

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT TÜBINGEN

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT
FACHBEREICH INFORMATIK
INFORMATIONSDIENSTE

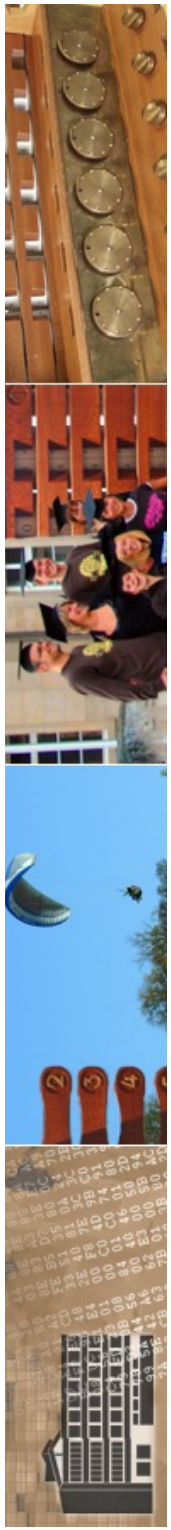
Digitale Fotografie für das Web

MEINF4330

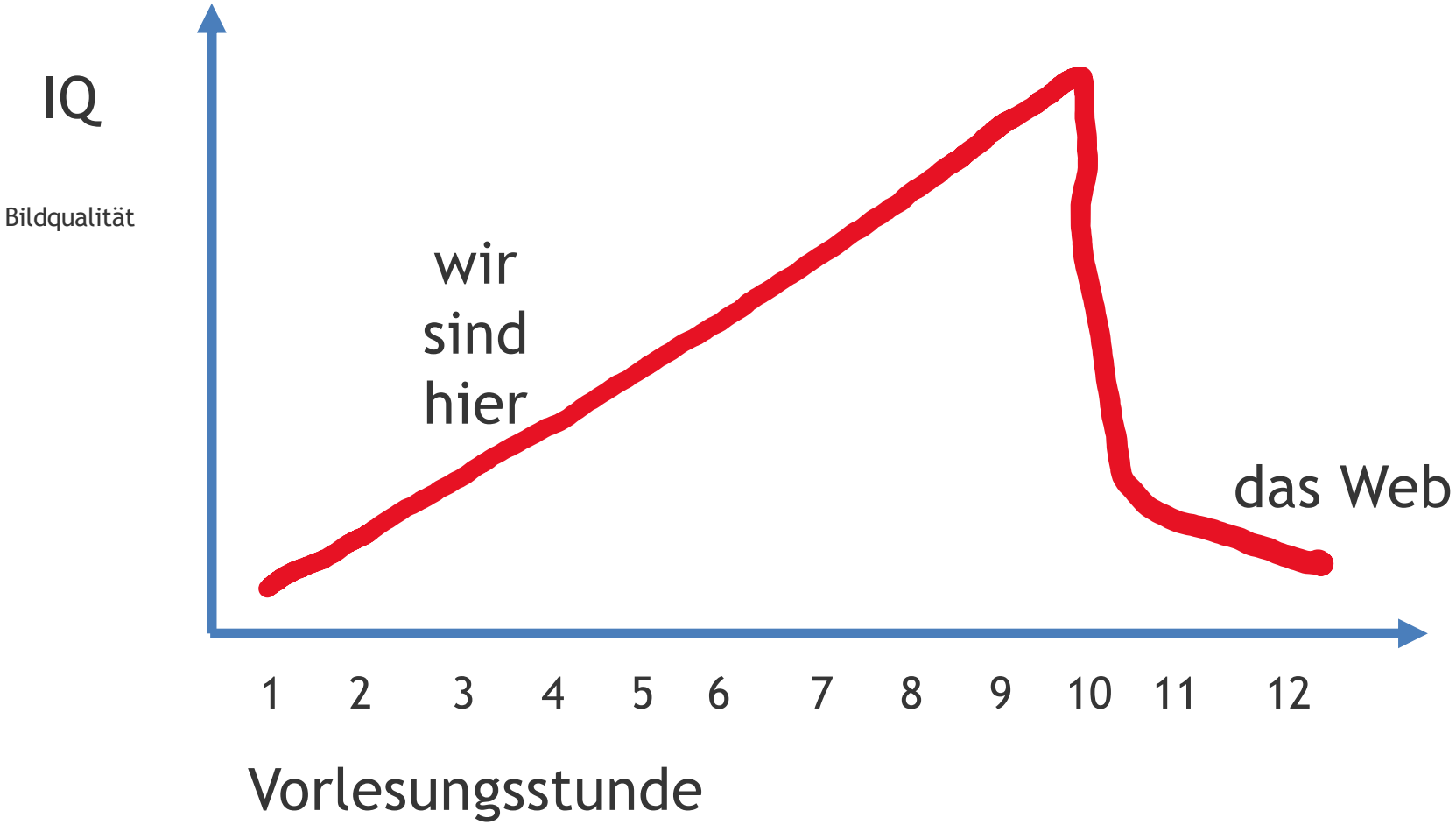
Grundlagen der Fotografie II
mehr Physik

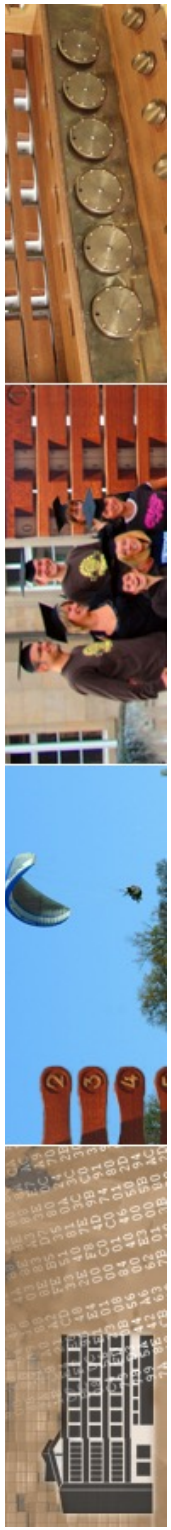
29.10.2026

Version 1.0



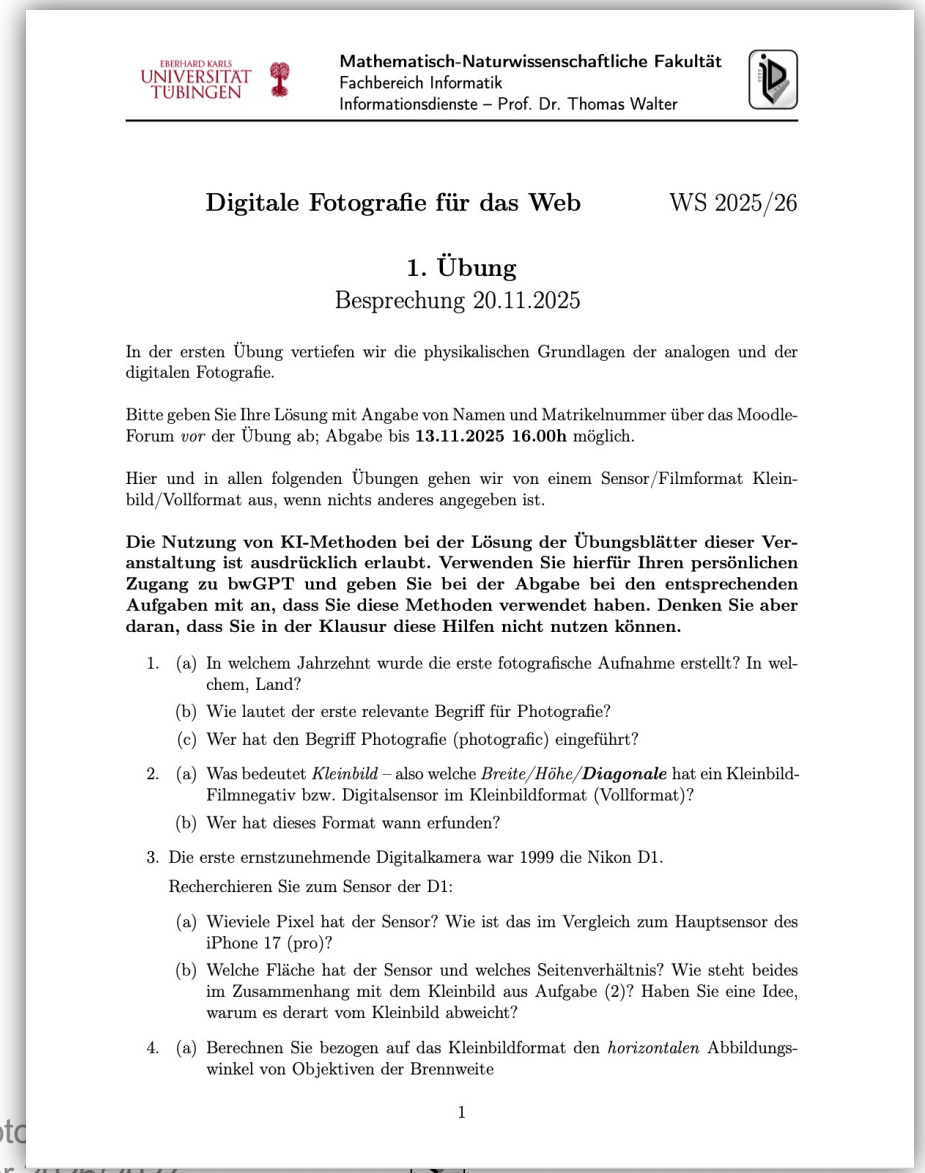
der “rote Faden“





19.11.2026: erste Übung

- erstes Übungsblatt morgen online
- Abgabe bis 19.11. 16h



Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Fachbereich Informatik
Informationsdienste – Prof. Dr. Thomas Walter

Digitale Fotografie für das Web WS 2025/26

1. Übung
Besprechung 20.11.2025

In der ersten Übung vertiefen wir die physikalischen Grundlagen der analogen und der digitalen Fotografie.

Bitte geben Sie Ihre Lösung mit Angabe von Namen und Matrikelnummer über das Moodle-Forum *vor* der Übung ab; Abgabe bis **13.11.2025 16.00h** möglich.

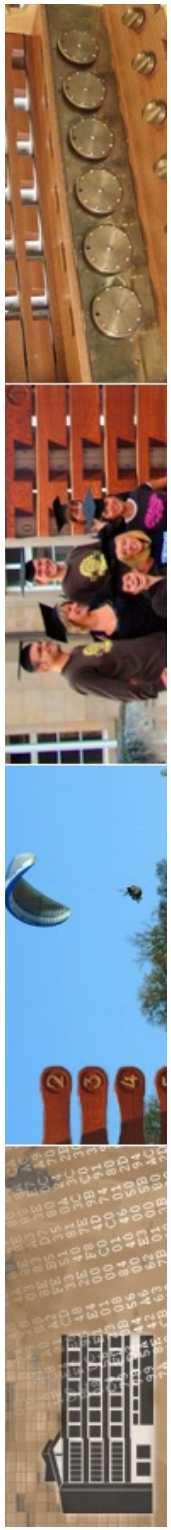
Hier und in allen folgenden Übungen gehen wir von einem Sensor/Filmformat Kleinbild/Vollformat aus, wenn nichts anderes angegeben ist.

Die Nutzung von KI-Methoden bei der Lösung der Übungsblätter dieser Veranstaltung ist ausdrücklich erlaubt. Verwenden Sie hierfür Ihren persönlichen Zugang zu bwGPT und geben Sie bei der Abgabe bei den entsprechenden Aufgaben mit an, dass Sie diese Methoden verwendet haben. Denken Sie aber daran, dass Sie in der Klausur diese Hilfen nicht nutzen können.

1. (a) In welchem Jahrzehnt wurde die erste fotografische Aufnahme erstellt? In welchem, Land?
   (b) Wie lautet der erste relevante Begriff für Photografie?
   (c) Wer hat den Begriff Photografie (photografic) eingeführt?
2. (a) Was bedeutet *Kleinbild* – also welche *Breite/Höhe/**Diagonale*** hat ein Kleinbild-Filmnegativ bzw. Digitalsensor im Kleinbildformat (Vollformat)?
   (b) Wer hat dieses Format wann erfunden?
3. Die erste ernstzunehmende Digitalkamera war 1999 die Nikon D1.
   Recherchieren Sie zum Sensor der D1:
   (a) Wieviele Pixel hat der Sensor? Wie ist das im Vergleich zum Hauptsensor des iPhone 17 (pro)?
   (b) Welche Fläche hat der Sensor und welches Seitenverhältnis? Wie steht beides im Zusammenhang mit dem Kleinbild aus Aufgabe (2)? Haben Sie eine Idee, warum es derart vom Kleinbild abweicht?
4. (a) Berechnen Sie bezogen auf das Kleinbildformat den *horizontalen* Abbildungswinkel von Objektiven der Brennweite

1

© 2026 Universität Tübingen

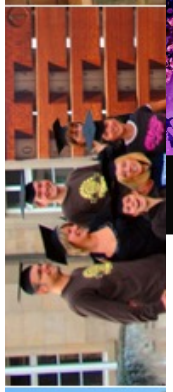


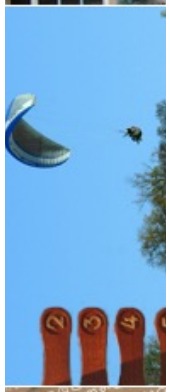
AFFINITY PHOTO DESIGNER PUBLISHER STORE LERNEN MENÜ

BLACK FRIDAY

AFFINITY Photo 30 % RABATT ÜBERSICHT IPAD TECHNISCHE DATEN JETZT KAUFEN

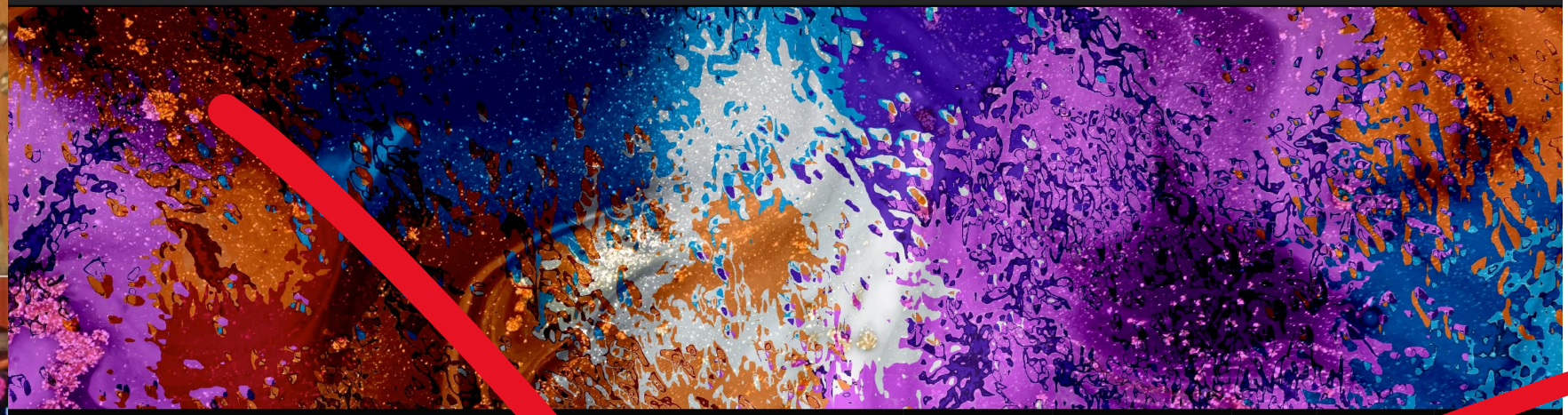








AFFINITY DESIGNER PHOTO PUBLISHER ADD-ONS LERNEN MENÜ



Unternehmen PRESSERAUM PRESSEMATERIAL INFO KONT

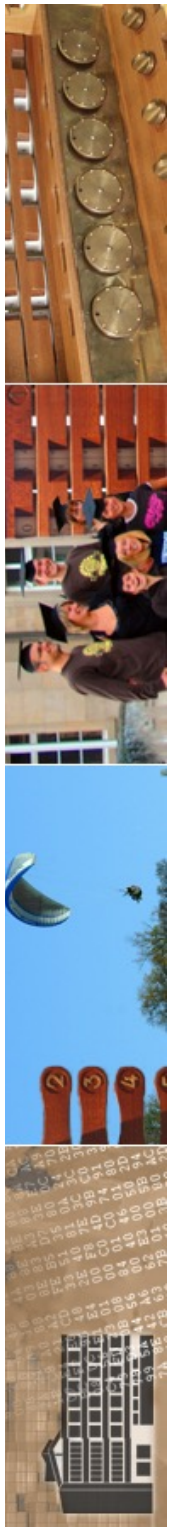
PRESSEMITTEILUNG

9. November 2022

Affinity 2 setzt einen neuen Standard für Kreativsoftware.

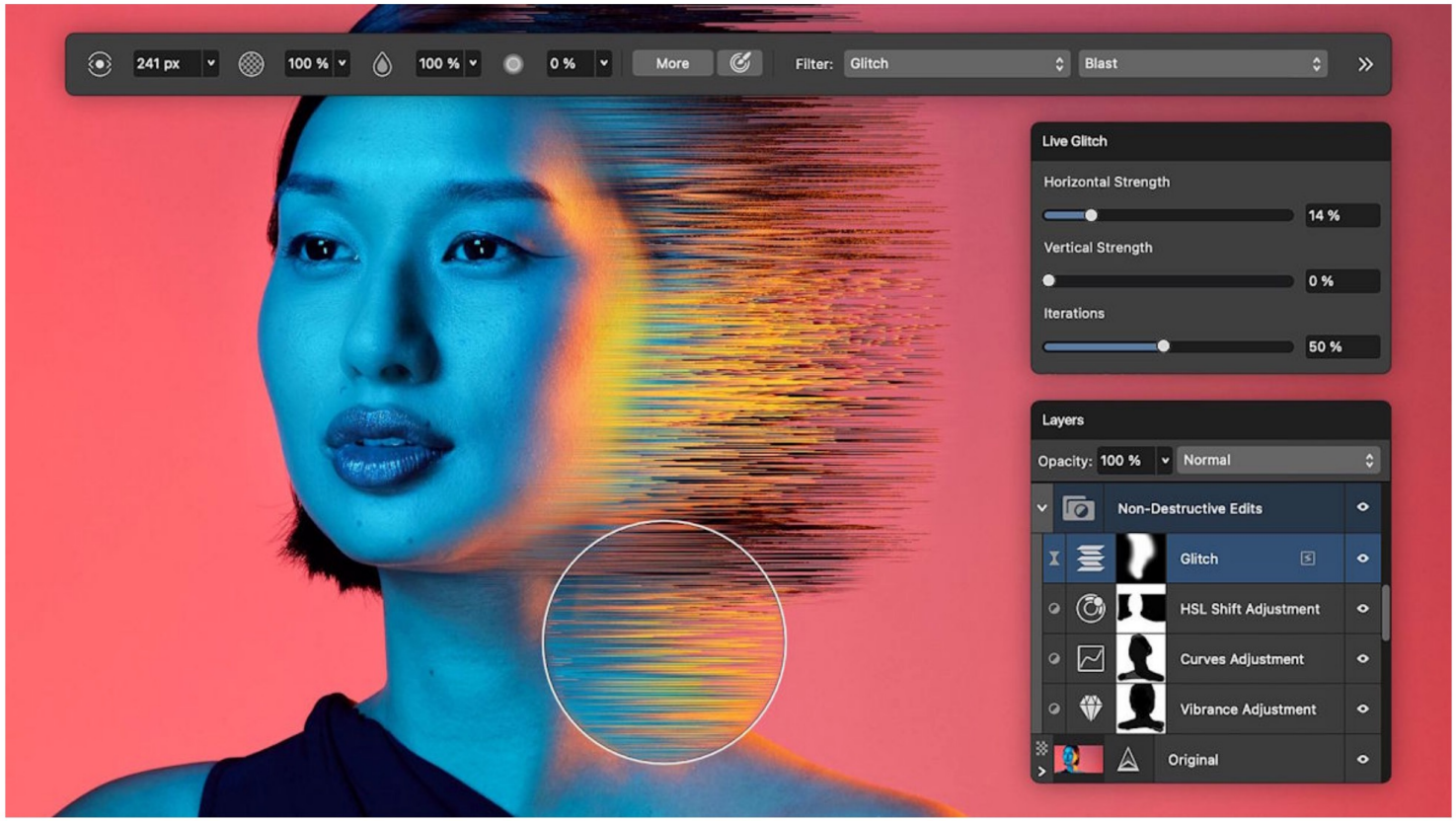
Brandneue Produkte erscheinen noch heute, Affinity V2-Universallizenz angekündigt und Affinity Publisher kommt für das iPad.





