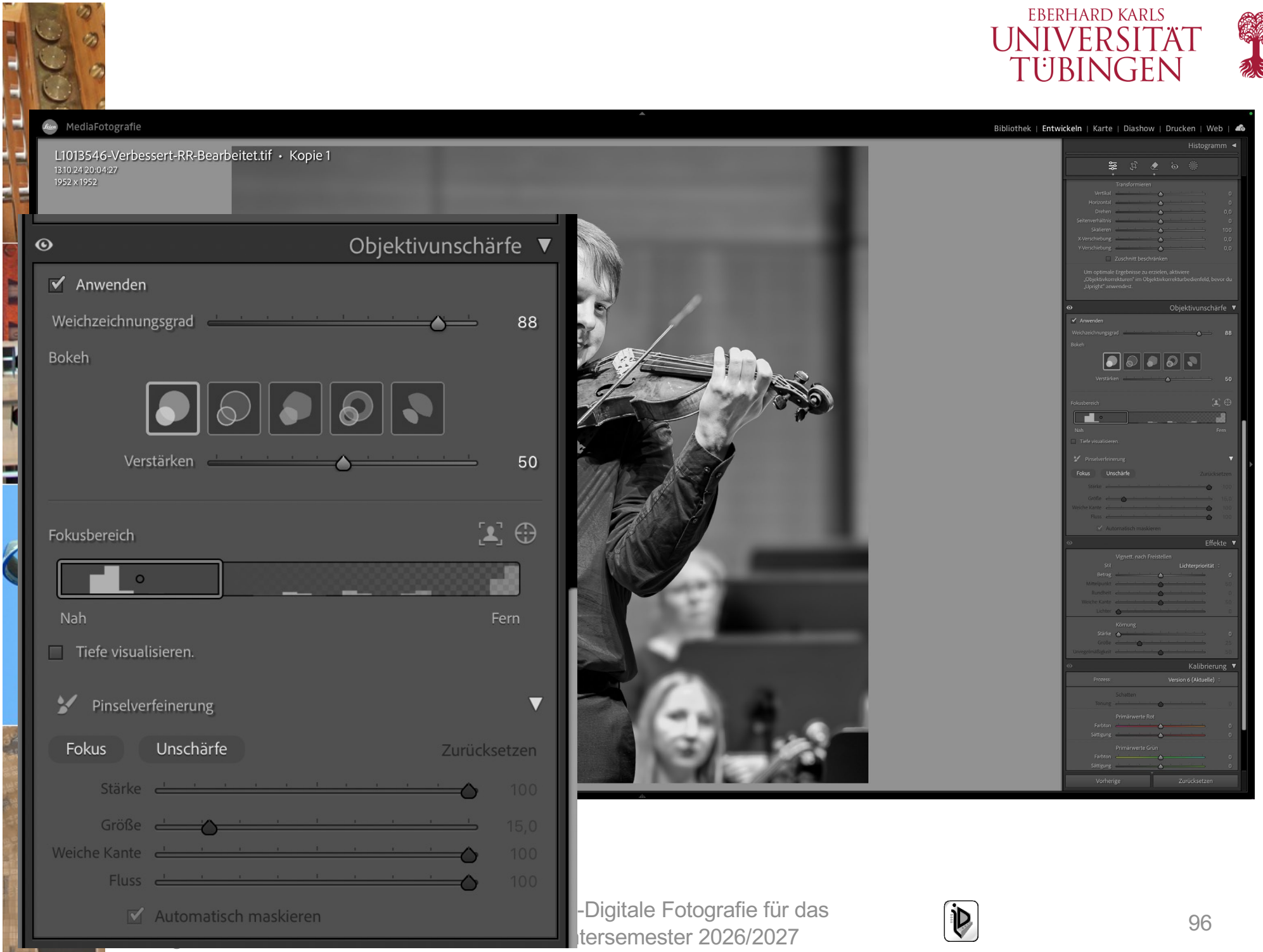


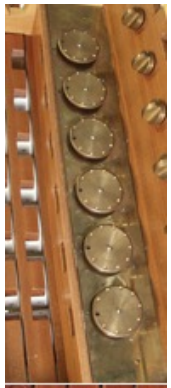
EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

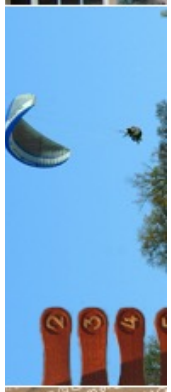
Freistellen mit Software

- statt komplexer Optik Software?
  - aktuelle Smartphones!
    „Portraitmodus“ löst Hintergrund auf




MediaFotografie
Bibliothek | Entwickeln | Karte | Diashow | Drucken | Web
L1013546-Verbessert-RR-Bearbeitet.tif • Kopie 1
13.10.24 20:04:27
1952 x 1952
Histogramm
Objektivunschärfe
Anwenden
Weichzeichnungsgrad 88
Bokeh
Verstärken 50
Fokusbereich
Nah
Fern
Tiefe visualisieren.
Pinselverfeinerung
Fokus
Unschärfe
Zurücksetzen
Stärke 100
Größe 15,0
Weiche Kante 100
Fluss 100
Automatisch maskieren
Effekte
Kalibrierung
Vorherige
Zurücksetzen

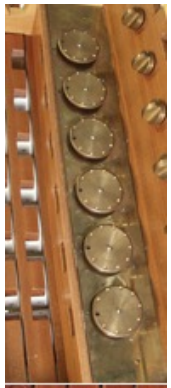


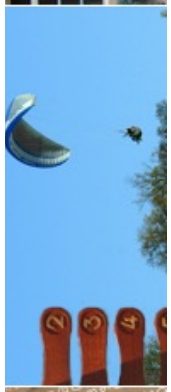



Blendenstern

- bei starkem Abblenden (stärker schließen als Blende 8):

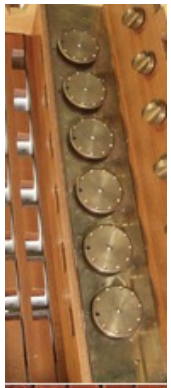
  Blendensterne

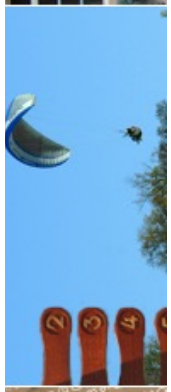







© 2026 Universität Tübingen

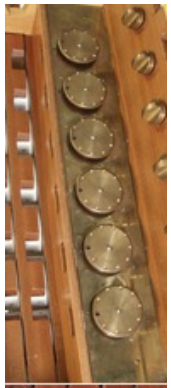


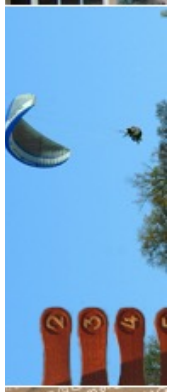



iPhone 18 pro f4



© 2026 Universität Tübingen





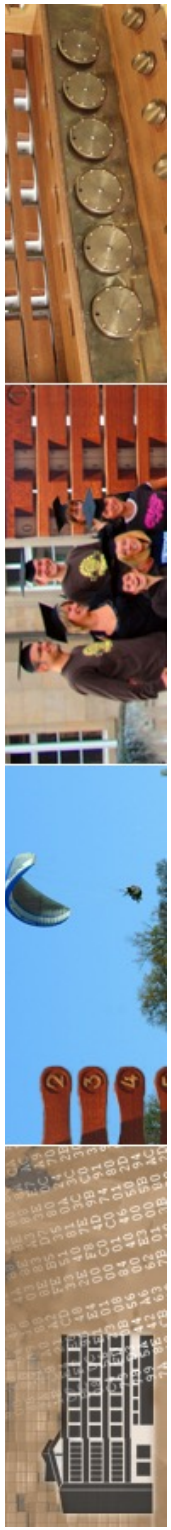

Begriffe

- focus-shift

  ☹

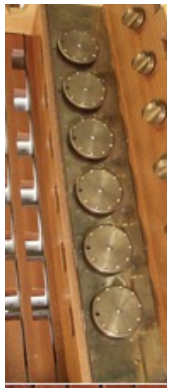
- Springblende
  - nur für SLR relevant
  - eine didaktische Herausforderung

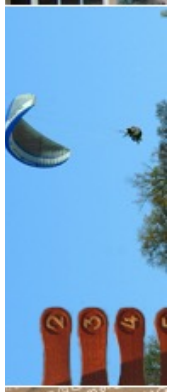
© 2026 Universität Tübingen



Arbeitsblende und Springblende

- Verschiedene Vorgehensweisen je nach Kameratyp
  - RF: Arbeitsblende
  - SLR: Springblende
  - **MILC:** hier wird es spannend...
    - Leica, Panasonic: Springblende wie bisher bei SLR
      - verwenden bisher meistens CDAF, von daher sinnvoll
    - Sony: Arbeitsblende wie bei RF
    - Nikon: Arbeitsblende bis f=5,6, danach Springblende

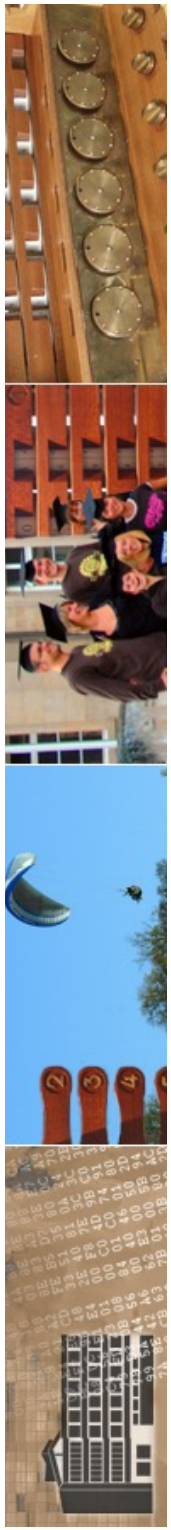





Hyperfokale Entfernung

$$H = \frac{cf}{B} = \frac{f^2}{B \cdot s}$$

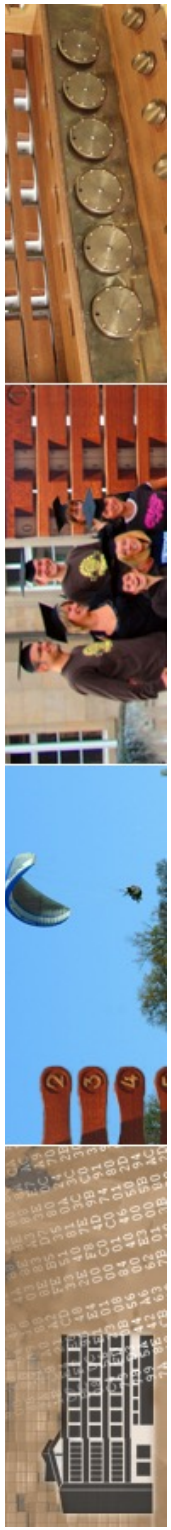
- Simulation über DOFMaster



Belichtung

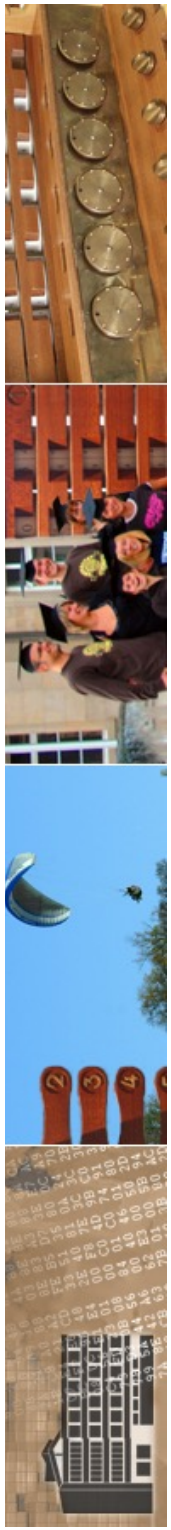
- **Belichtung** nennt man in der Fotografie das Einwirken der unterschiedlichen Lichtverteilung eines Aufnahmegegenstandes auf dem fotografischen Film oder dem Bildsensor, um ein Bild zu erhalten. Sie repräsentiert die zur Aufnahme beitragende Lichtmenge und wird also von der Beleuchtung und Reflexion des Aufnahmegegenstands, von der Öffnungsweite des Objektivs sowie von der Verschlusszeit *t* der Kamera beeinflusst. Die Belichtung ist ausgewogen, wenn Lichter und Schatten im Bild noch Zeichnung aufweisen und muss auf die Lichtempfindlichkeit des Films oder Bildsensors abgestimmt werden.

  (Wikipedia)



Empfindlichkeit des Sensors

- Empfindlichkeit, also wie viel/wenig Licht braucht ein Sensor (genauso für Film) wird in ISO gemessen
  - logarithmische Alternative DIN ist sinnvoller, aber hat sich nicht durchgesetzt
  - 100 ISO entspricht 21 DIN

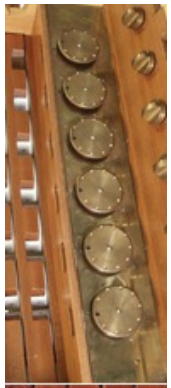


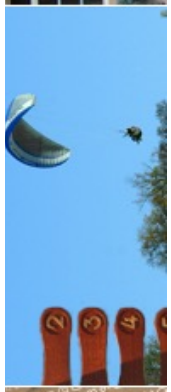
EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

ISO-DIN-Tabelle

ISO	DIN
50	18
100	21
200	24
400	27
800	30
1.600	33
3.200	36

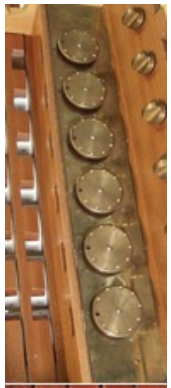
© 2026 Universität Tübingen

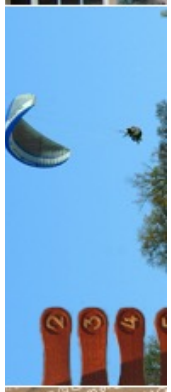





Empfindlichkeit	ASA	DIN	ISO
niedrig	**12**	**12**	**12/12°**
	16	13	
	20	14	
	25	**15**	**25/15°**
	32	16	
	40	17	
	50	**18**	**50/18°**
	64	19	
	80	20	
normal	**100**	**21**	**100/21°**
	125	22	
	160	23	
	200	**24**	**200/24°**
	250	25	
	320	26	
hoch	**400**	**27**	**400/27°**
	480	28	
	640	29	
	800	**30**	**800/30°**