Affinity verschmilzt alle Programme und wird kostenlos

Autor: Jonathan Kemper Letztes Update: 30.10.2025 28 Kommentare





Jonathan Kemper
Jo_Ke_

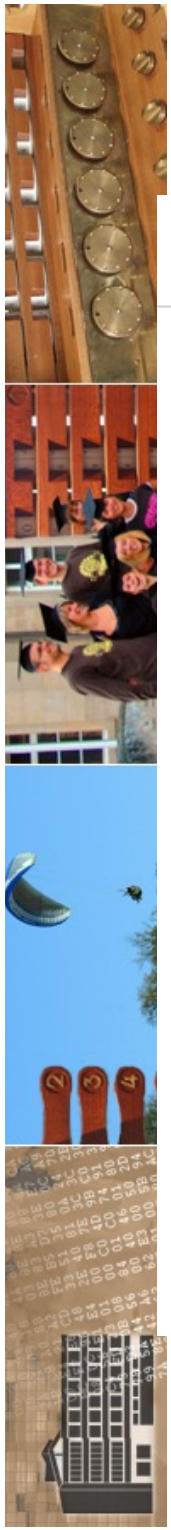
30.10.2025

Letztes Update:
30.10.2025

Canva hat eine überarbeitete Version von Affinity angekündigt, die alle professionellen Design-Tools in einer Anwendung zusammenführt. Die Software wird künftig dauerhaft kostenlos angeboten.

Die neue Affinity-Version kombiniert Vektorbearbeitung, Bildmanipulation und Layoutdesign in einem Programm mit einheitlichem Dateiformat. Nutzer können zwischen den verschiedenen Funktionsbereichen wechseln, ohne separate Programme öffnen zu müssen. Die Integration in Canva ermöglicht es, in Affinity erstellte Inhalte direkt in die Canva-Plattform zu übertragen. Das war nach der Übernahme im Frühjahr 2024 wohl nur eine Frage der Zeit.

© 20
Tübi



Etsy ☰ Kategorien Gleich lossuchen

Geschenke | Kaufe lokal ein Neu | Geschenke zum Einzug | Schöner wohnen | Fashion-Fundstücke | Wunschliste | Gutscheine

Homepage > Elektronik & Zubehör > Kameras & Ausrüstung > Objektive & Filter

← Zurück zu Suchergebnissen

L Mount

Etsy diesen Artikel melden

★ 4.8 von 5 (473 Bewertungen)

Alle Bewertungen sind von verifizierten Käufer:innen

5/5 Produktqualität | 5/5 Versand | 5/5 Kundenservice

5 Aufrufe in den letzten 24 Std.

47,38 €

Inkl. USt. (wo zutreffend)

DispoLens for L- Mount Cameras

DispoStudio ★★★★★

✓ Rückgaben und Umtausch werden akzeptiert

Ab 8 €/Monat mit Klarna Mehr erfahren

Jetzt kaufen

In den Warenkorb

Zu Kollektion hinzufügen

Produktdetails

Highlights

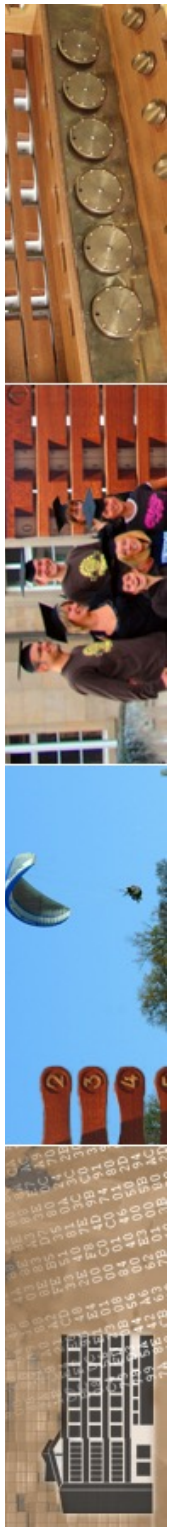
Designt von DispoStudio

Materialien: PLA, disposable camera lens

!!!This version is only compatible with L- Mount cameras !!!

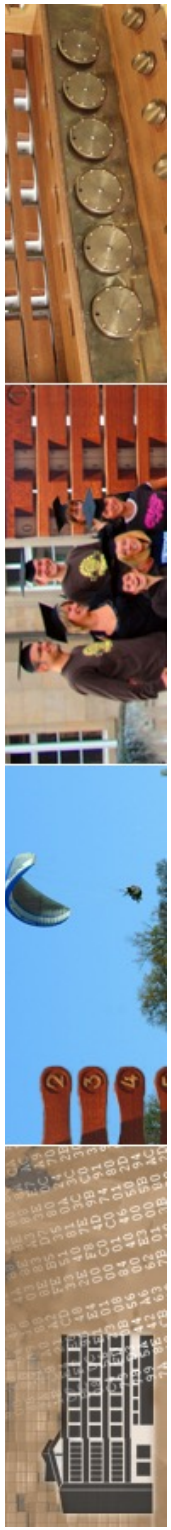
Get the iconic 90s film look for your digital camera now!

Introducing DispoLens - the sustainable 3D-printed camera lens perfect for capturing film-like shots on the

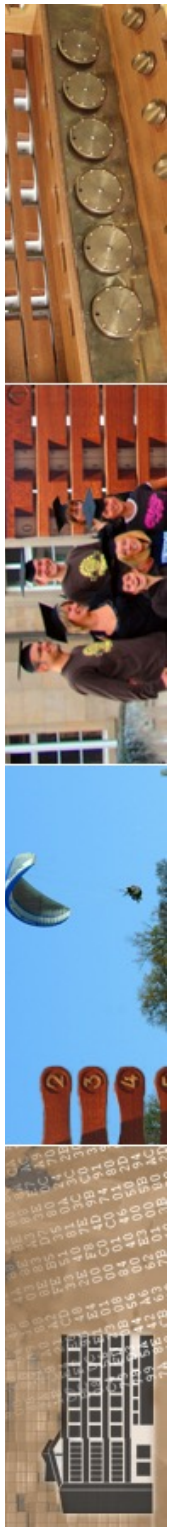




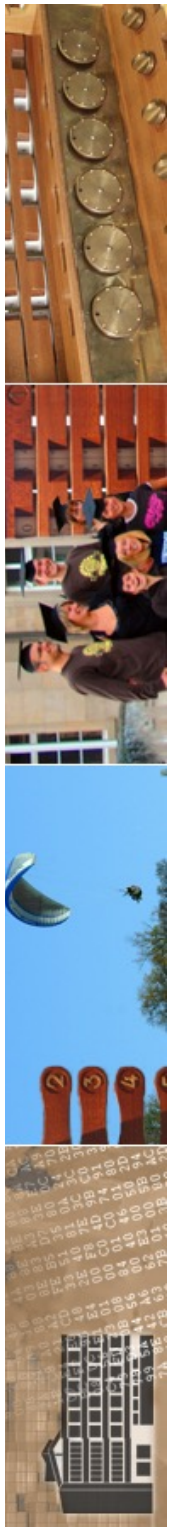
© 2026 Universität Tübingen



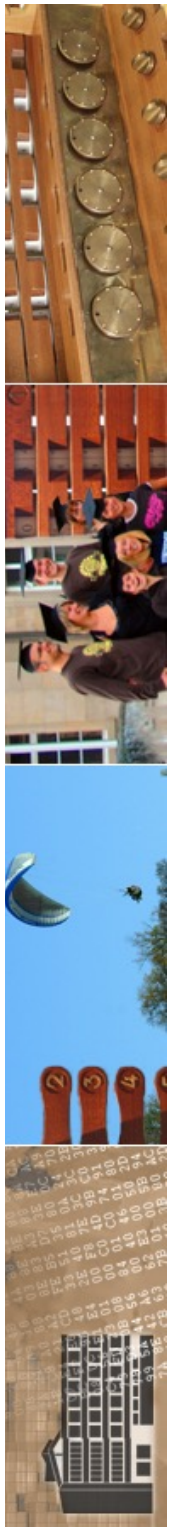






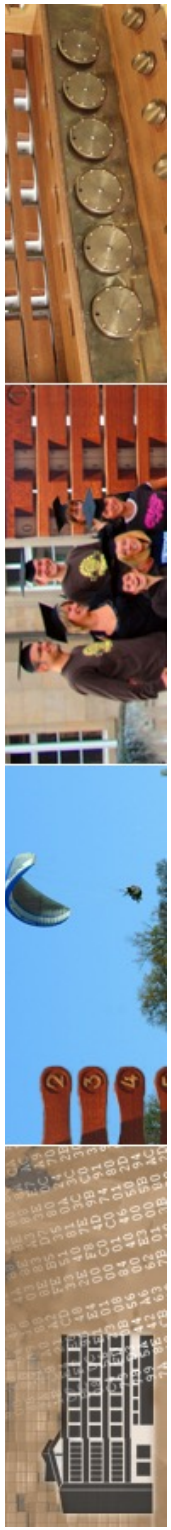






Sony Alpha 9 III

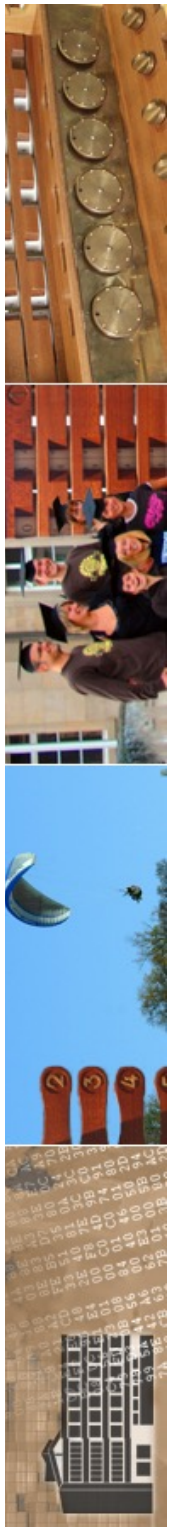
- 07.11.2023: erste Kamera mit Global Shutter: Zeitgleiches Auslesen des gesamten Sensors: **Sony Alpha 9 III**
  - 24 MP
  - seit Januar 2024 im Handel
  - sehr schnelle Kamera mit mäßiger IQ
  - November 2024: Alpha 1 II



Abbildungsfehler

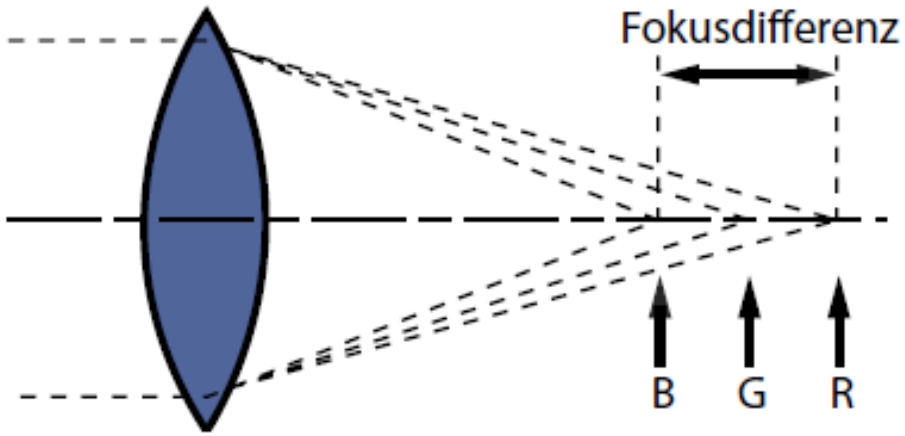
- zahlreiche Abbildungsfehler
  - chromatische Aberration
  - Distorsion
  - sphärische Aberration
  - Vignettierung
  - Oberflächenreflexion

© 2026 Universität Tübingen



chromatische Aberration

- Glas bricht rotes Licht (Licht mit der größten Wellenlänge) am schwächsten, violettes Licht (Licht mit der kleinsten Wellenlänge) am stärksten.

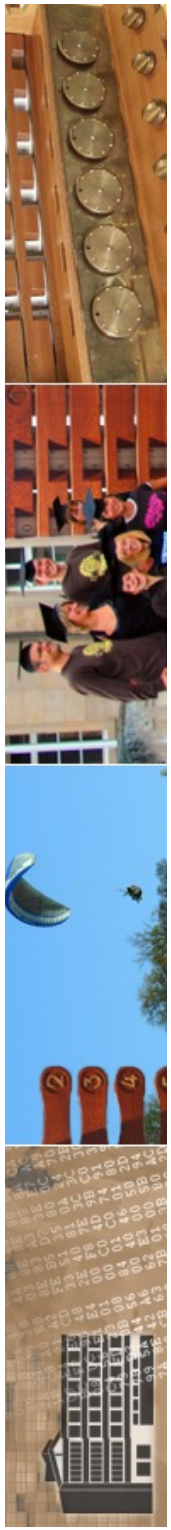


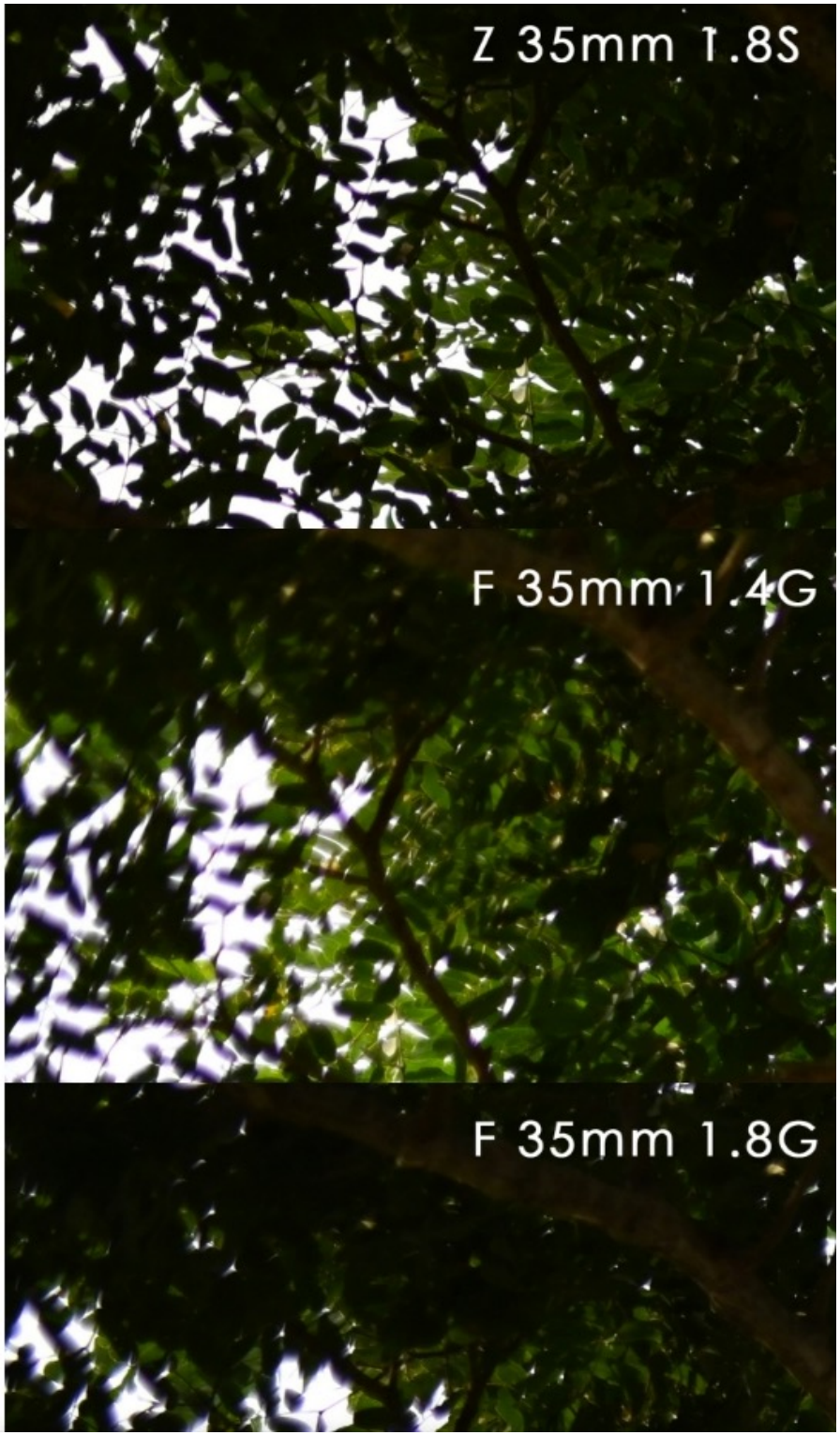
© 2026 Universität Tübingen



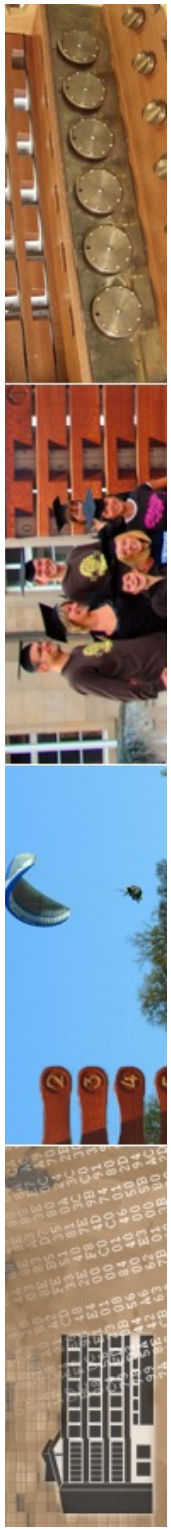
Farblängsfehler bei Offenblende: purpurne Farbränder vor der Fokusebene, grüne dahinter

Weitere Einzelh





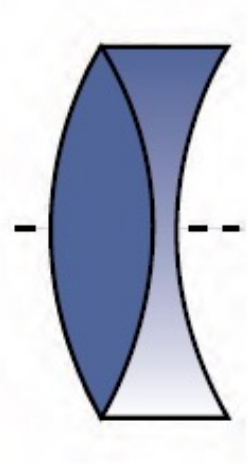
© 2026 Universität Tübingen



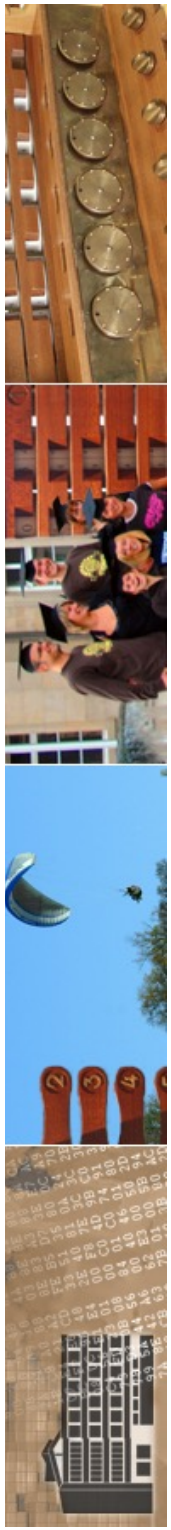
achromatische Linsen

- Abblenden: Reduzierung der CA
- achromatische Linsen

Glassorte	Rot	Gelb	Blau-Grün	Violett
Kronglas (BK 1)	1,526	1,530	1,536	1,547
Flintglas (F3)	1,628	1,635	1,648	1,671