© 2026 Universität Tübingen

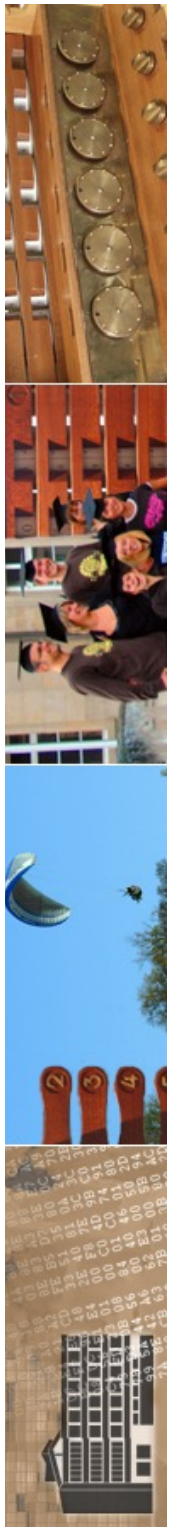





typische Sensorempfindlichkeiten

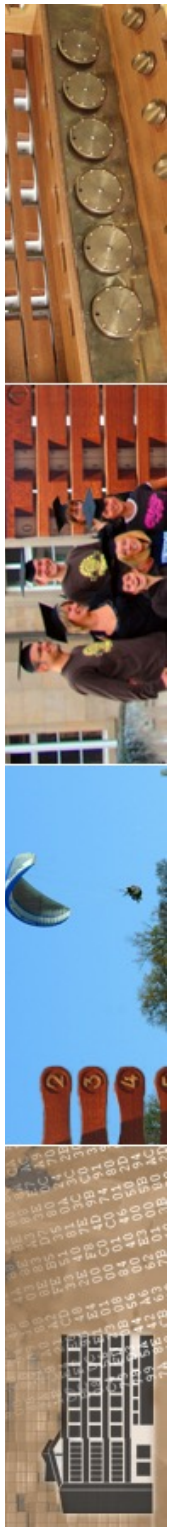
- Grundempfindlichkeit:
  häufig 100 ISO

- maximale Empfindlichkeit:
  heute häufig bis 100.000 ISO oder sogar mehr
  - wichtig für Sport
  - wichtige Technik: BSI-Sensor



ISO-invariante Sensoren

- neue Entwicklung (ausgehend von Sony): ISO-invariante Sensoren
  - die Aufnahme wird tatsächlich immer im Grundzustand gemacht und der ISO-Wert erst nachträglich eingerechnet
  - ISO-Wert ist nur Metadatum in der Bilddatei

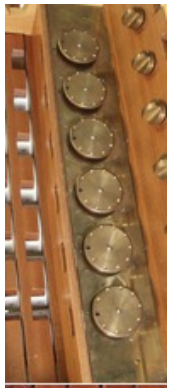


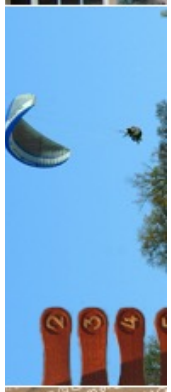
nur digital: Auto-ISO

- Digitalkameras haben eine „ISO-Automatik“:

  ISO-Wert wird automatisch angepasst

- es gibt sehr unterschiedliche Implementierungen
- Beispiel:
  - Vorgabe der längsten Belichtungszeit (z.B. 1/60 Sekunde); reicht dies bei Basis-ISO nicht aus, wird der ISO-Wert erhöht





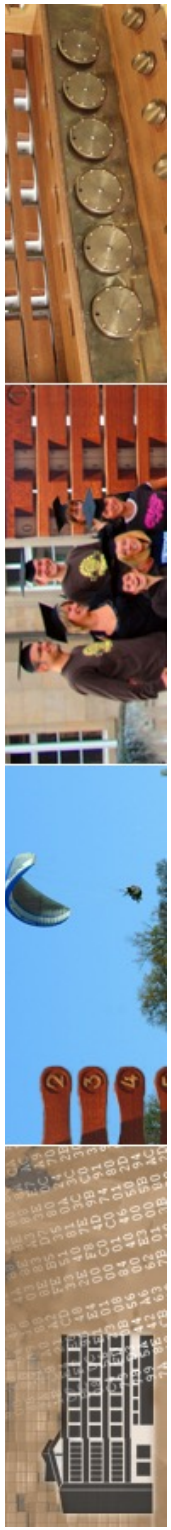

nur digital: Auto-ISO

- mit festem ISO-Wert:

  Belichtung im 2-dimensionalen Raum
  Blende – Belichtungszeit

- mit Aut-ISO:

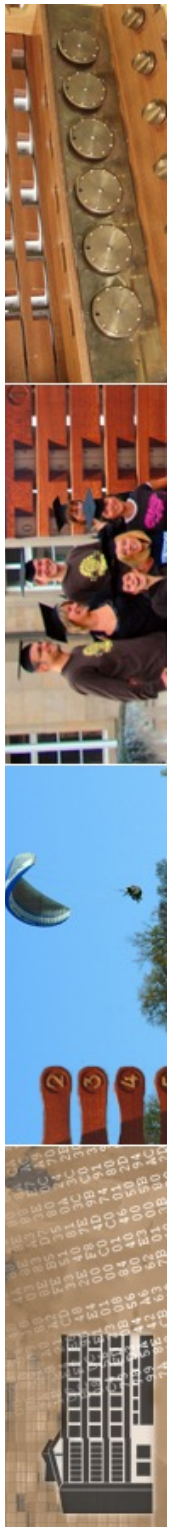
  Belichtung im 3-dimensionalen Raum
  Blende – Belichtungszeit – ISO



Belichtungsmessung

- es muss die „korrekte Lichtmenge“ auf Sensor/Film treffen
- entscheidende Parameter
  - Belichtungszeit
  - Blende
  - Empfindlichkeit des Sensors

© 2026 Universität Tübingen

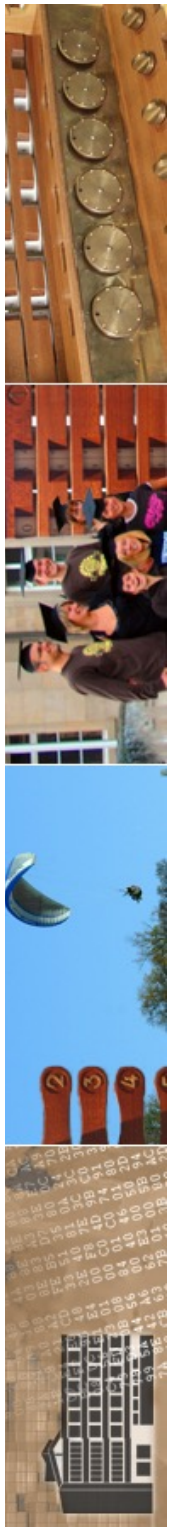


EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Belichtungsmessung

- zwei Möglichkeiten der Messung des Lichtes, um die korrekten Paramater zu berchnen
  - Messung des Lichtes
  - Messung der Lichtreflexion

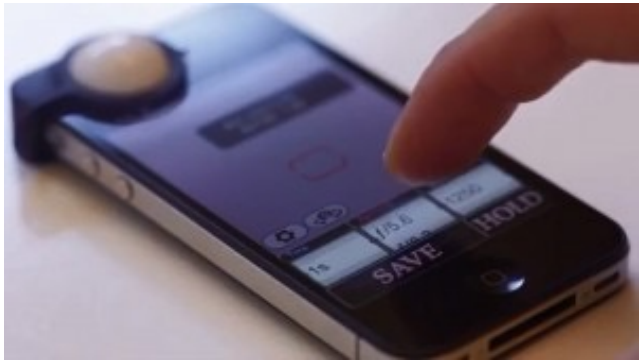
© 2026 Universität Tübingen



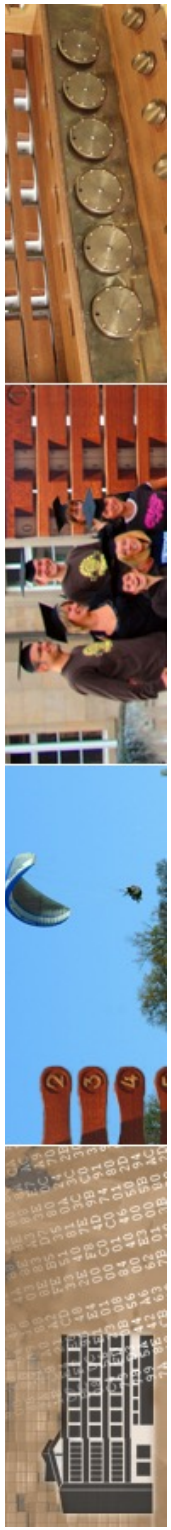
Belichtungsmesser





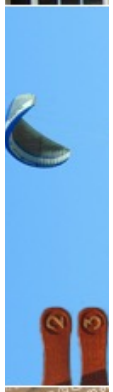


© 2026 Universität Tübingen




EV800: 11.81
EV100: 8.81
1/125
f/5.6
800
SAVE
HOLD
SEKONIC
$
$$$






Sekonic celebrates 70th anniversary with a limited-edition, retro-inspired light meter

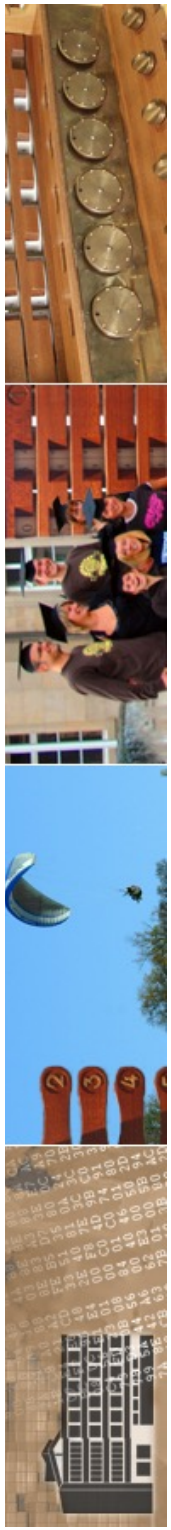
Published Jul 2, 2021 | Damien Demolder

Share Tweet





© 2026 Universität Tübingen



Graukarte

- einfach – aber wichtig: **Graukarte**

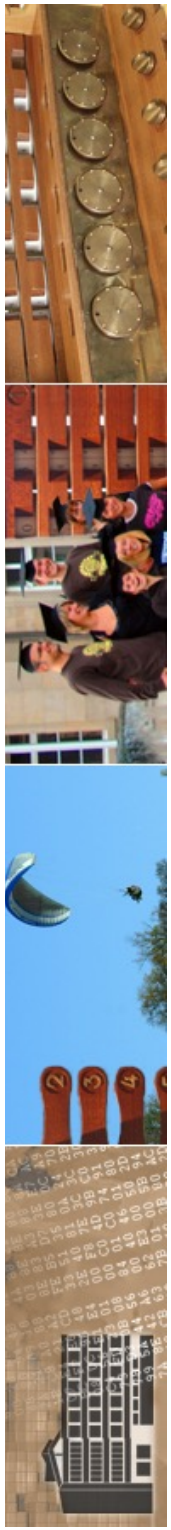
  Definition: Reflexion von 18% des Lichtes

  (Zonensystem: Zone V)



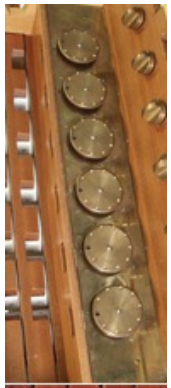
- auch für *Weißabgleich* sehr nützlich

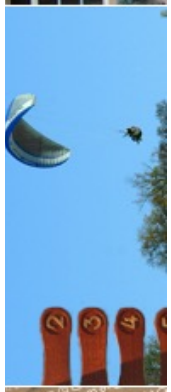
© 2026 Universität Tübingen





© 2026 Universität Tübingen



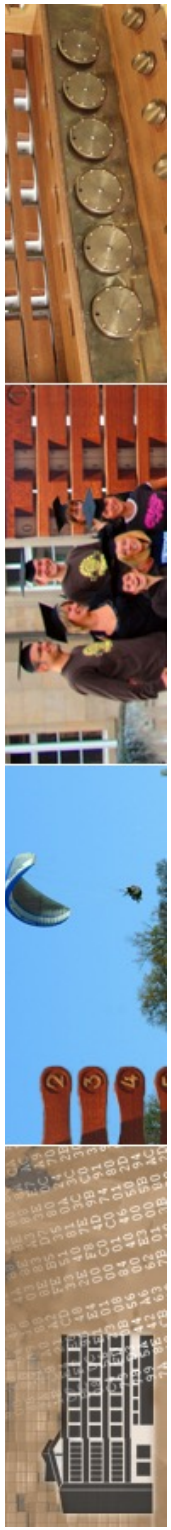



nützliche Regeln

- **„Sonne lacht: Blende acht“**
  (bei ISO 100)

- **Belichtungszeit höchstens 1/Brennweite**
  für Aufnahmen ohne Verwacklung
  - Beispiel: 50mm Objektiv ➔ höchstens 1/50 Sekunde Belichtungszeit
    - moderne Technik hilft mit OIS und IBIS wesentlich

© 2026 Universität Tübingen

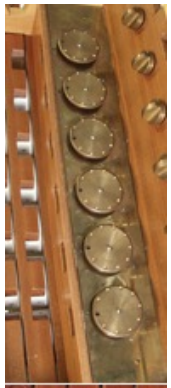


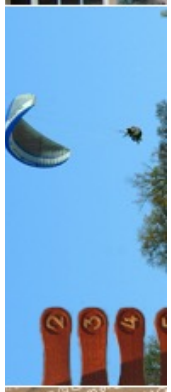
nützliche Regeln

Licht	Blende
Strand, Schnee in heller Sonne	16
helles Sonnenlicht	11
dunstiges Sonnenlicht	8
bewölkt, hell	5,6
bewölkt, offene Schatten	4

(jeweils ISO 100)