- …vom Kronglas stammt der Name „Summicron“



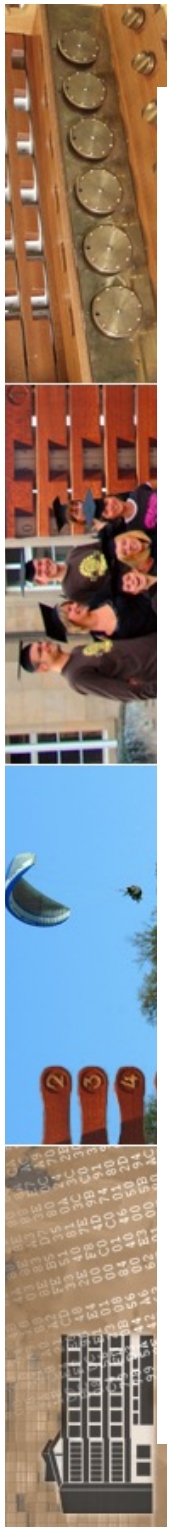
Abbe-Zahl v

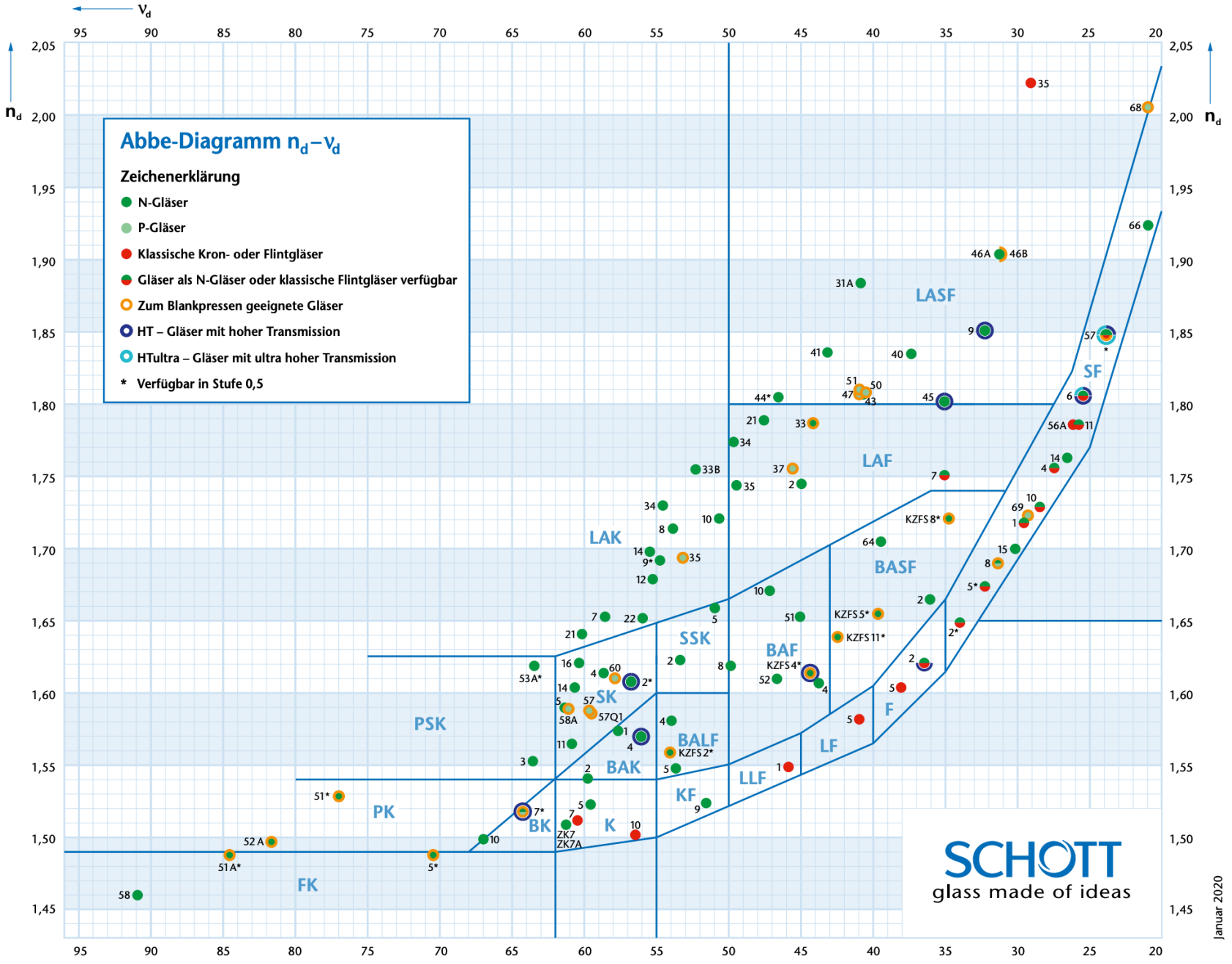
- wesentliche Beschreibung von Glas
  - D-Linie (He): λ=587,56nm
  - F-Linie (H): λ=486,13nm
  - C-Linie (H): λ=656,27nm

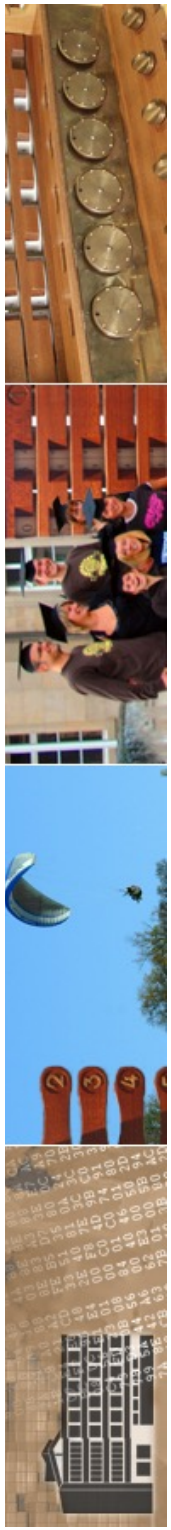
$$v_d = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C}$$

  - v > 50: Kronglas, v < 50 Flintglas

© 2026 Universität Tübingen

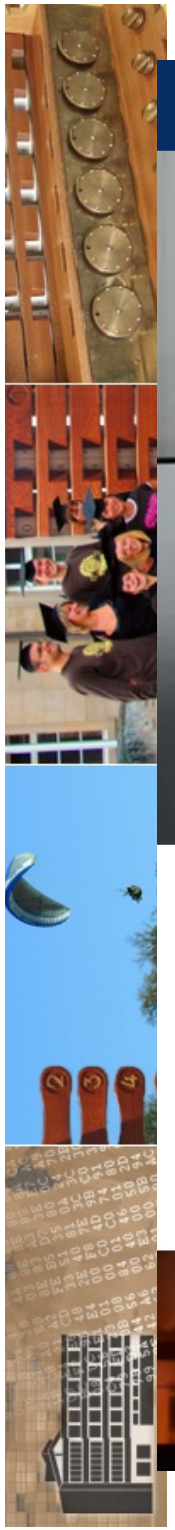



Abbe-Diagramm n_d–ν_d
Zeichenerklärung
N-Gläser
P-Gläser
Klassische Kron- oder Flintgläser
Gläser als N-Gläser oder klassische Flintgläser verfügbar
Zum Blankpressen geeignete Gläser
HT – Gläser mit hoher Transmission
HTultra – Gläser mit ultra hoher Transmission
* Verfügbar in Stufe 0,5
ν_d
n_d
LASF
LAF
BASF
SF
F
LF
LLF
SSK
SK
BAF
BALF
BAK
KF
PSK
PK
BK
K
LAK
FK
SCHOTT
glass made of ideas
Januar 2020



Schott

- 1884: Gründung in Jena durch Otto Schott, Ernst Abbe und Roderich Zeiss
- 1952 Neuaufbau in Mainz
- vollständiger Eigentum der Carl Zeiss Stiftung



SCHOTT

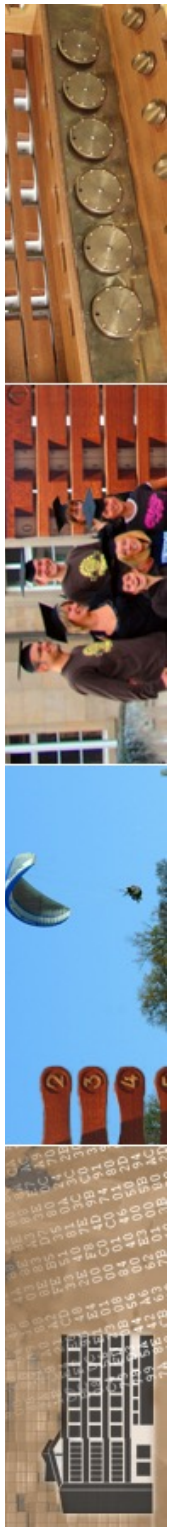


Expertise

Mit 140 Jahren Erfahrung, einzigartigen Kompetenzen in verschiedensten Materialverarbeitungen und innovativer Technologie hilft SCHOTT Kunden auf der ganzen Welt, ihr volles Potenzial auszuschöpfen. Mit unserem fundierten Wissen über Spezialglas, Glaskeramik und Materialtechnologie setzen wir neue Maßstäbe in einer Vielzahl von Branchen.

Unsere Expertise





SCHOTT
glass made of ideas

Corporate (deutsch) ändern
Visitors from North America, please click here...

follow SCHOTT | Kontakt

Innovation Produkte Presse Karriere Über SCHOTT





Ein Material mit dem gewissen Etwas

Die Eigenschaften von Spezialglas sind so bunt und vielfältig, wie seine Einsatzmöglichkeiten. Ein Material, das uns oft zum Staunen bringt und bestehende Denkweisen immer wieder aufs Neue herausfordert. Gleichzeitig gibt Spezialglas Antwort auf viele Fragen und ermöglicht spannende Anwendungen in nahezu allen Lebensbereichen. Entdecken Sie das Potential von Glas und wie wir gemeinsam technologische Grenzen überschrei-



110 Millionen täglich

Impfstoffe sind eines der Top-Themen dieser Tage. Bei Arzneimitteln ist es extrem wichtig, dass sie geschützt in hochwertigen Behältern aufbewahrt werden. Das einst vom Glaspionier Otto Schott erfundene Borosilicatglas wird weltweit von unterschiedlichen Glasunternehmen produziert und ist der Goldstandard für die Verpackung von Medikamenten. Täglich werden etwa 110 Millionen Injektionen aus solchen Borosilicatglasbehältern ver-



550 Jahre seit 1477 UNIVERSITÄT TÜBINGEN

EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN

https://www.schott.com/innovation/de/?WTS=1&WTC=schott_de_google_innovatio

Suchen

SCHOTT glass made of ideas

INNOVATION

Share | Menü

Stories Experts Solutions Vision News Opportunity Lab

Thema wählen

Suche

Aktuelles



Die Chemie stimmt

Säuren und Laugen lassen die meisten Stoffe in Rauch aufgehen. Nicht so Spezialglas: Sogar nach sechs Stunden in kochender Salzsäure ist es praktisch unversehrt. Das macht es zu einem unverzichtbaren Material für chemische Anwendungen mit besonders reaktionsfreudigen Stoffen.

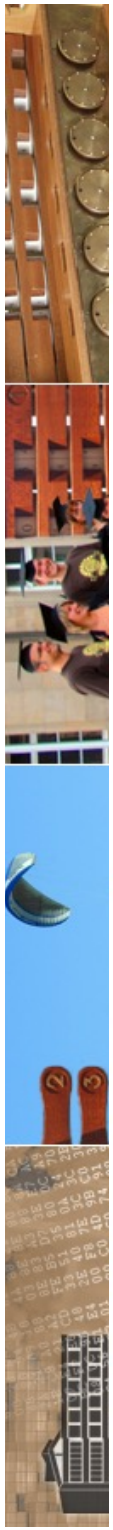


Starcatcher

Die neue Ausgabe des Technologiemagazins „solutions“ wirft Blicke ins All – und auf die Erde.



© 2026 Universität Tübingen



SCHOTT
glass made of ideas

English | Deutsch |

Visitors from North America, please click here...
Visitors from North America, please click here to go to the websites of our US-subsidiaries, they will be able to serve your needs best.

RSS | Kontakt | Impressum | follow SCHOTT

HOME | ÜBER SCHOTT | PRODUKTE & ANWENDUNGEN | WELTWEIT | PRESSE | KARRIERE

Gemeinsam denken wir Glas neu.

Durch unsere kontinuierliche Weiterentwicklung des Materials Glas – seit nunmehr über 130 Jahren – ermöglichen wir unseren Kunden, Produkte zu entwickeln, die bestehende Möglichkeiten übertreffen und Märkte verändern.
Klicken Sie hier um mehr zu erfahren!

Unsere Produkte im Überblick

Willkommen bei SCHOTT | SCHOTT entdecken | See more | Technology Magazine | Student Challenge



Spezialglas hilft beim Aufspüren von Neutrinos

Im Sudbury Neutrino Observatory (SNO) sind Glaskolben von SCHOTT wertvolle Helfer: Fast 10.000 dieser Komponenten mit hervorragenden optischen Eigenschaften sorgen in einer riesigen mit schwerem Wasser gefüllten Kunststoffkugel für den Schutz extrem empfindlicher Detektoren. Diese fangen Lichtblitze von Neutrinos ein, wandeln sie in elektrische Signale um und verstärken sie. Die erhaltenen Daten haben das Verständnis von Materie und Universum



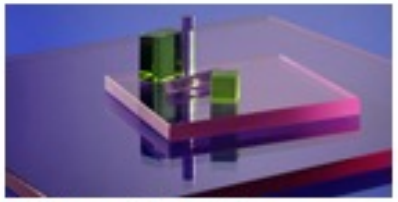
Per Fingertipp schalten

Glas in Hausgeräten bietet nicht nur ein edles Design, sondern ermöglicht auch vielfältige Funktionen. In seinen Einbaugeräten mit weißen oder schwarzen Glasfronten verwendet Bosch z.B. moderne Touch-Technologie mit dem taktilen Feedback eines mechanischen Bedienrings. Um diese in einer Glasblende zu integrieren, ist eine hochpräzise und sehr anspruchsvolle Glasbearbeitung erforderlich, für die SCHOTT verantwortlich zeichnet.

Optisches Glas

Im Folgenden finden Sie einen Überblick über die Produktgruppe 'Optisches Glas', unterschiedlich dargestellt: nach Produkten, nach Produkten von A-Z sowie nach verfügbaren Lieferformen. Durch Klick auf das jeweilige Produktbild gelangen Sie auf die entsprechende Produktseite.

Produkte | Produkte A-Z | Lieferformen


Aktive & Passive Lasergläser

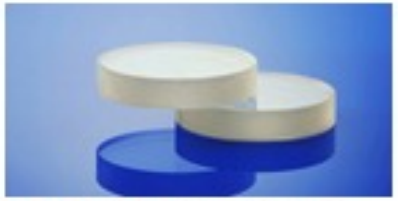

Hochhomogene Gläser

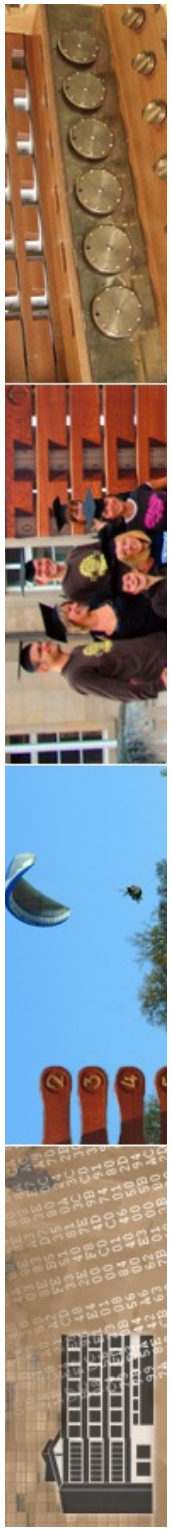

HT & HTultra-Gläser


i-Linienglas


Low Tg-Gläser


Optisches Glas


Strahlenresistentes Glas



550 Jahre seit 1477 UNIVERSITÄT TÜBINGEN

EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN

SCHOTT
glass made of ideas

Corporate (deutsch) ändern
Visitors from North America, please click here...

follow SCHOTT | Kontakt

Innovation | Produkte | Presse | Karriere | Über SCHOTT

- Architektur
- Automobil
- Energie & Umwelt
- Industrieausrüstung
- Kommerzielle Kühlung
- Life Sciences
- Living
- Luftfahrt
- Medizintechnik
- Optik
- Pharma
- Semiconductor & Datacom
- Unterhaltungselektronik
- Verteidigung & Sicherheit

ANWENDUNGEN

Exterior | Glas für Museen | Interior
Kunst und Design | Strahlenschutzglas

MARKEN

AMIRAN® | BOROFLOAT® | CONTURAN®
CONTURAX® Pro | DURAN® | GOETHEGLAS
MIROGARD Protect® Ultra | MIROGARD® | MIROGARD® DARO
MIRONA® | NARIMA® | NEXTREMA®
NOVOLAY® secure | PYRANOVA® | PYRANOVA® secure
PYRAN® | RD 30® | RD 50®
RESTOVER® | RIVULETTA® | TIKANA®

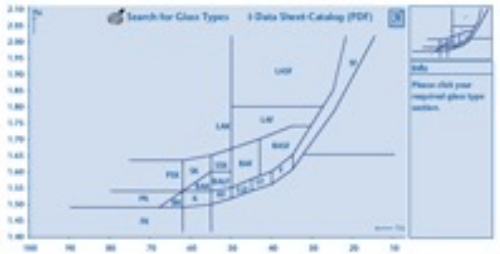
x

gewissen Etwas



Optisches Glas

MEHR ALS 120 OPTISCHE GLASTYPEN

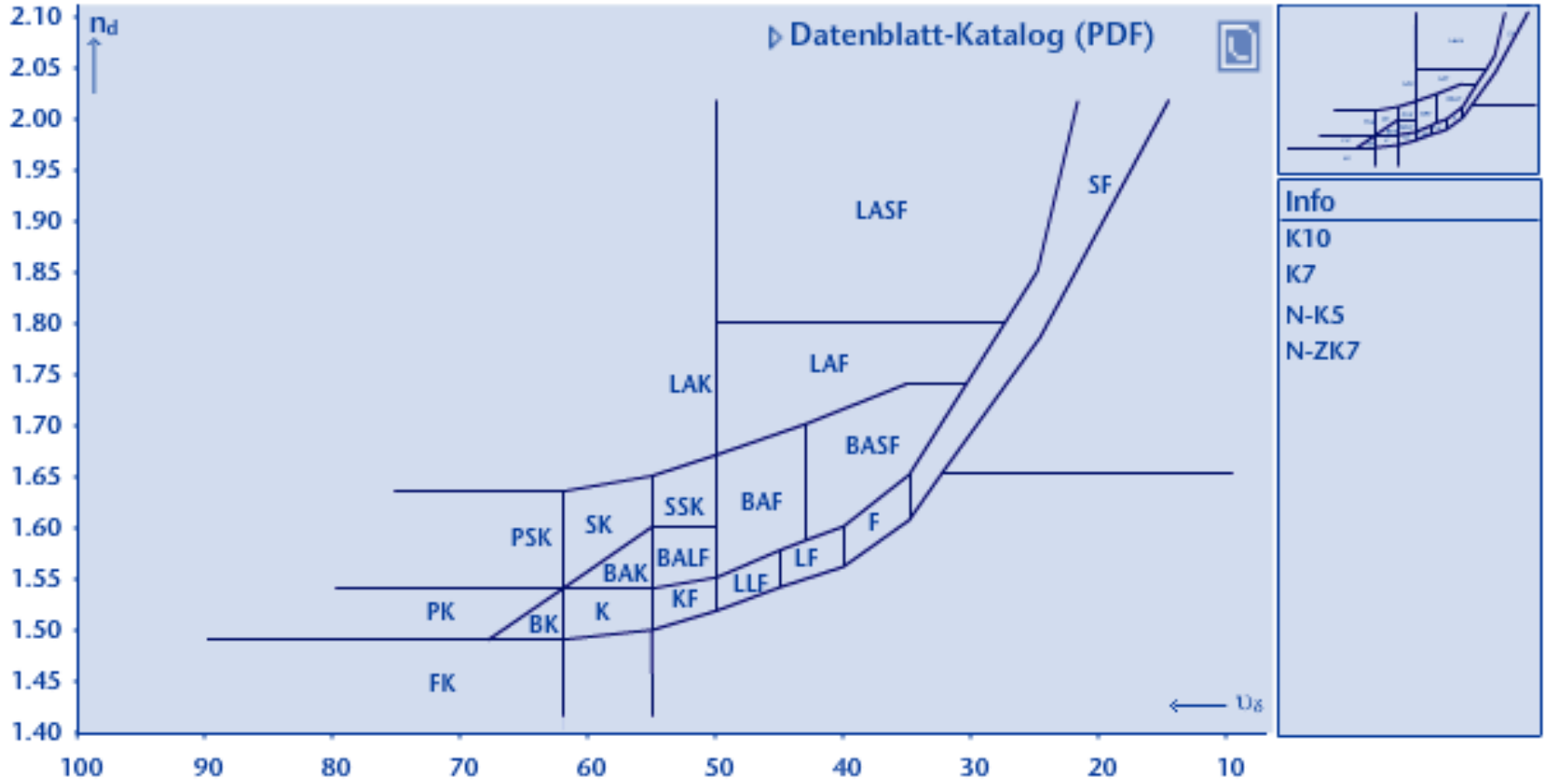


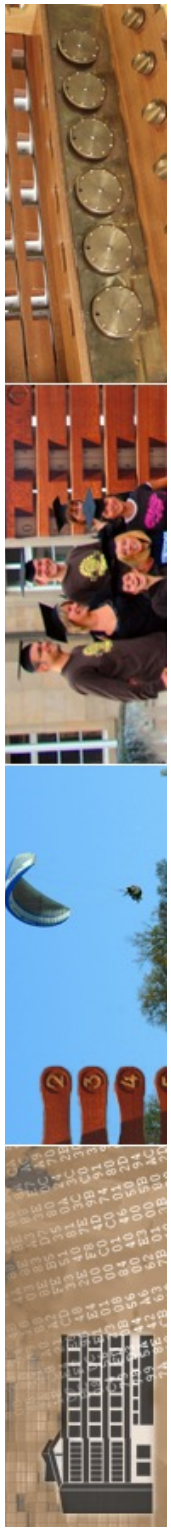
Unser derzeitig verfügbares Portfolio an optischen Gläsern wird im Abbe-Diagramm, als einem unserer wichtigsten optischen Glas-Tools, abgebildet.
Hier gelangen Sie zu einem interaktiven Abbe-Diagramm, welches einen Überblick über all unsere optischen Glastypen gibt. Bitte klicken Sie auf das Symbol links, um detaillierte Informationen zu den Eigenschaften zu erhalten oder Datenblätter herunterzuladen.

Seit über 125 Jahren fertigt SCHOTT Advanced Optics ein breites Sortiment hochwertiger optischer Gläser, um die Anforderungen einer Vielzahl optischer und industrieller Anwendungen zu erfüllen – vom Konsumgüterbereich bis hin zu innovativen optischen Systemen in Forschung und Entwicklung.

Interaktives Abbe-Diagramm

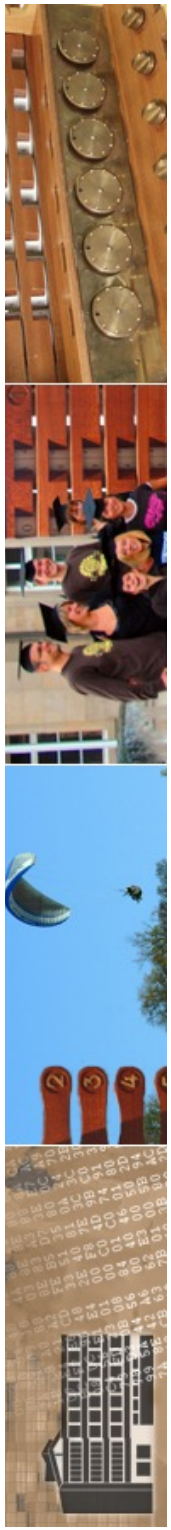
Abbe-Diagramm | Suche nach Glastypen





Literatur

- https://www.schott.com/d/advanced_optics/47d79895-2965-472d-83ed-af9e48ac72c0/1.15/schott-optisches-glas-datenblatt-sammlung-german-may-2019.pdf
- http://www.schott.com/shop/medias/schott-optical-glass-pocket-catalog-2020-de.pdf



Corning Glass

- das „amerikanische Schott“: Corning
  - 1851 gegründet
  - ca. 26.000 Mitarbeiter
  - u.a. Gorilla Glass (iPhone)

CORNING

© 2026 Universität Tübingen

www.corning.com/emea/de.html

CORNING

Produkte Märkte Innovation Über uns

Karriere Kontakt Deutschland (DE)

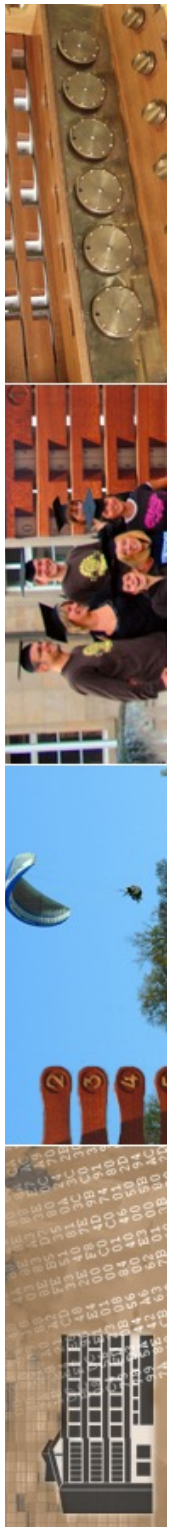


Seit mehr als 165 Jahren nutzt Corning sein Fachwissen in den Bereichen Glaswissenschaft, Keramik-Wissenschaft und optische Physik, um lebensverändernde Innovationen und Produkte zu entwickeln, die aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken sind.

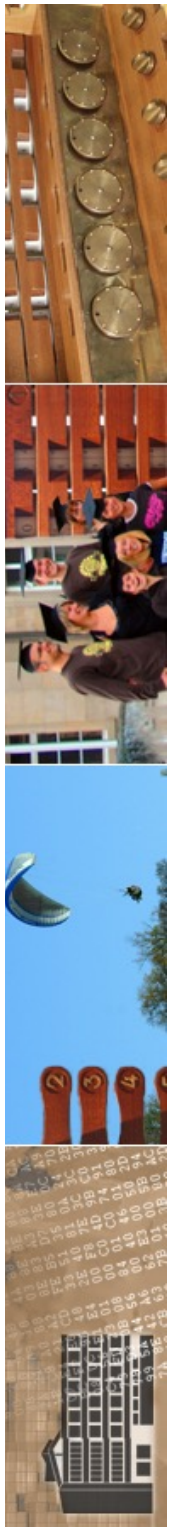


Seit mehr als 160 Jahren entwickelt Corning Produkte und Verfahren, die neue Branchen begründen und das Leben der Menschen bereichern - dank seines beispiellosen Fachwissens über Spezialglas, Keramik und optische Physik.







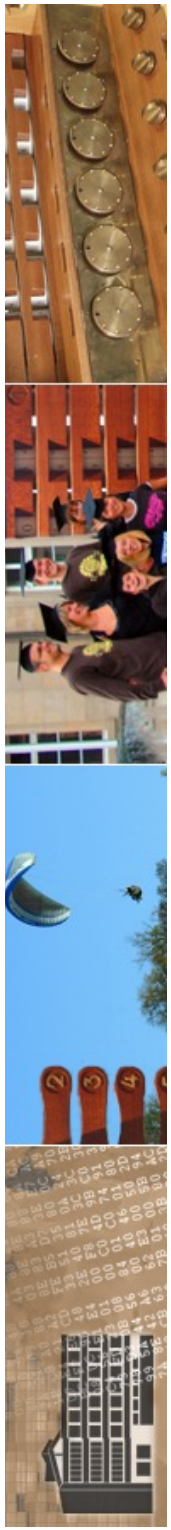


Sondergläser

- Glas mit anormaler Teildispersion
- Fluoritglas
  - auch die Temperatureigenschaften sind wesentlich

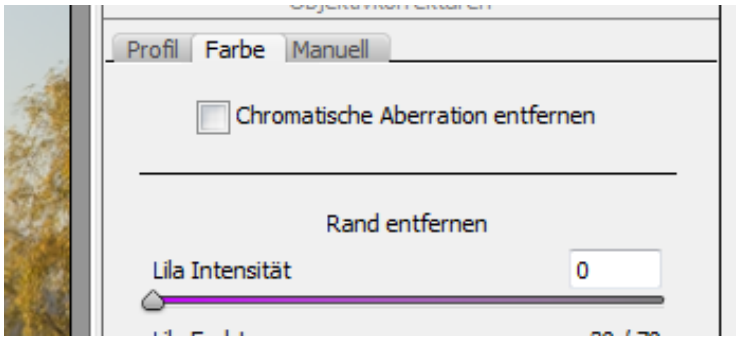


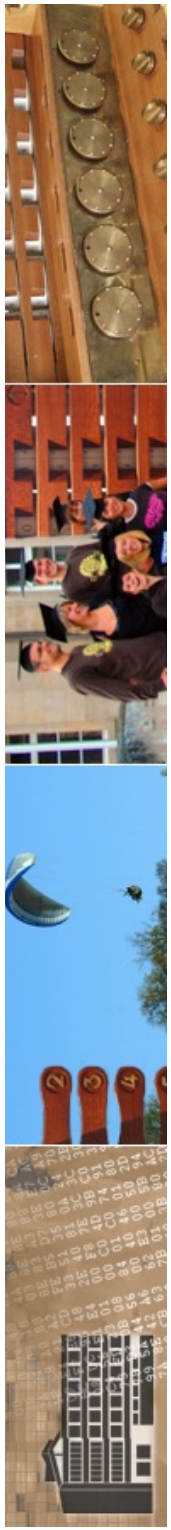




PS-Raw-Konverter

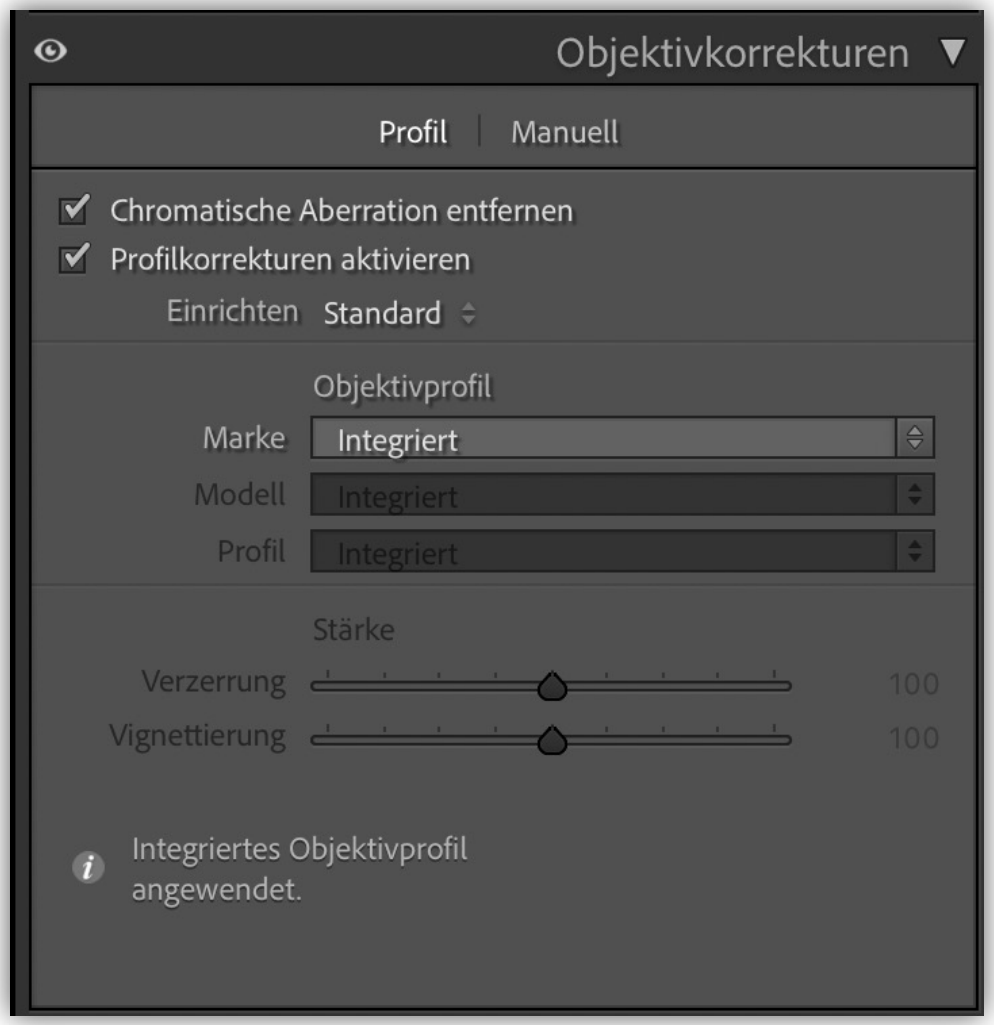
- Korrektur der CA in PS





Ligthroom

- Korrektur der CA in Adobe Lightroom



© 2026 Universität Tübingen

Neuere Entwicklungen

- https://www.seas.harvard.edu/news/2018/11/meta-surface-corrects-for-chromatic-aberrations-across-all-kinds-of-lenses?nr=nr

HARVARD
John A. Paulson School of Engineering and Applied Sciences

ABOUT SEAS | ACADEMICS | FACULTY & RESEARCH | NEWS

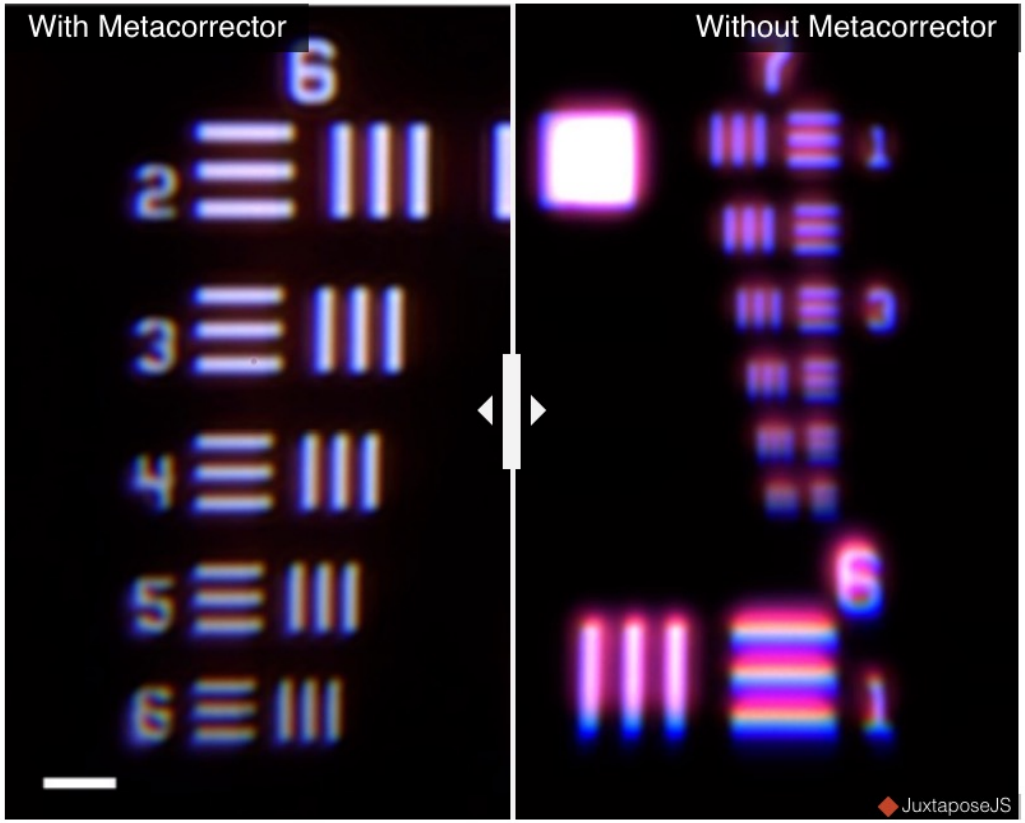
News & Events
Calendars & Colloquia
For the Media
SEAS Videos

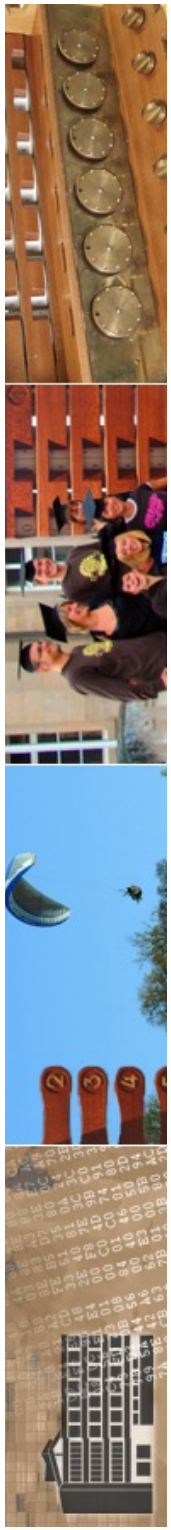
News & Events > Meta-surface corrects for chromatic aberrations across all ki

Meta-surface corrects for chromatic aberrations across all kinds of lenses

The single-layer surface of nanostructures can be incorporated into commercial optical systems, from simple to complex