© 2026 Universität Tübingen

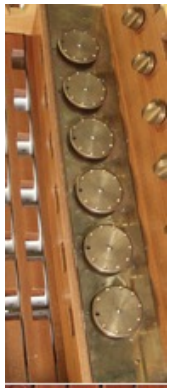




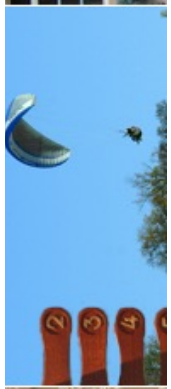

Belichtungszeit und Verwackeln

- Belichtungszeit höchstens 1/Brennweite oder sogar 1 / 2x Brennweite
- Verbesserung durch
  - optische Bildstabilisation im Objektiv (OIS)
  - Sensor-Bildstabilisation (IBIS)
  - oder beides

- *bis zu 7 Blendenstufen Verbesserung!!!*









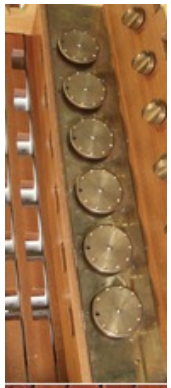


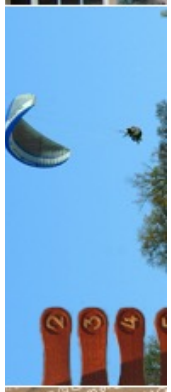
EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Beispiele
IBIS
ohne Stativ



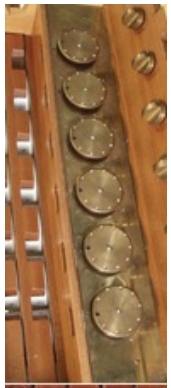
© 2026 Universität Tübingen

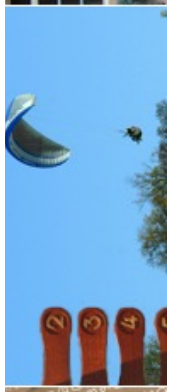






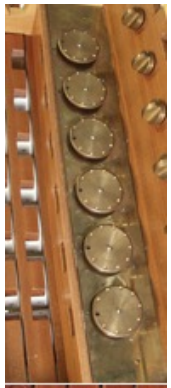

© 2026 Universität
Tübingen

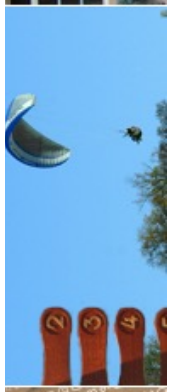






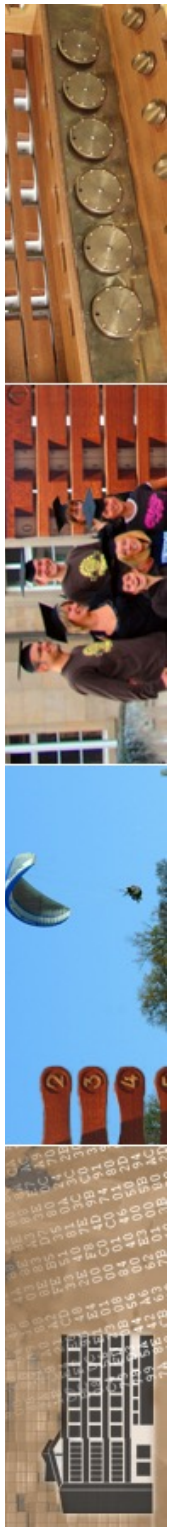

© 2026 Universität Tübingen





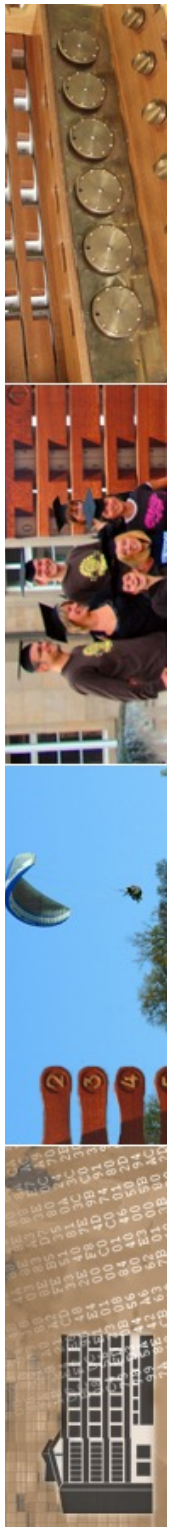



© 2026 Universität Tübingen



Verschluss der Kamera

- Verschluss regelt die Zeit, in der Licht auf Sensor/Film fällt
- entscheidende Komponente für korrekte Belichtung



EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

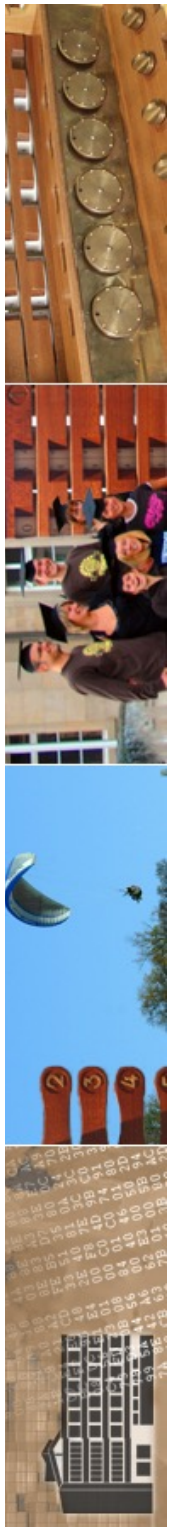
Verschluss der Kamera

- mechanischer Verschluss
  - „von Hand“: sehr historisch
  - Zentralverschluss („Compur“)
  - Schlitzverschluss

- „elektronischer Verschluss“
  - nur im Digitalen
    - geräuschlos
    - Problem: Rolling Shutter



© 2026 Universität Tübingen

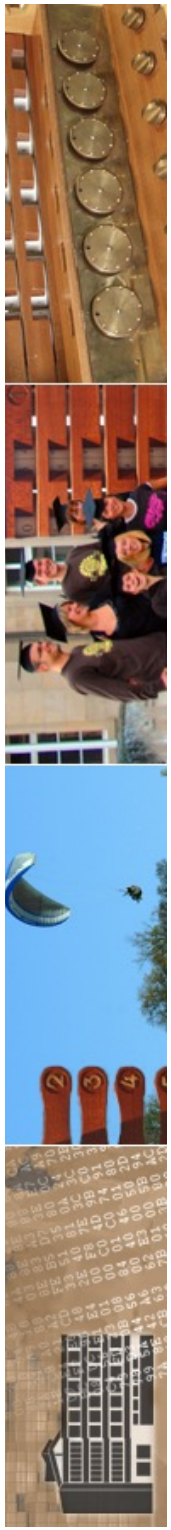


EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Rolling Shutter

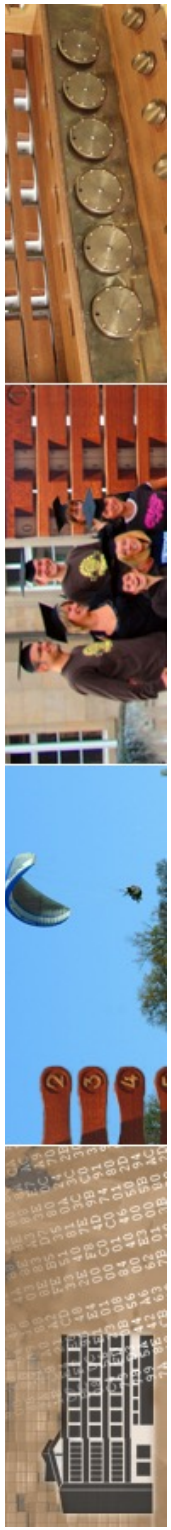


© 2026 Universität Tübingen



Verschluss der Kamera

- Verschluss und Blitzaufnahme
  - Blitzdauer ist sehr kurz: < 1/10.000 Sekunde
  - Herausforderung für Verschluss
  - möglicher Ausweg: HSS