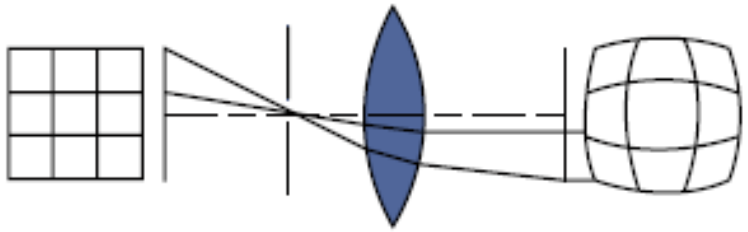
By Leah Burrows | November 19, 2018





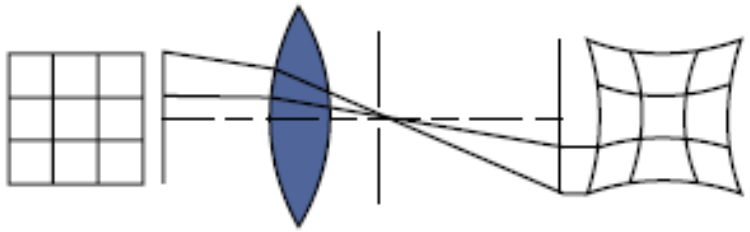
Distorsion

- „Verzeichnung“ des Objektives
  - tonnenförmig
  - kissenförmig

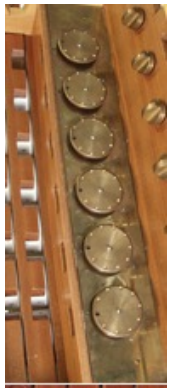


Tonnenförmige Verzeichnung

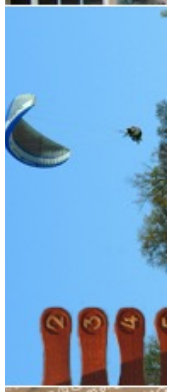
- die berühmte Backsteinwand



Kissenförmige Verzeichnung



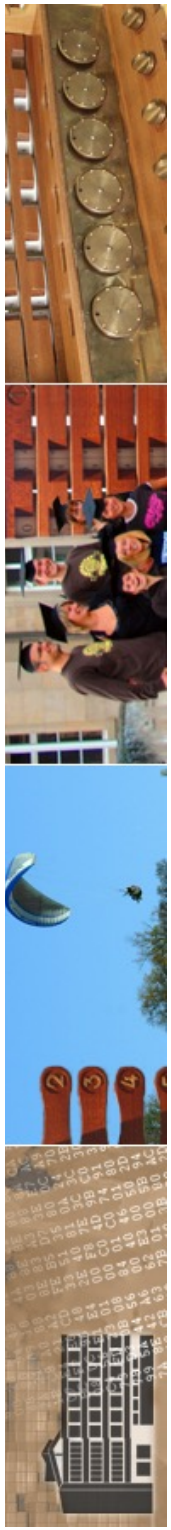








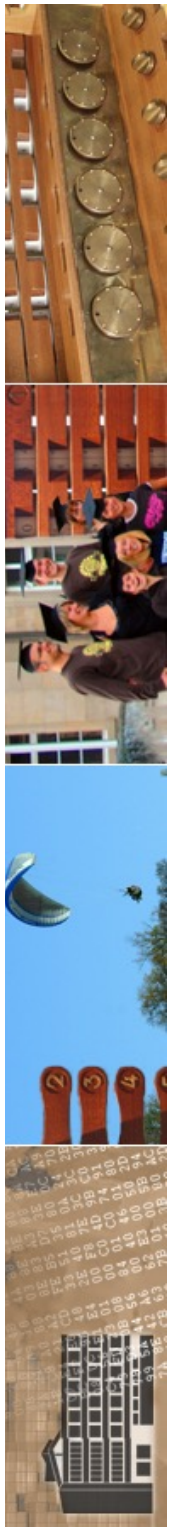
© 2026 Universität Tübingen



Ligthroom

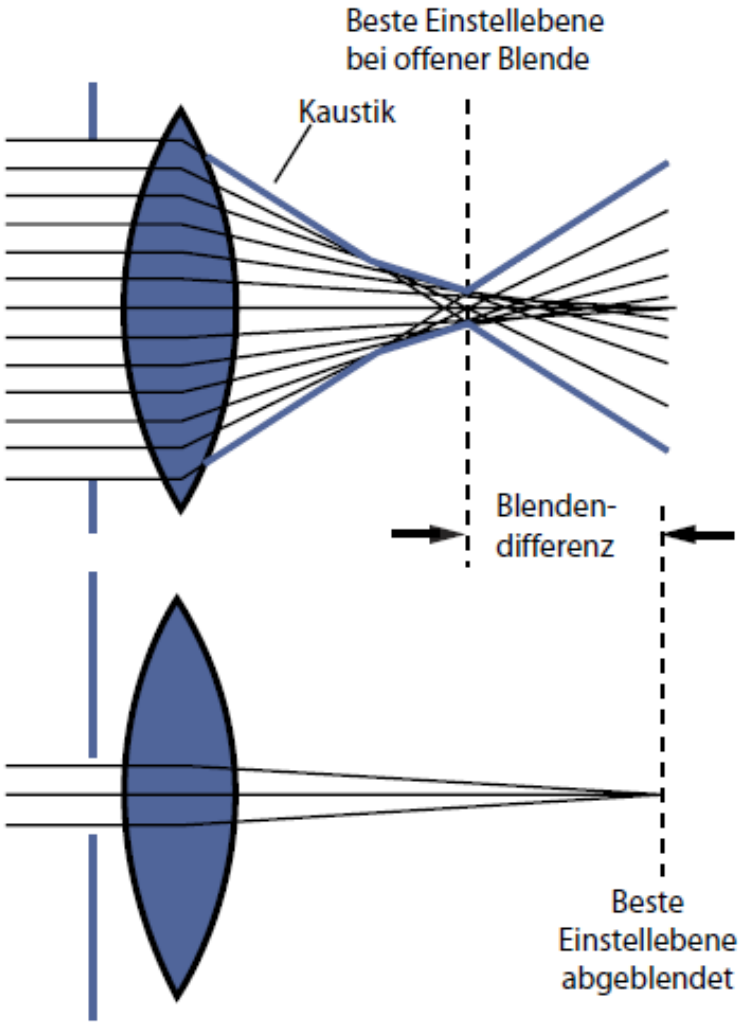


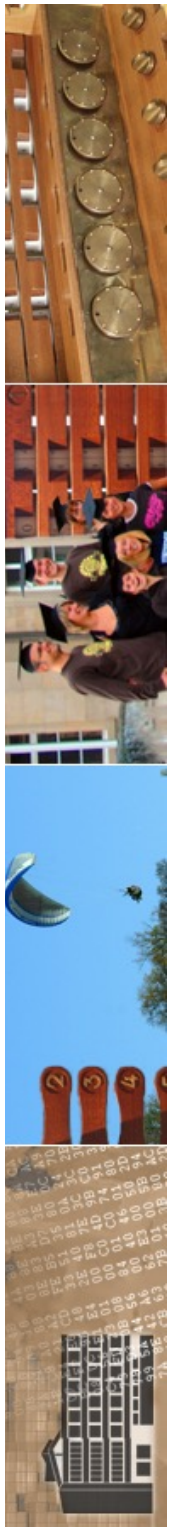
© 2026 Universität Tübingen



sphärische Aberration

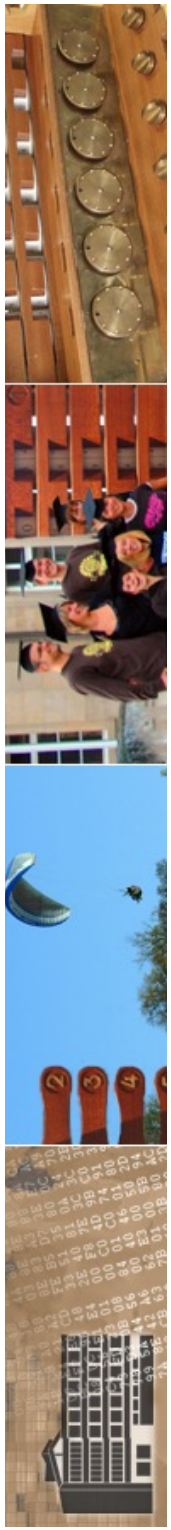
- Abweichen durch „Linsendicke“

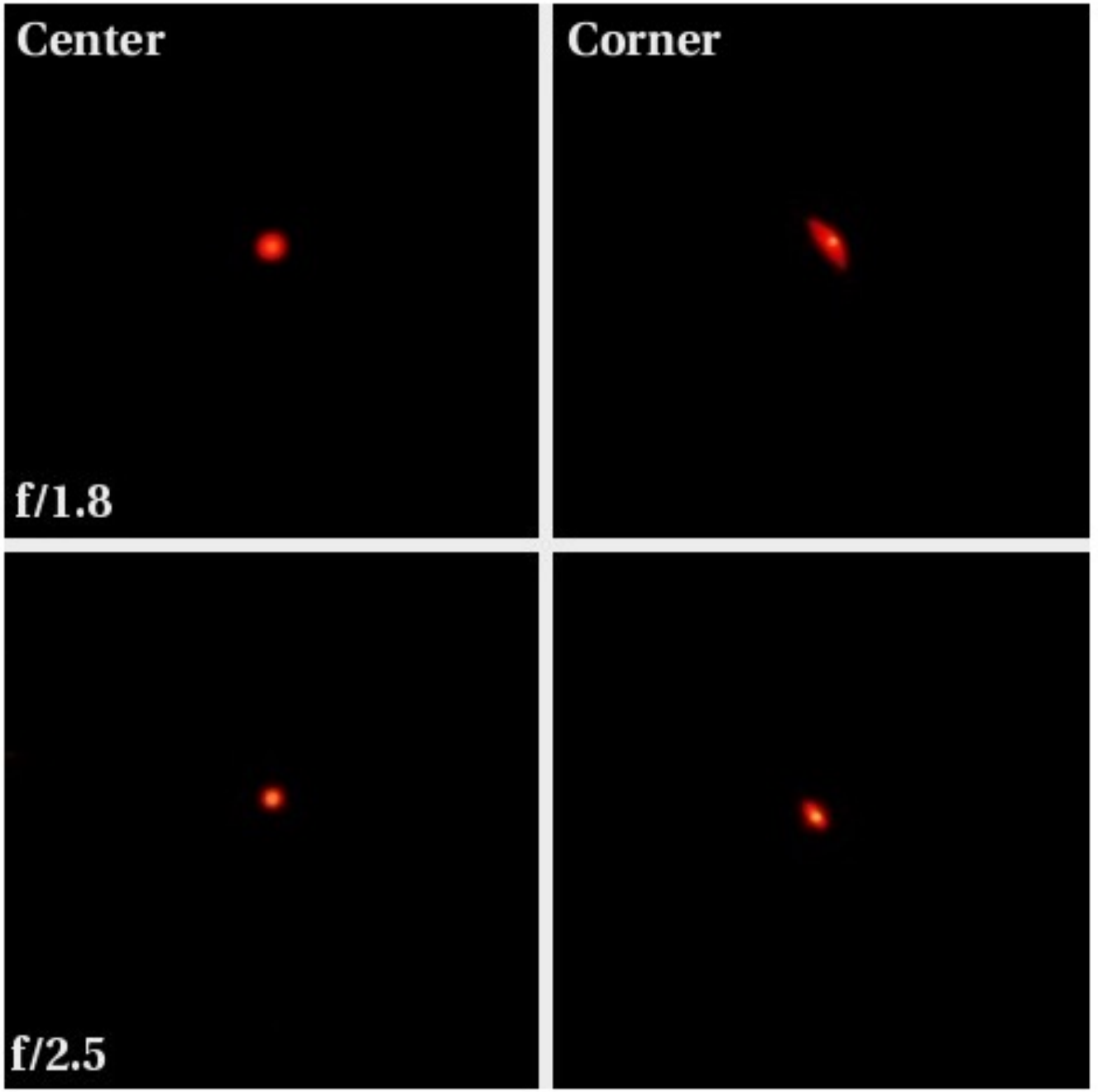


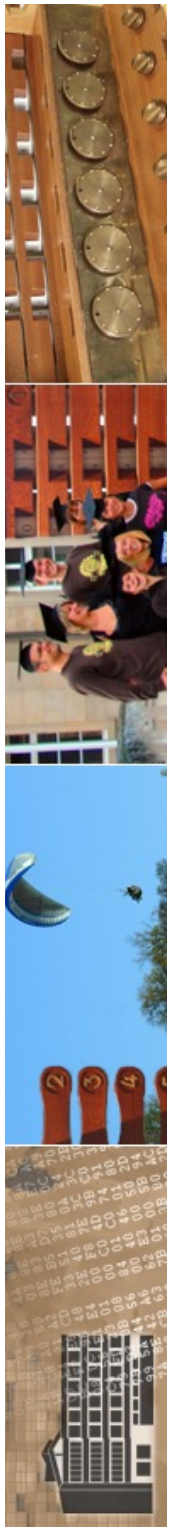


speziell Koma

- aus einer Lichtquelle (Punkt) wird ein „Kometenschweif“
  - Korrektur durch asphärische Linsen
  - wesentlich für Astrophysik

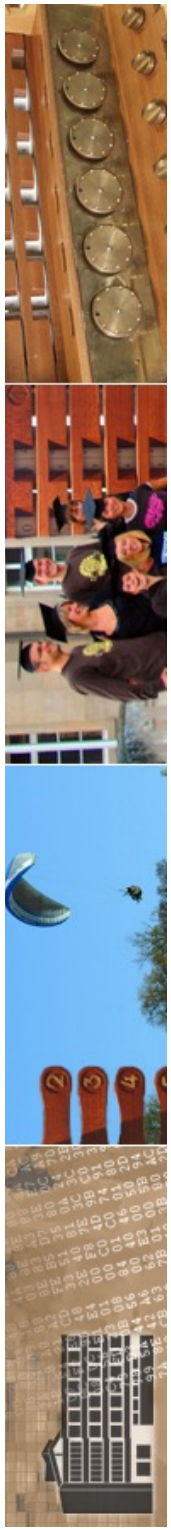



Center
Corner
f/1.8
f/2.5



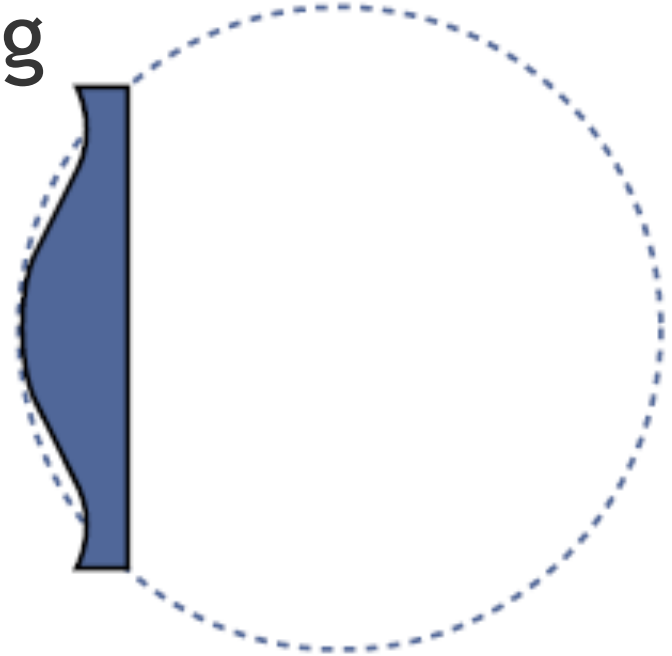


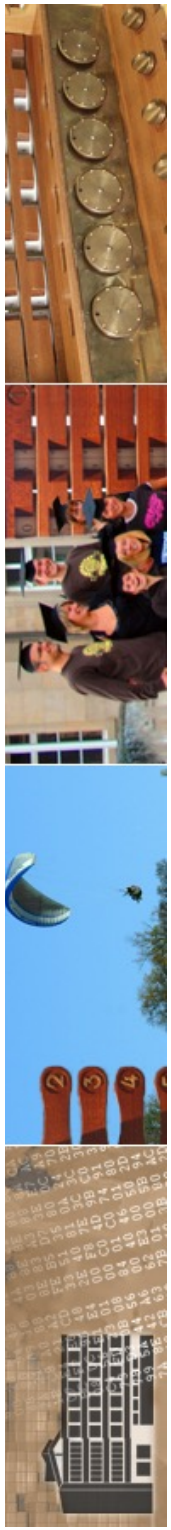
© 2026 Universität Tübingen

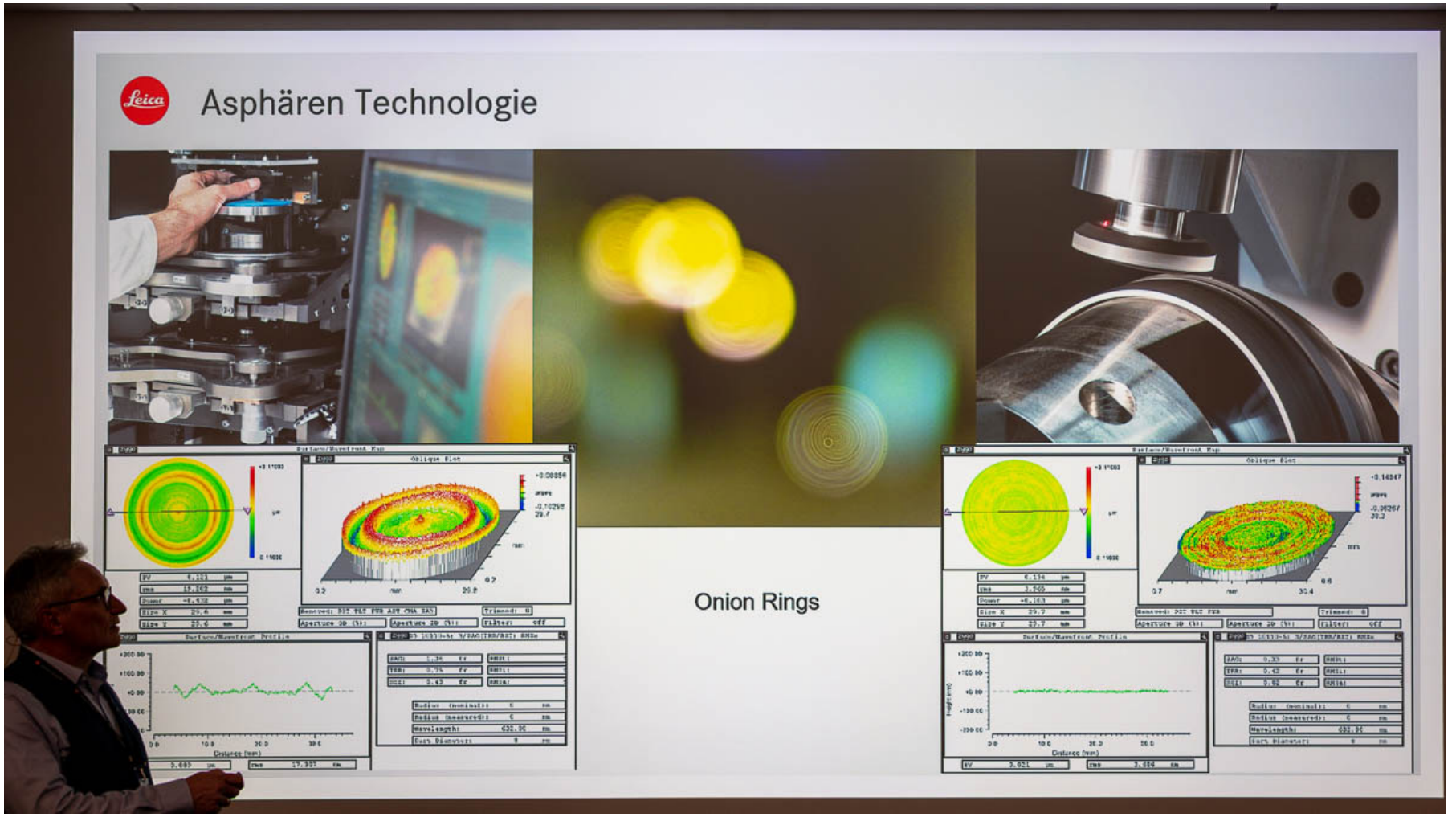


asphärische Linsen

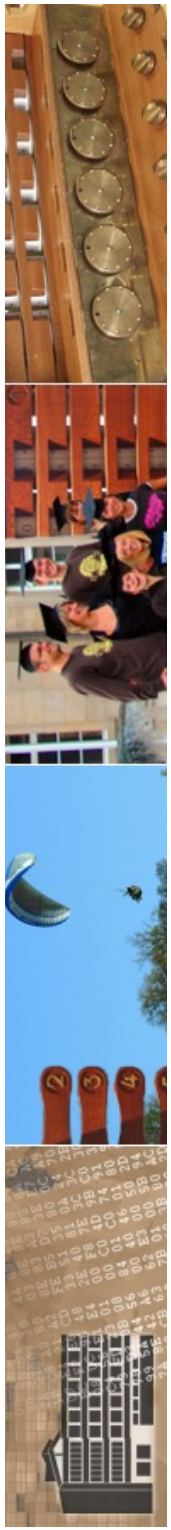
- asphärische Linsen steigern Abbildungsleistung wesentlich
  - ab ~ 1965 in Handarbeit
  - ab ~ 1995 industriell
  - zunächst extrem kostenaufwendig