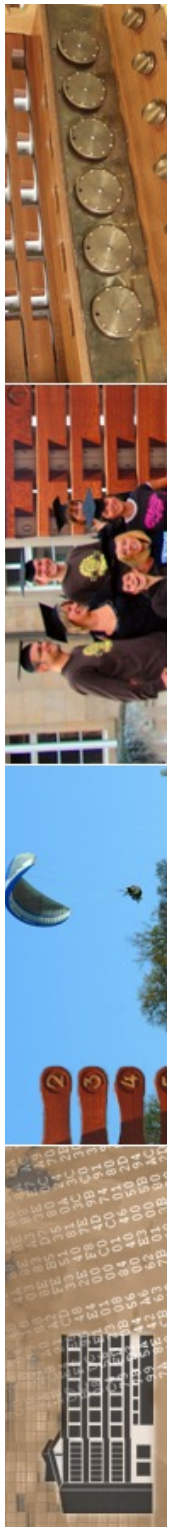


Verschluss der Kamera

- die (mögliche) Zukunft im Digitalen:

global shutter

  - sehr schneller elektronischer Verschluss auf Basis stacked sensor
  - würde alle „Probleme“ einschließlich Blitzaufnahmen lösen
  - nicht 2021, 2022 - aber 2023 (Sony Alpha 9 III)

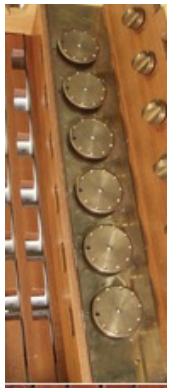


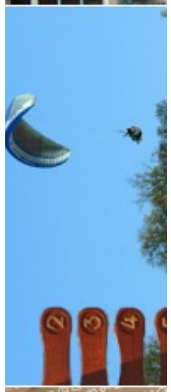
Global Shutter

- mechanischer Verschluss: 3ms
- Nikon Z8/Z9 (stacked sensor): 4,5 MS
- CANON R3 (Stacked sensor): 5 ms
- normaler BSI Sensor: 20ms – 60ms

- global shutter: 0ms

© 2026 Universität Tübingen








α9 III

24.6MP

Global shutter system

Blackout-free

120 fps with AF/AE tracking

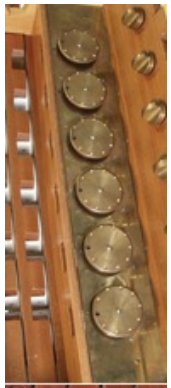
AI processing unit

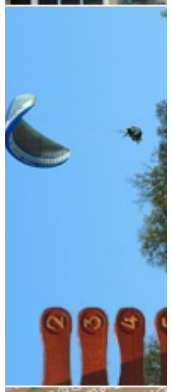
Exmor RS CMOS Sensor BIONZ XR

4K HDR

5-axis SteadyShot INSIDE

© 2026 Universität Tübingen



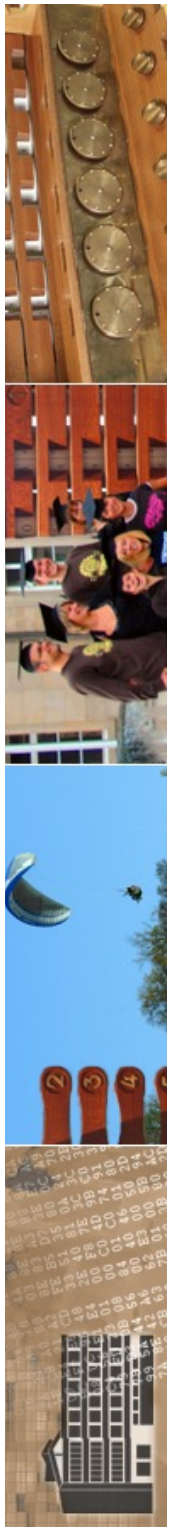



EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Aktuelles

- spannend (gefährlich): elektronischer Verschluss und LED-Beleuchtung



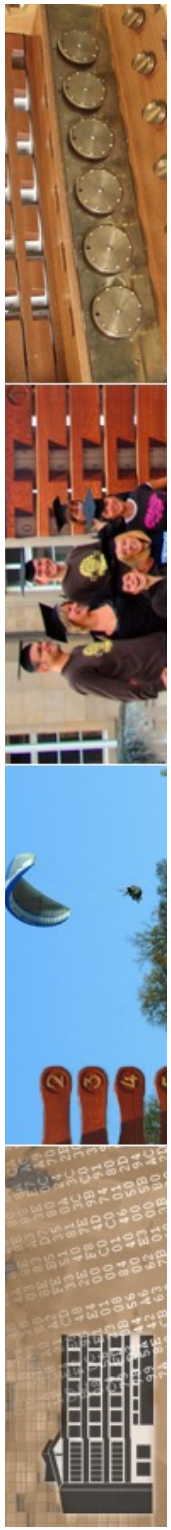


Belichtungsautomatik

- Belichtungsautomatik:

  nächster Schritt nach der Belichtungsmessung

  Belichtungsmessung ➔ *automatisches Einstellen* von Blende und Belichtungszeit (und ISO-Wert)