© 2026 Universität Tübingen



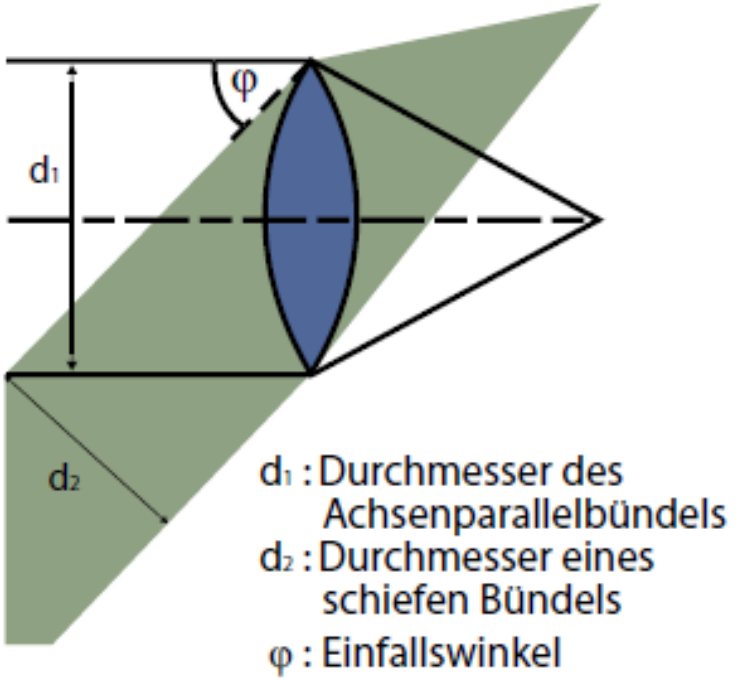
Vignettierung

- „Randabdunkelung“
  - natürliche Vignettierung:

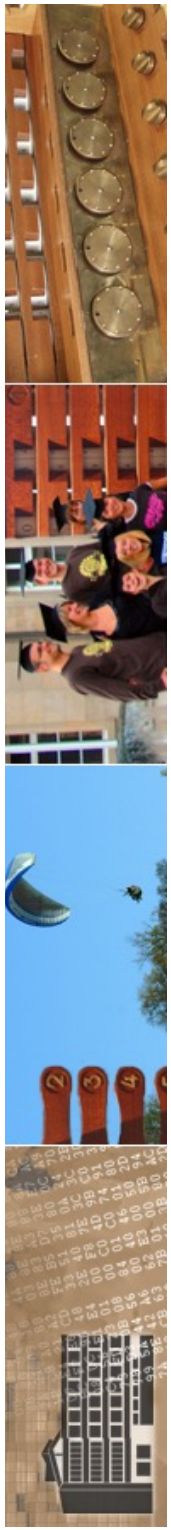
$$d_2 = d_1 \cdot \cos\phi$$

$$A \cdot \cos\phi$$

  - künstliche Vignettierung



© 2026 Universität Tübingen



Reflexionen

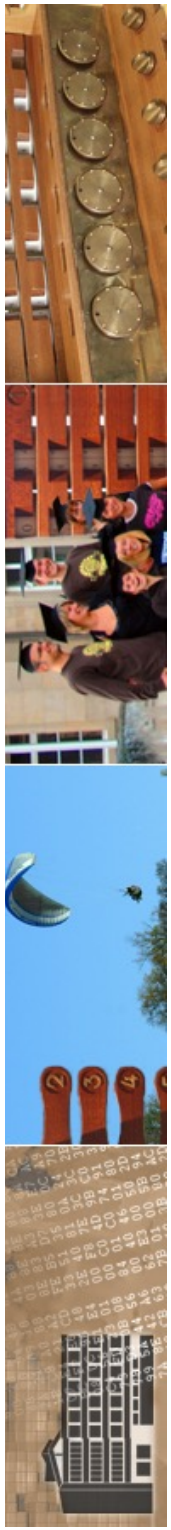
- Brechzahl b

$$n = \frac{c_0}{c_m}$$

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2}$$

- **Vergütung** von Linsen
- **Mehrfachvergütung**
- erst damit ab ~ 1930 Objektive mit mehr als 5 Linsen

© 2026 Universität Tübingen

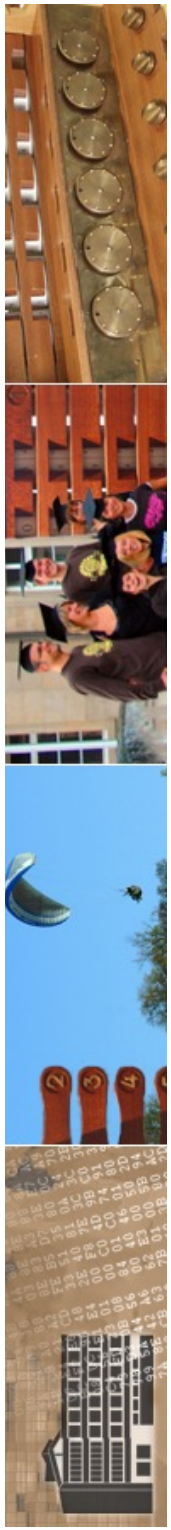


Vergütung von Linsen

- **Antireflexbeschichtung**

Erfindung durch den ukrainischen Physiker Alexander Smakula (Олександр Теодорович Смакула)

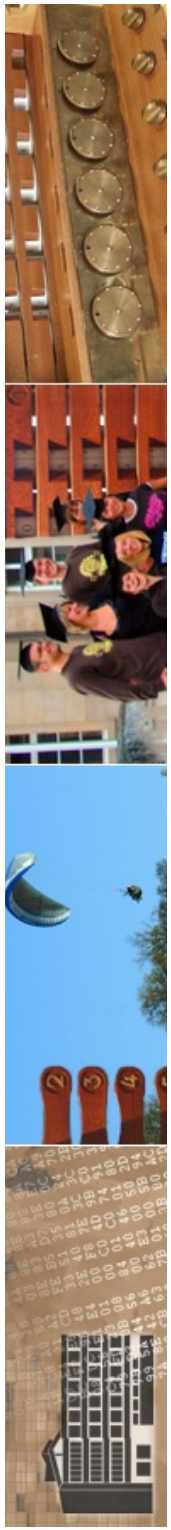
  - ab 1934 bei Zeiss in Jena, dort 1935 Entwicklung entspiegelter Flächen
  - 1951 Ruf an das MIT



klassische Objektivkonstruktionen

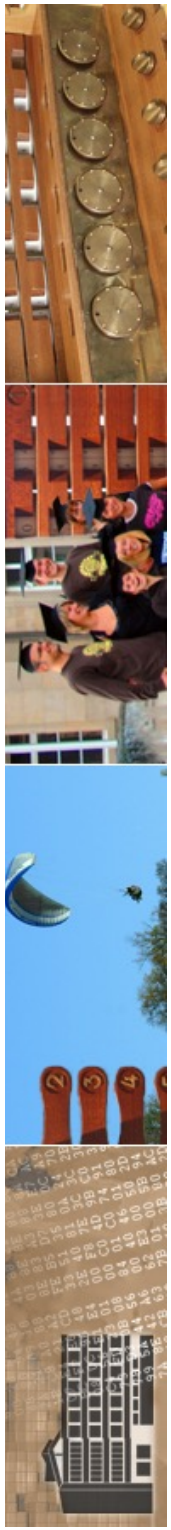
- Ultra-Weitwinkel < 24mm
- Weitwinkel 24mm bis 50mm
- Normal 50mm
- Portrait-Tele 50mm bis 100mm
- Tele 100mm bis 300mm
- Super-Tele >300mm

© 2026 Universität Tübingen



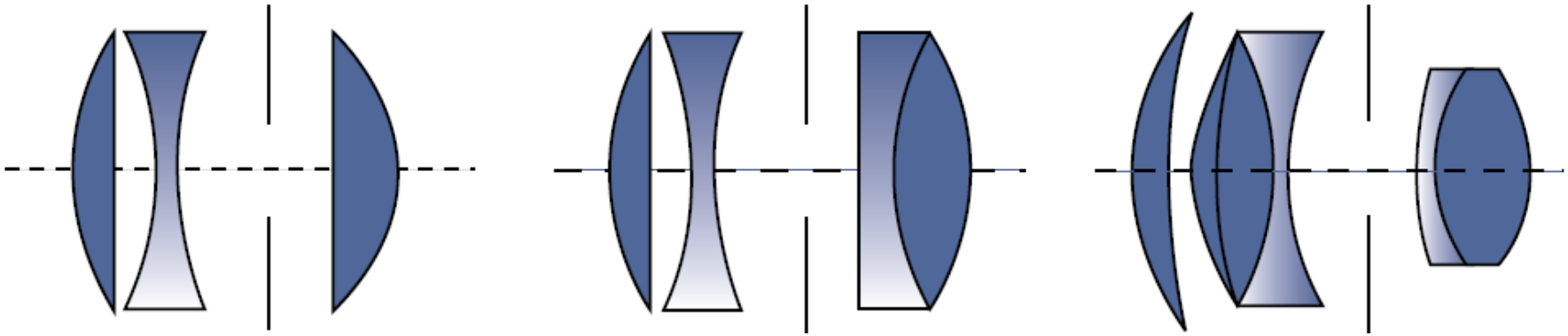
Bezeichnungen von Optiken

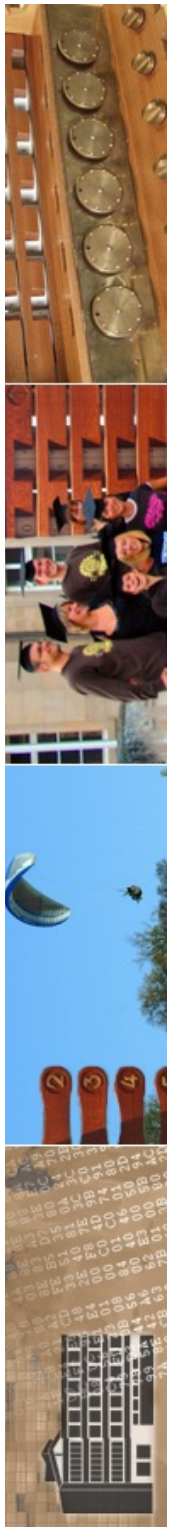
- *Zeiss*
  - Objektivname gibt Klasse des Optikaufbaus an
- Leica
  - Objektivname gibt Lichtstärke an
- alle anderen
  - Vielzahl von Abkürzungen wie DX, ED, IS, IF, VR, AF-S, DG, DN



Cookesches Triplet

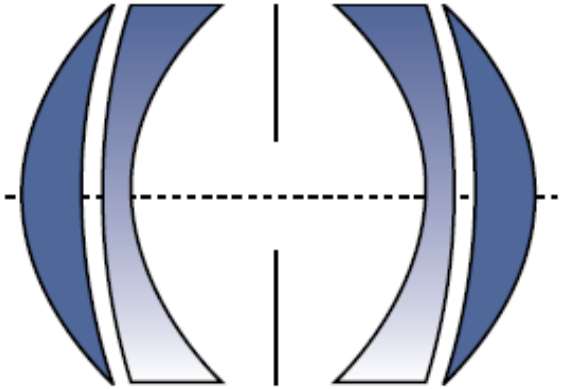
- früher Klassiker mit 3 Linsen

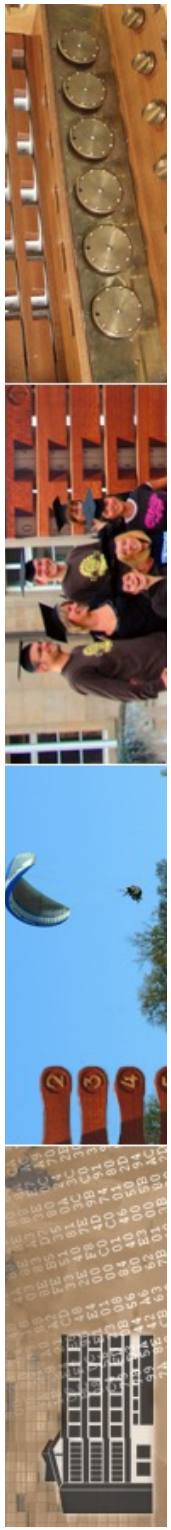




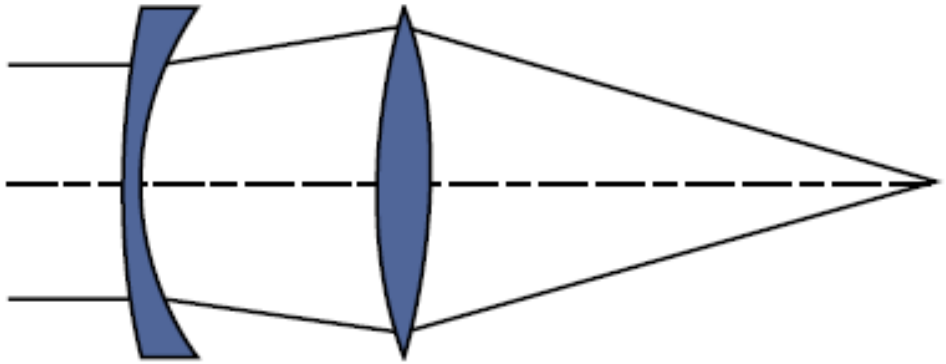
Gauß-Typ

- symmetrisches Objektiv

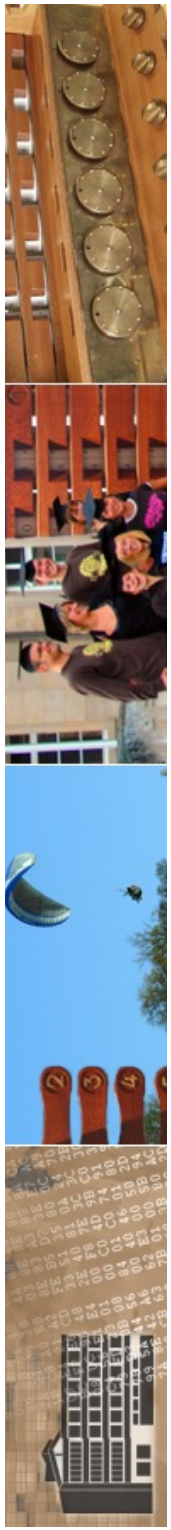




Retrofokus-Prinzip

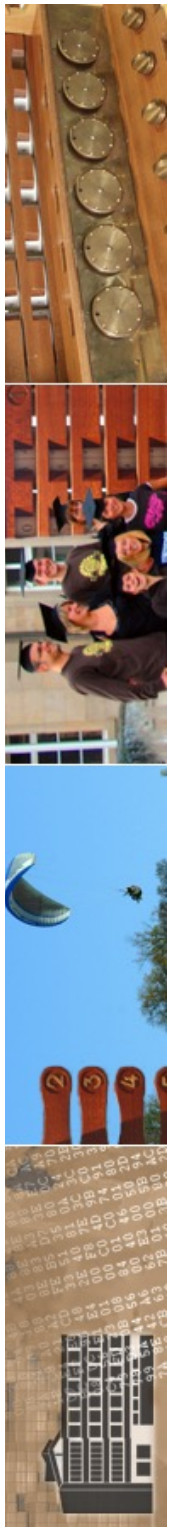


- erhöht Abstand hintere Linse – Sensor/Film
- verschlechtert optische Konstruktion
- wichtig für SLR bei Weitwinkel

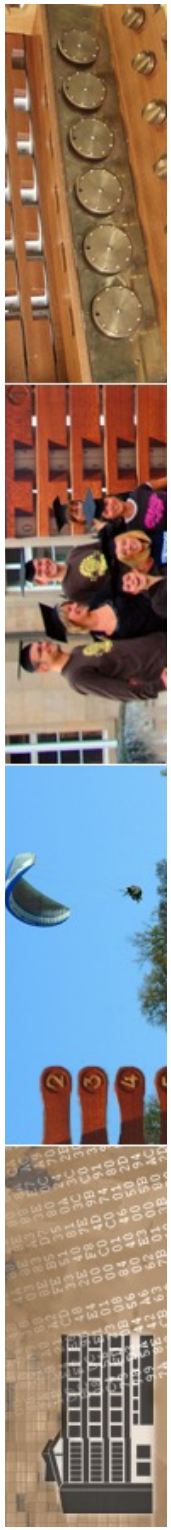


symmetrisch versus retrofokus





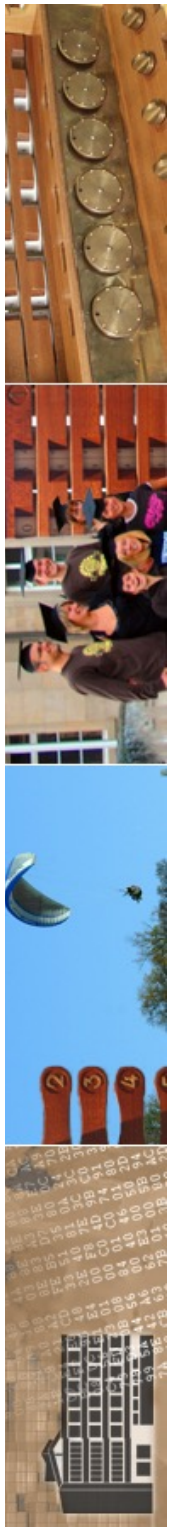

MADE IN GERMANY
Nikon
AF-S NIKKOR 28 mm 1:1.8 G
feet
m



Beurteilung vom Objektiven

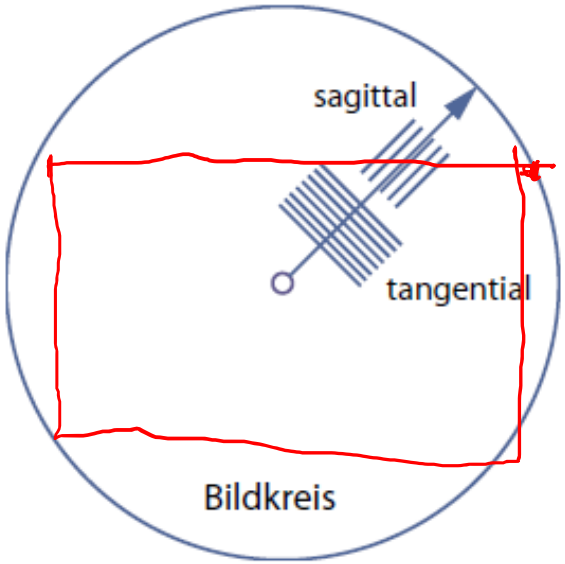
- Brennweite
- Lichtstärke

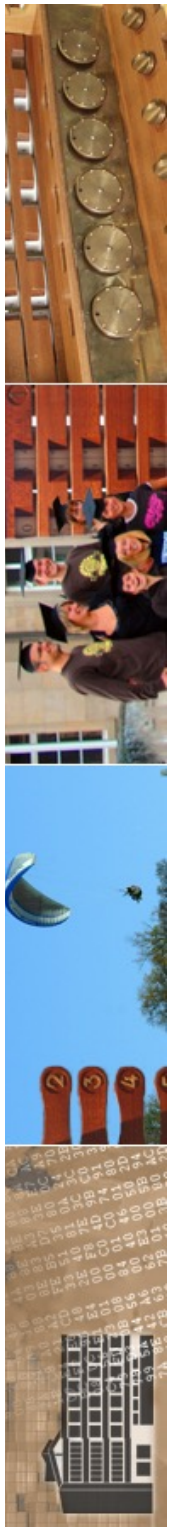
- MTF-Kurven
- Distorsion
- Vignettierung



MTF-Kurven

- Modular-Transfer-Function

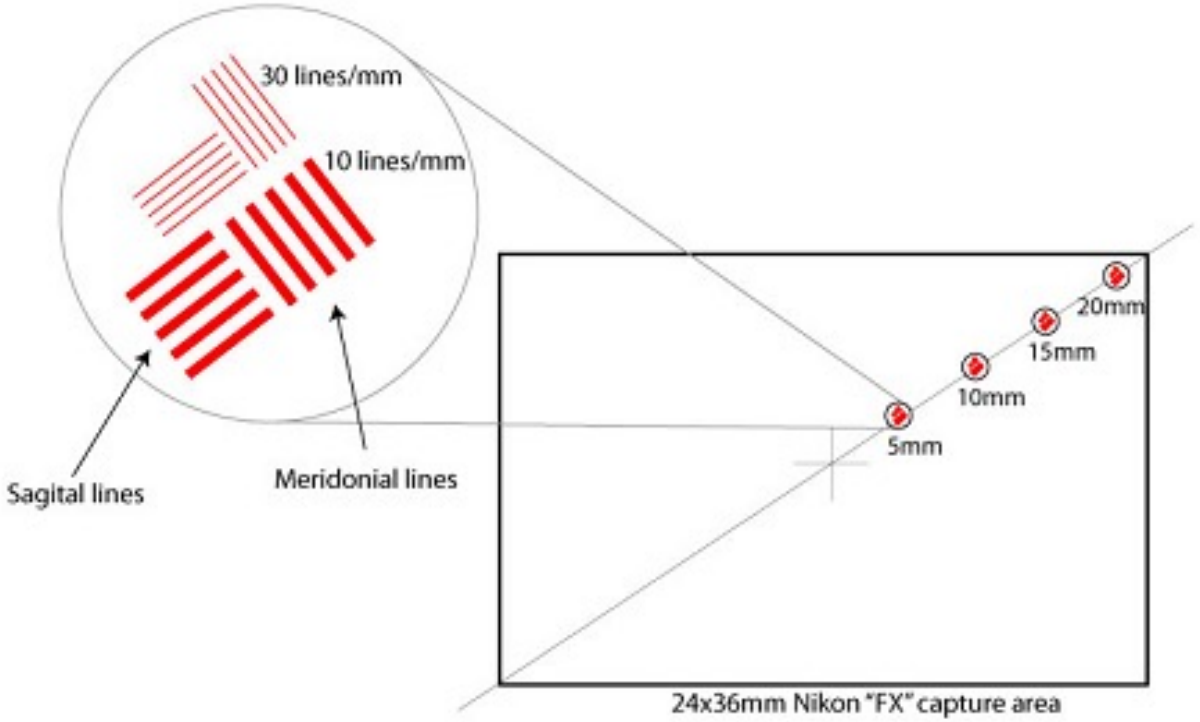


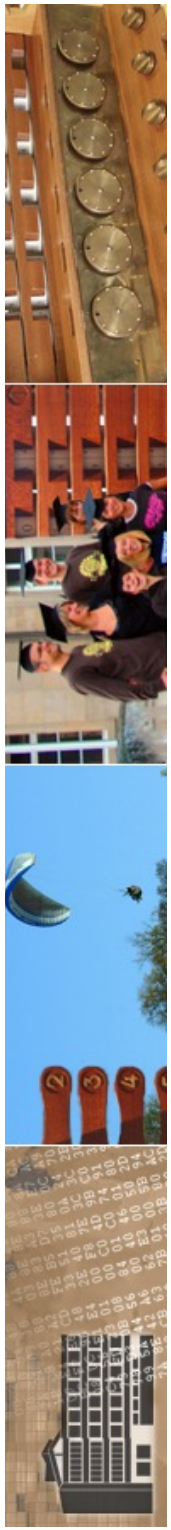


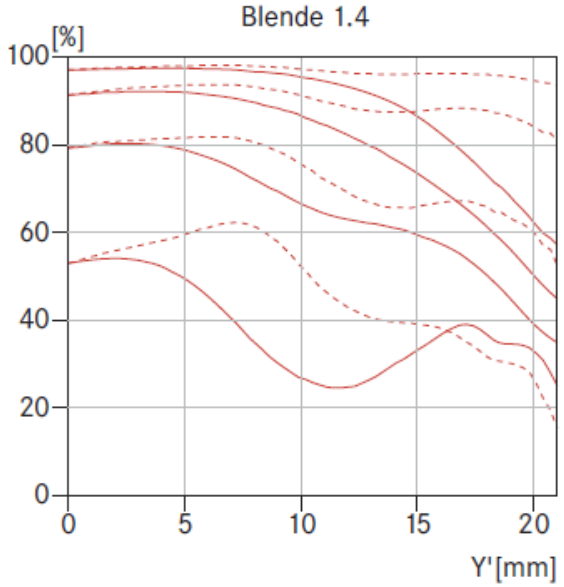
MTF-Kurven

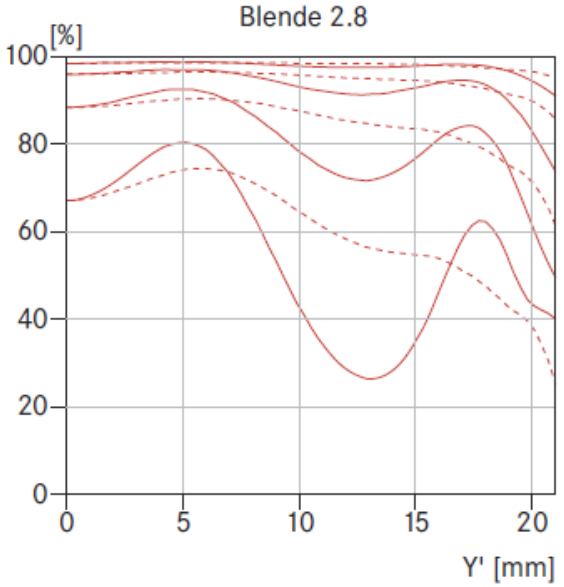
- Modular-Transfer-Function

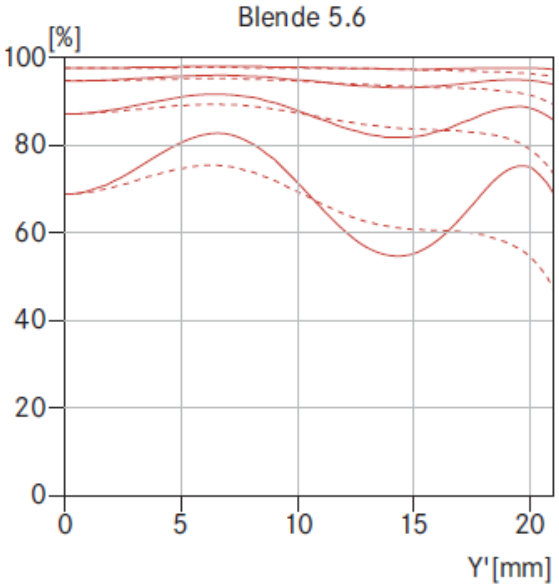
https://www.nikonimgsupport.com/eu/BV_article?articleNo=000048010&configured=1&lang=de







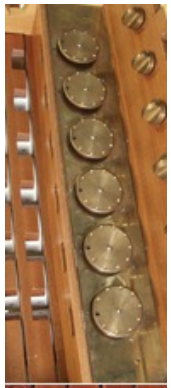




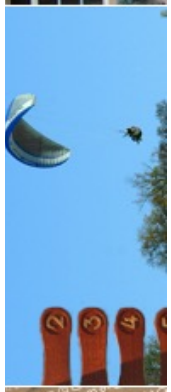
Die MTF ist jeweils für die volle Öffnung, für die Öffnung 2,8 und für die Öffnung 5,6 für große Aufnahmeentfernungen (unendlich) angegeben. Aufgetragen ist der Kontrast in Prozent für 5, 10, 20, 40lp/mm über die Höhe des Kleinbildformats für tangentiale (gestrichelte Linie) und sagittale Strukturen(durchgezogene Linie) bei weißem Licht. Die 5 und 10lp/mm geben einen Eindruck über das Kontrastverhalten für gröbere Objektstrukturen, die 20 und 40lp/mm dokumentieren das Auflösungsvermögen feiner und feinster Objektstrukturen.

sagittale Strukturen

tangentiale Strukturen





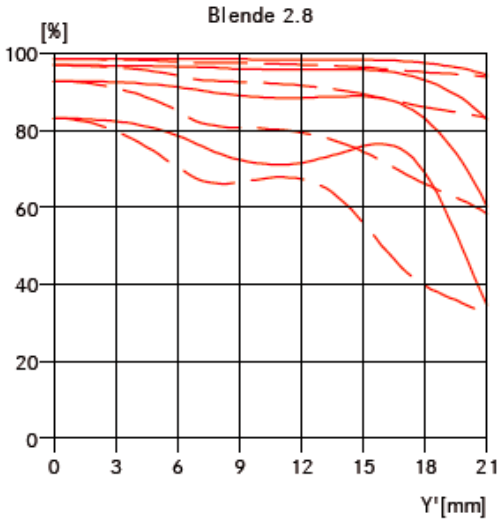


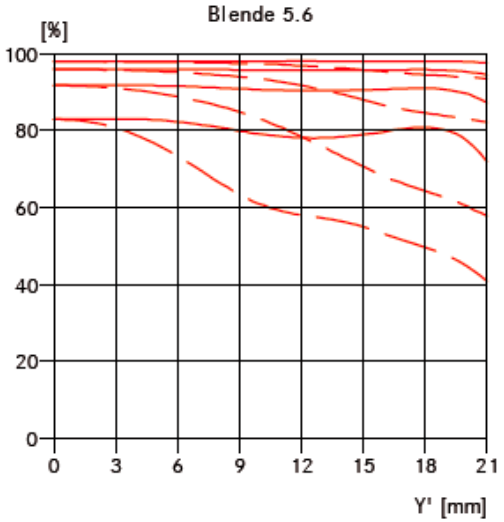


MTF-DIAGRAMME

Unendlich (∞)