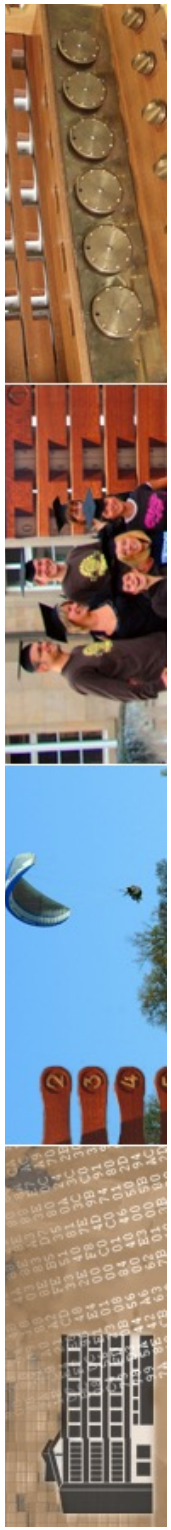


EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Nikon F2AS, 1977



© 2026 Universität Tübingen

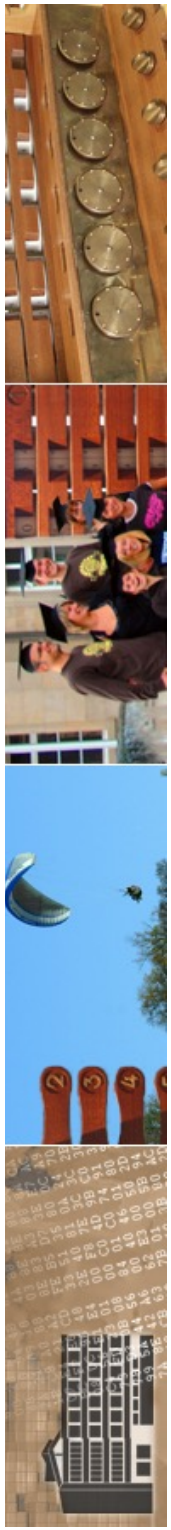


Belichtungsautomatik

- die gängigen Varianten

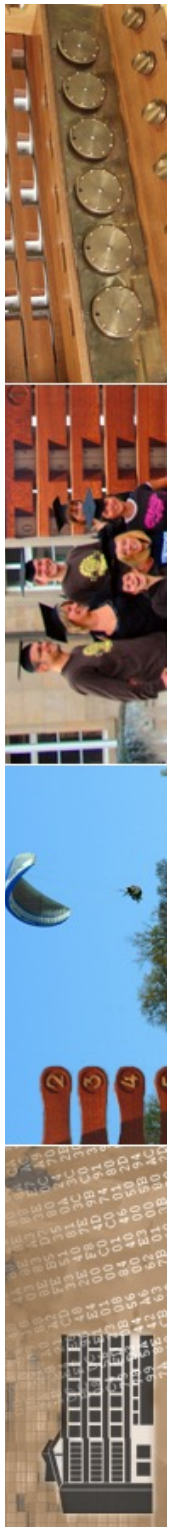
Kürzel	Beschreibung
M	keine Automatik
A	Zeitautomatik (Wahl der Blende)
S	Blendenautomatik (Wahl der Belichtungszeit)
P	Vollautomatik
ISO	ISO-Automatik: korrekte Belichtung durch Anpassen des ISO-Wertes (nur digital)

© 2026 Universität Tübingen



Lichtwert (EV)

- Lichtwert (Exposure Value, EV): (logarithmische) Kombination von Belichtungszeit und Blende (bezogen auf ISO 100)
  - EV 0: Blende 1 und 1 Sekunde
  - EV 1: Blende 1,4 und 1 Sekunde oder Blende 2 und 2 Sekunden
  - je höher der EV desto mehr Licht
    - EV um 1 erhöht ➔ Lichtmenge verdoppelt



Lichtwert (EV)

- Lichtwert

$$EV = \log_2 \frac{B^2}{T}$$



Tabelle für die Lichtwerte von Zeit-Blenden-Kombinationen [Bearbeiten | Quelltext bearbeiten]

LW	4 s	2 s	1 s	1/2 s	1/4 s	1/8 s	1/15 s	1/30 s	1/60 s	1/125 s	1/250 s	1/500 s	1/1000 s	1/2000 s	1/4000 s
f/32	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
f/22	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
f/16	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
f/11	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
f/8	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
f/5,6	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
f/4	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
f/2,8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f/2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
f/1,4	–1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
f/1	–2	–1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



© 2026 Universität Tübingen

Berechnung des Lichtwertes bei ISO 100 mit Blendenwert B und Belichtungszeit T

In[1]:=

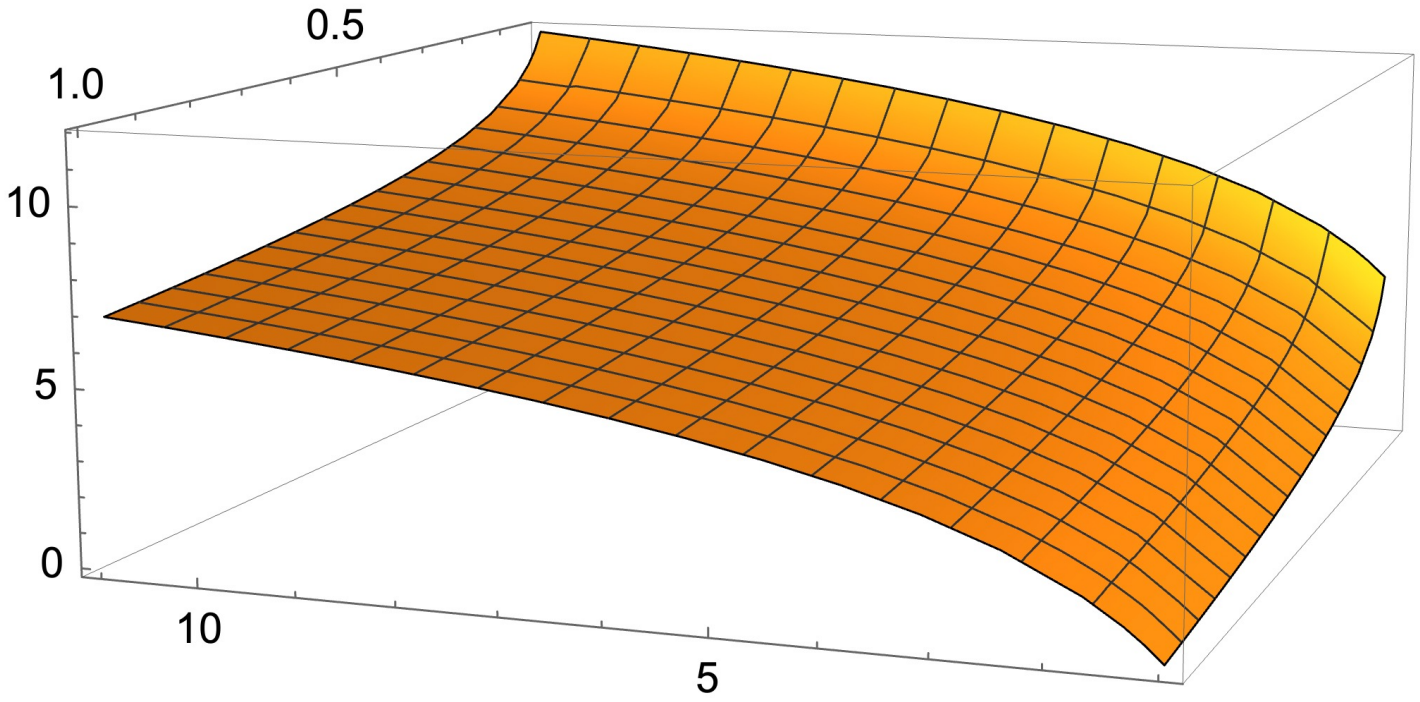
```
ev[b_, t_] := Log2[b^2 / t]
```

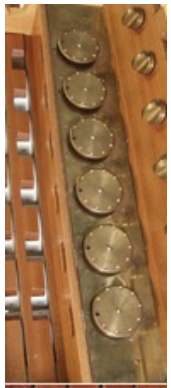
Logarithmus zur Ba

In[2]:=

```
Plot3D[ev[b, t], {b, 1, 11}, {t, 1, 1/30}]
```

stelle Funktion graphisch in 3D dar





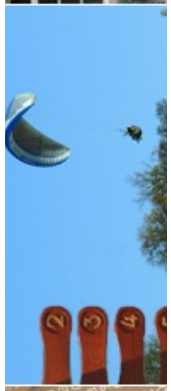
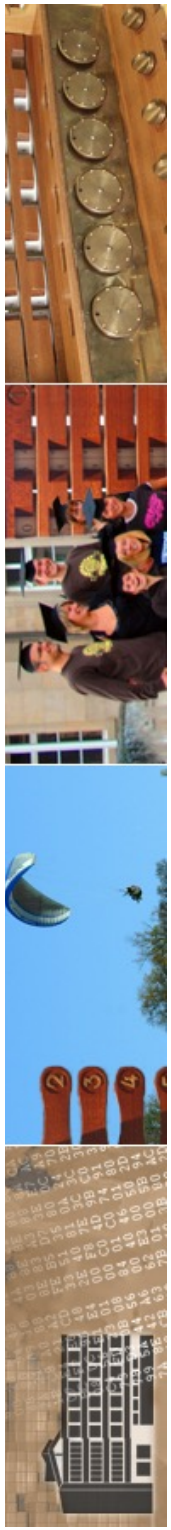



Table 1. Exposure times, in seconds or minutes (m), for various exposure values and *f*-numbers (ISO 100)

EV	*f*-number												
	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8.0	11	16	22	32	45	64
–6	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m	256 m	512 m	1024 m	2048 m	4096 m
–5	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m	256 m	512 m	1024 m	2048 m
–4	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m	256 m	512 m	1024 m
–3	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m	256 m	512 m
–2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m	256 m
–1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m
0	1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m
1	1/2	1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m
2	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m
3	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m
4	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m
5	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30	60	2 m
6	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30	60
7	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30
8	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15
9	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8
10	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4
11	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2
12	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1
13	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2
14	1/16000	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4
15	1/32000	1/16000	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8
16		1/32000	1/16000	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15
17			1/32000	1/16000	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30
18				1/32000	1/16000	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60
19					1/32000	1/16000	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125
20						1/32000	1/16000	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250
21							1/32000	1/16000	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500
EV	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8.0	11	16	22	32	45	64
	f-number												

© 2
Tüb

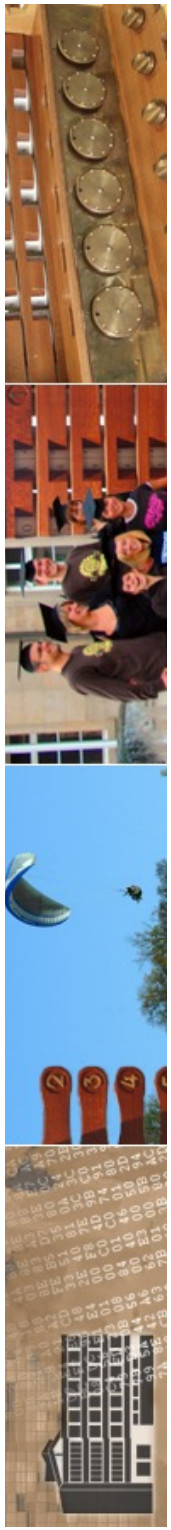


EV und AF

- je weniger Licht ➔ je schlechter der AF
  - typische Werte: AF bis -4 EV

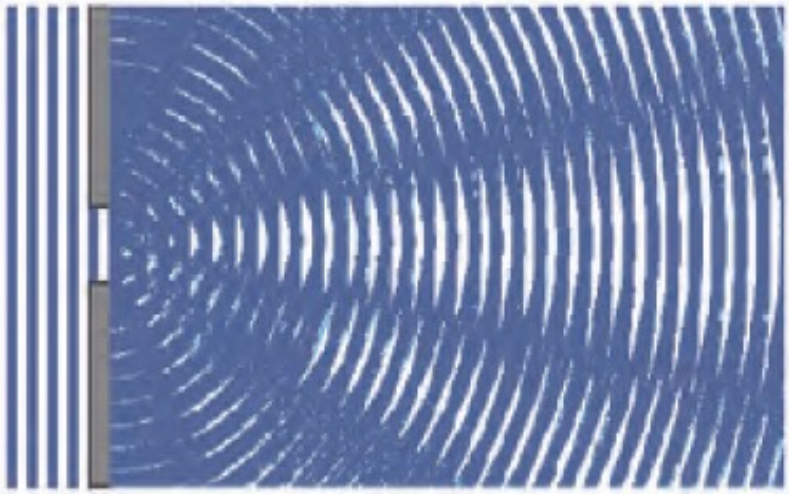
Schnelle und präzise Fokussierung

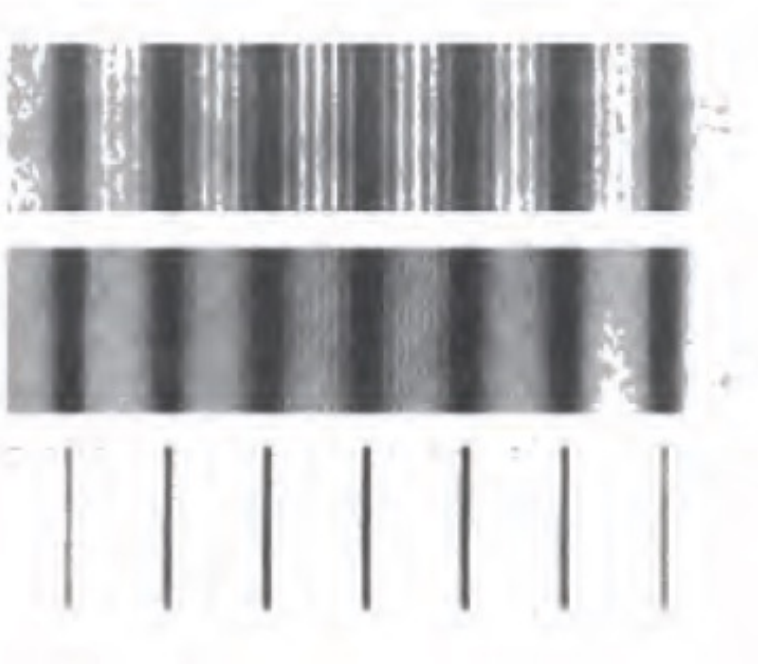
Die EOS R5 kann in nur 0,05 Sekunden fokussieren – eine Spitzenleistung bei einer spiegellosen Vollbildkamera.[1] Zudem arbeitet der Autofokus auch bei niedrigen Lichtstufen bis -6 EV,[2] – das entspricht ungefähr der Beleuchtung bei Halbmond.

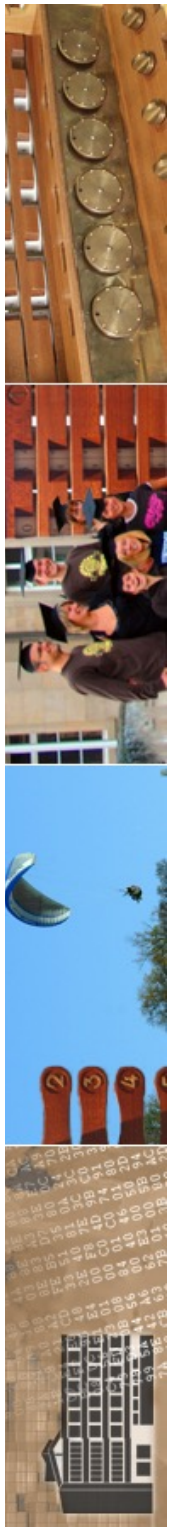


Wellenoptik

- Begriffe wie Beugung







…und nun…

- kennen wir die physikalischen Grundlagen der Fotografie



- als nächstes: mehr Physik der Fotografie, insbesondere die Fehler der Objektive