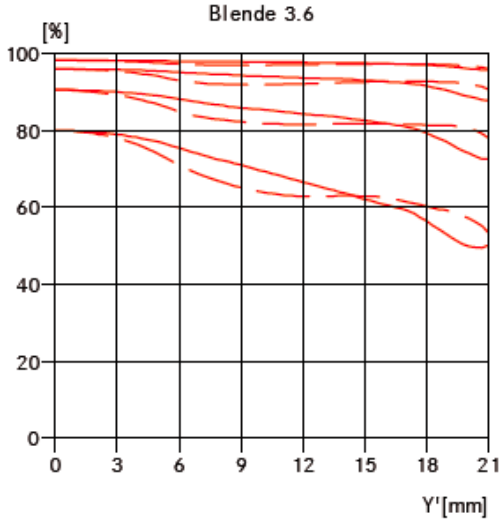
Brennweite 24 mm

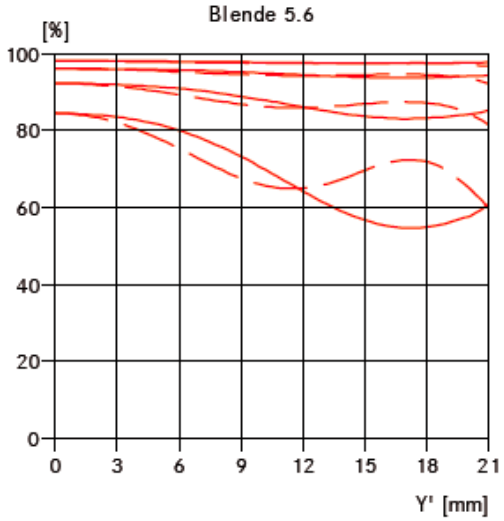






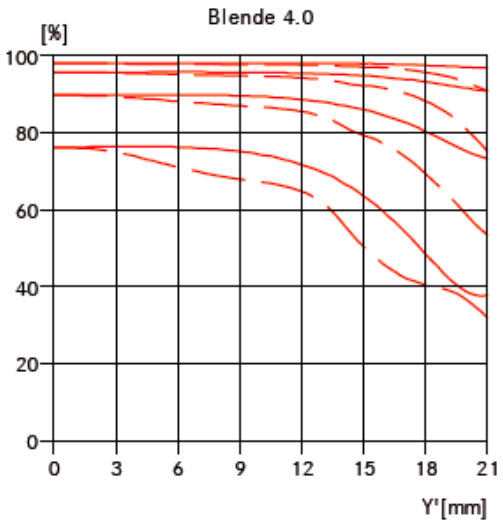
Brennweite 50 mm

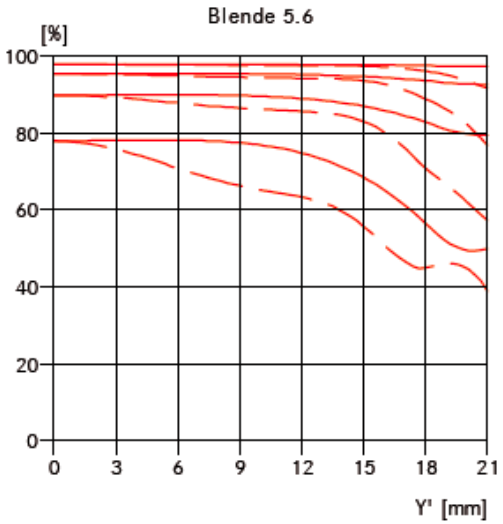




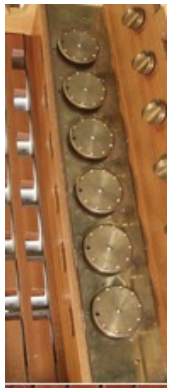


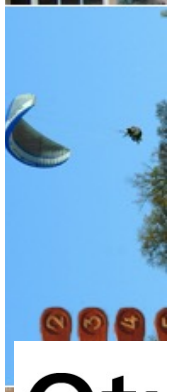
Brennweite 90 mm





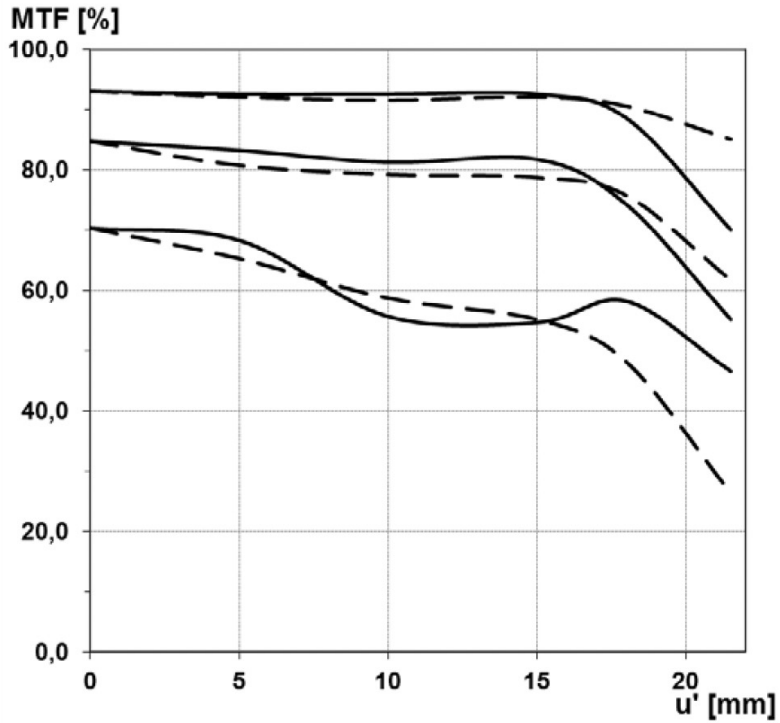






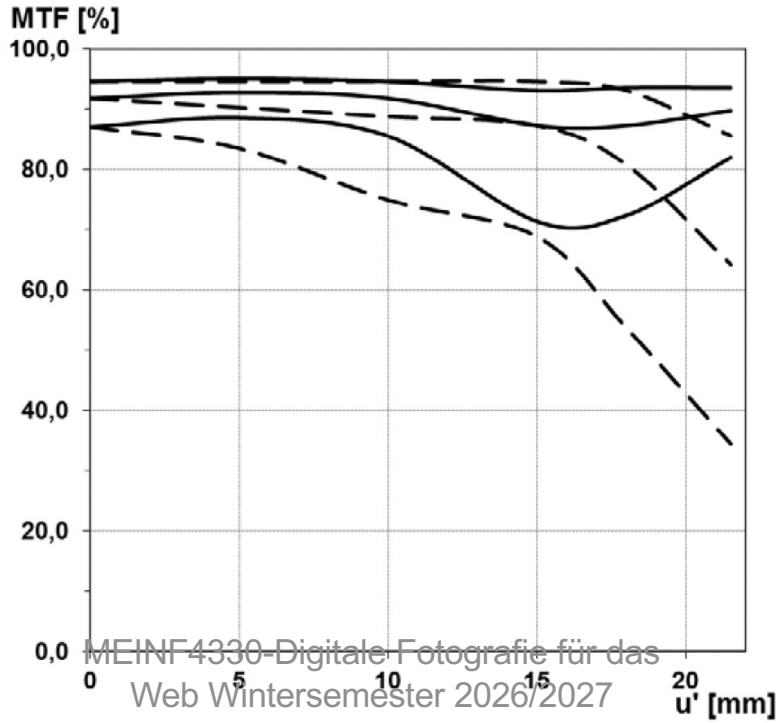

Beispiel Zeiss

Otus 1.4/85



Blendenzahl: k = 1,4 / f-number = 1.4

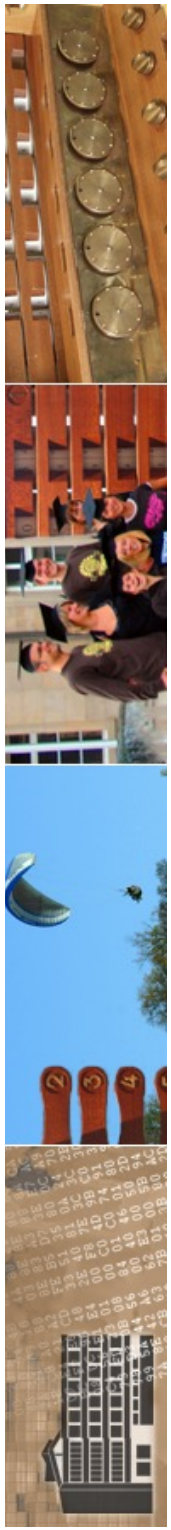
__ Sagittal
… Tangential



Blendenzahl: k = 4 / f-number = 4.0

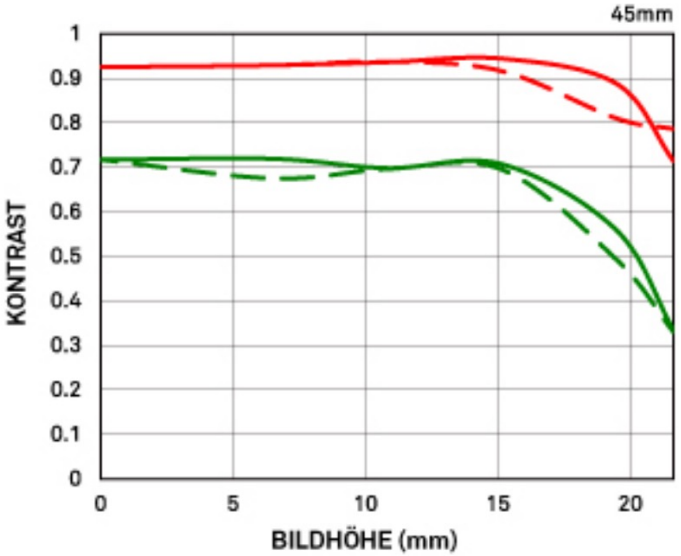
__ Sagittal
… Tangential

© 2026 Universität Tübingen

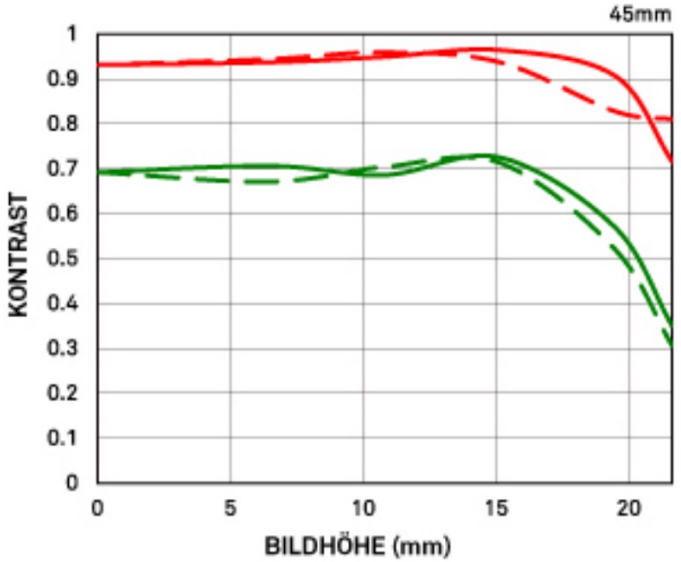


Beispiel Sigma

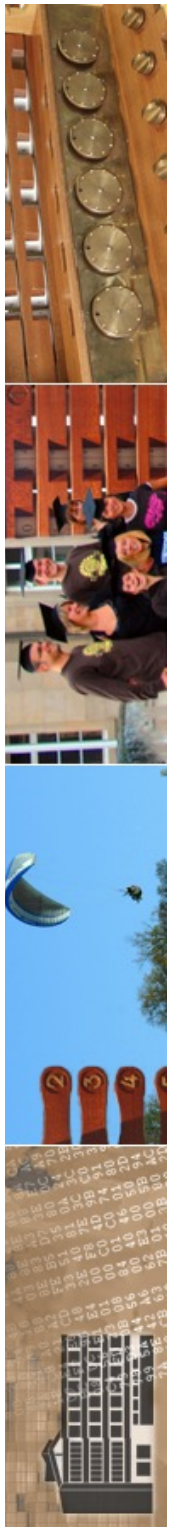
Leistungsmerkmale



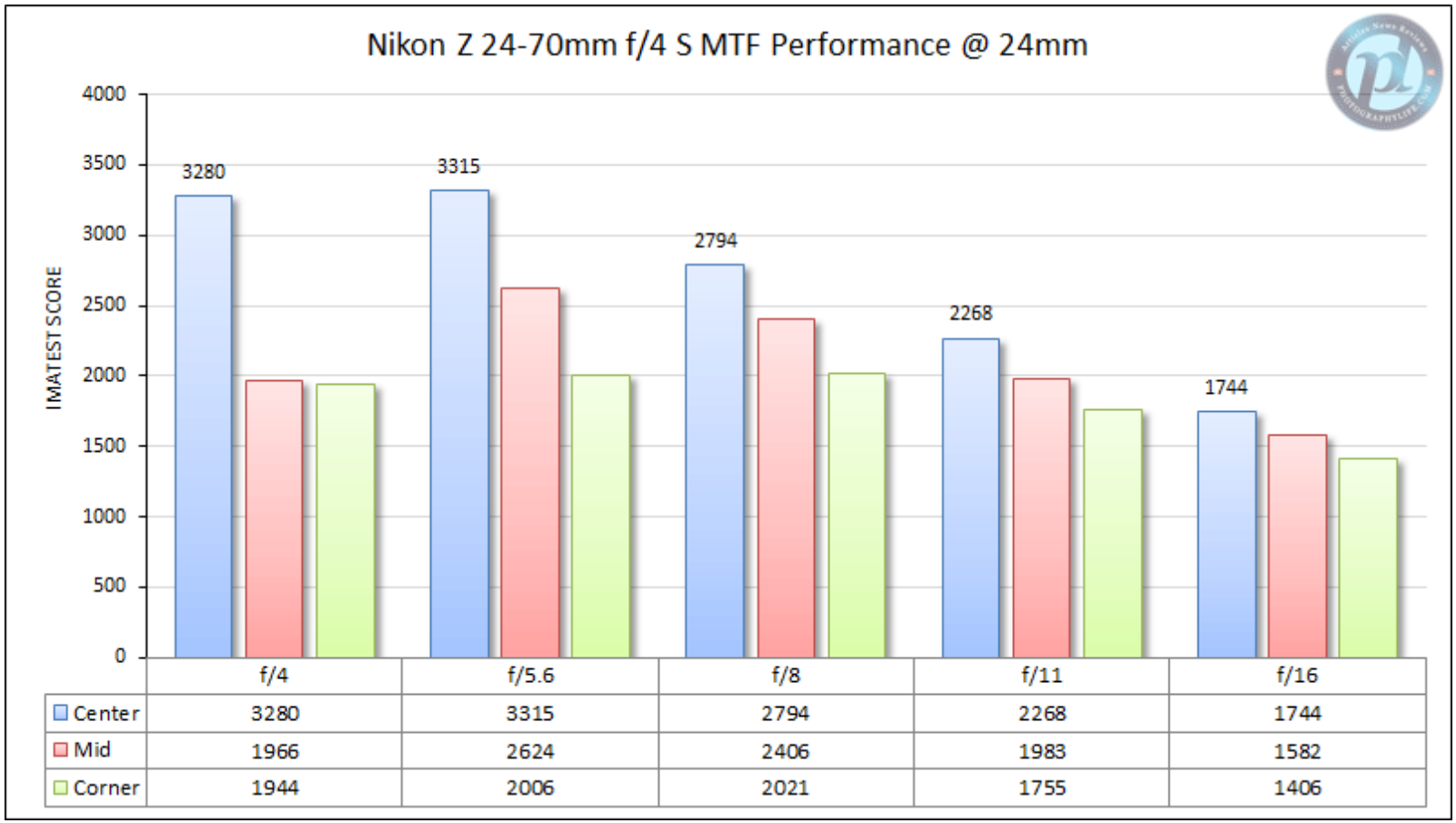
MTF-Diagramm Beugung: 45mm F2,8 DG DN | Contemporary



MTF-Diagramm Geometrisch: 45mm F2,8 DG DN | Contemporary

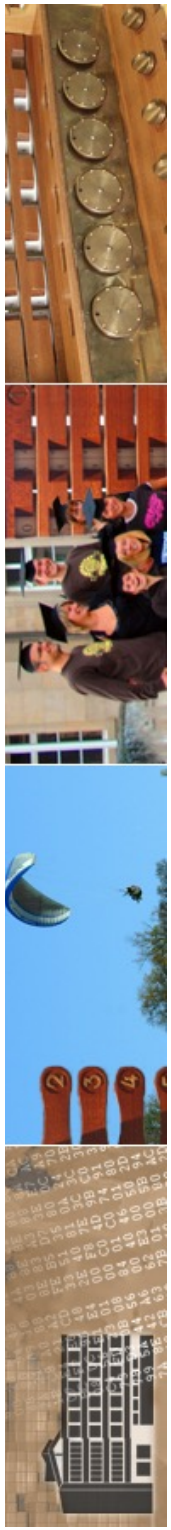


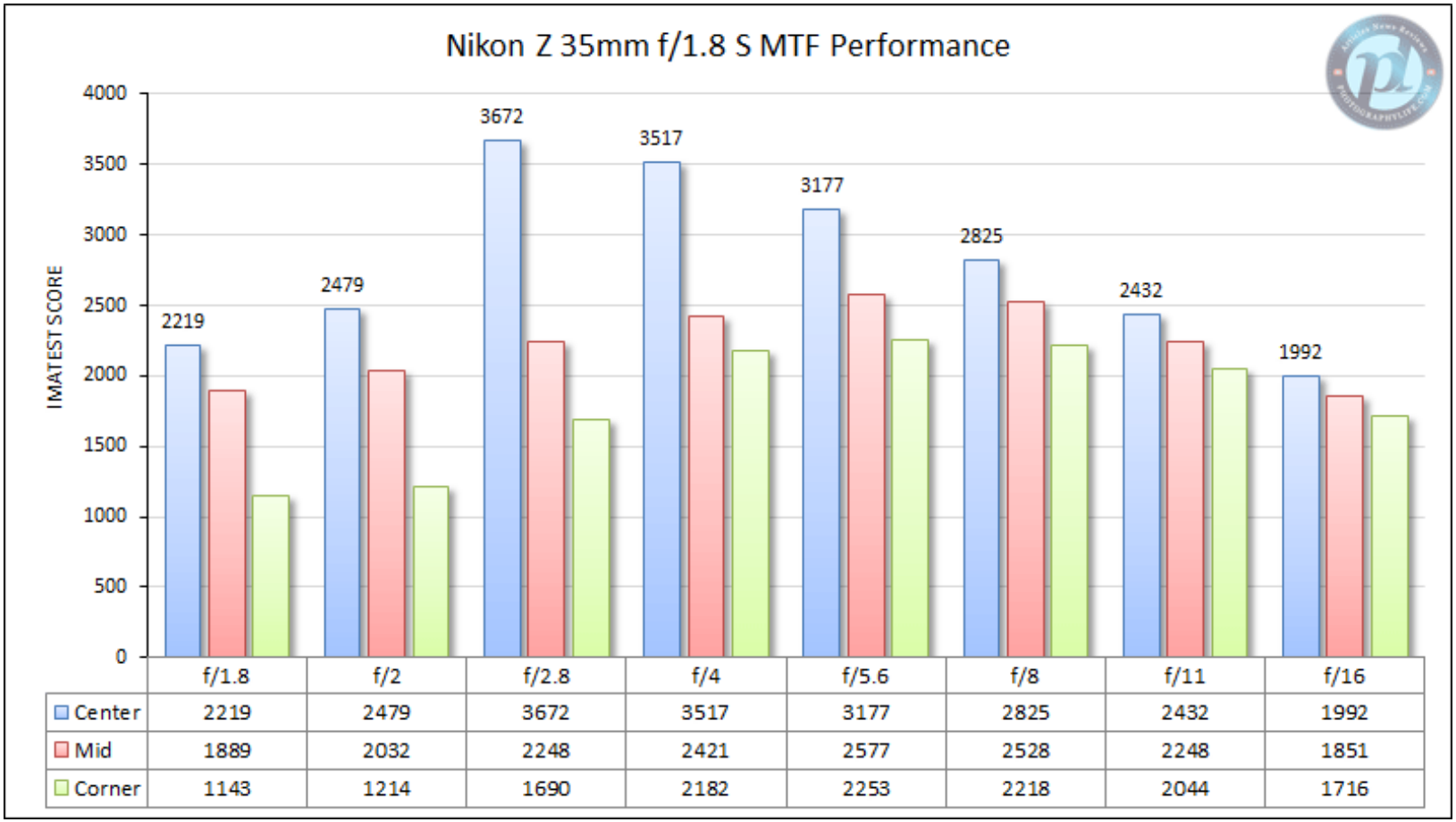
andere Darstellung



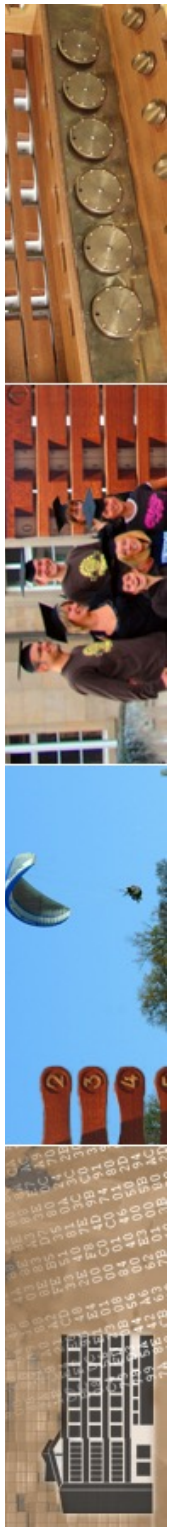
	f/4	f/5.6	f/8	f/11	f/16
Center	3280	3315	2794	2268	1744
Mid	1966	2624	2406	1983	1582
Corner	1944	2006	2021	1755	1406

© 2026 Universität Tübingen





	f/1.8	f/2	f/2.8	f/4	f/5.6	f/8	f/11	f/16
Center	2219	2479	3672	3517	3177	2825	2432	1992
Mid	1889	2032	2248	2421	2577	2528	2248	1851
Corner	1143	1214	1690	2182	2253	2218	2044	1716



ein (extremes) Beispiel

APO-SUMMICRON-SL 1:2/35 ASPH.

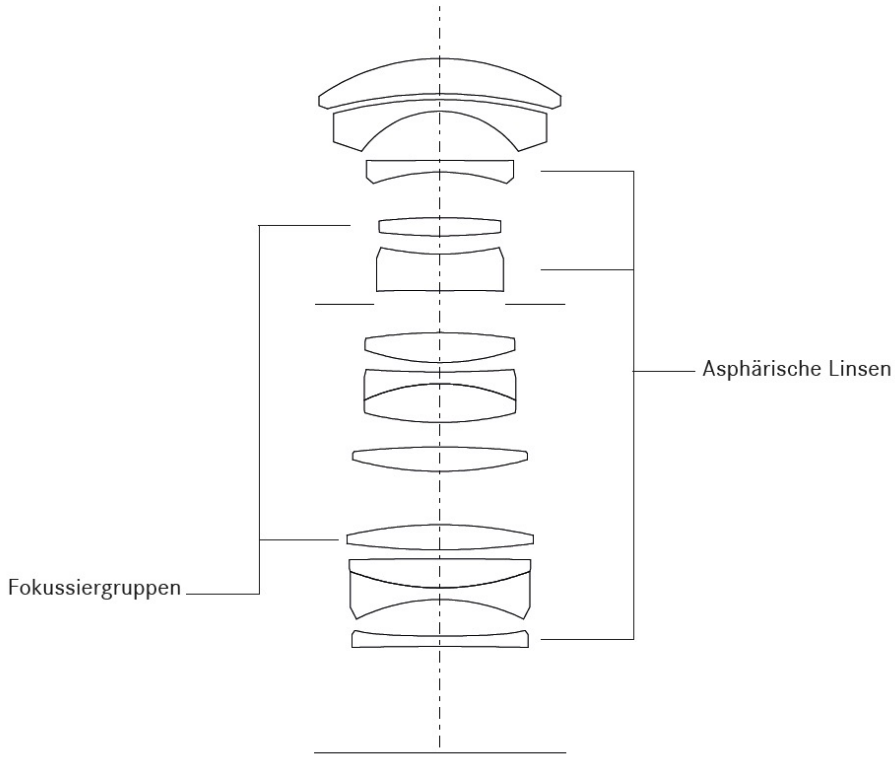
Technische Daten.

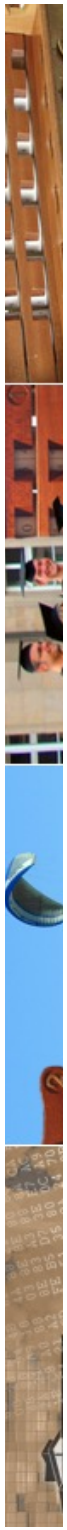
TECHNISCHE ZEICHNUNG



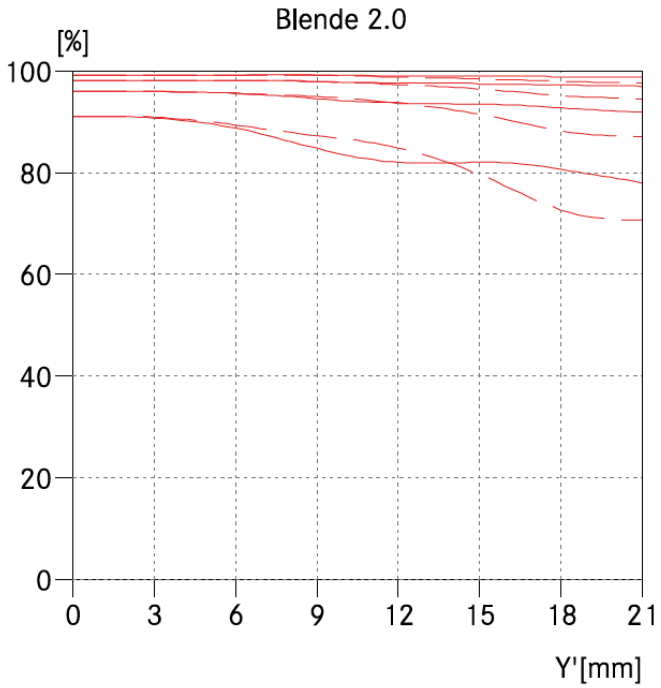
Abbildung 1:2

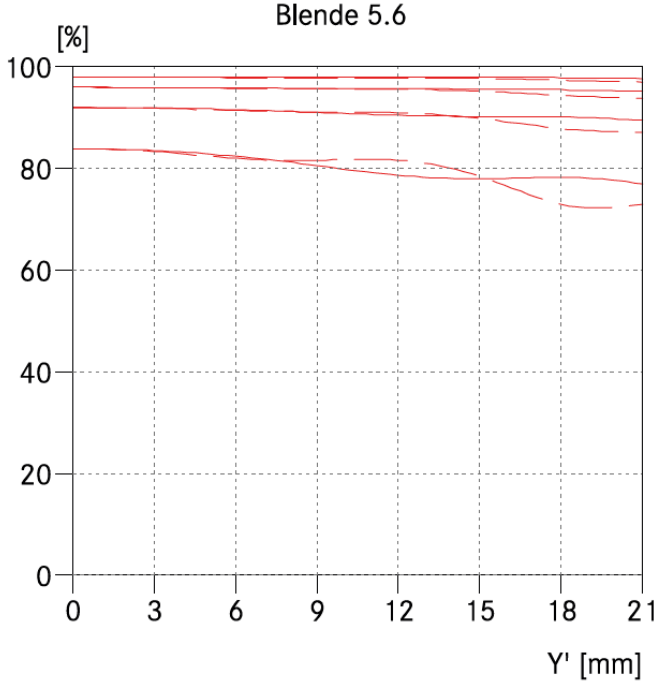
LINSENSCHNITT



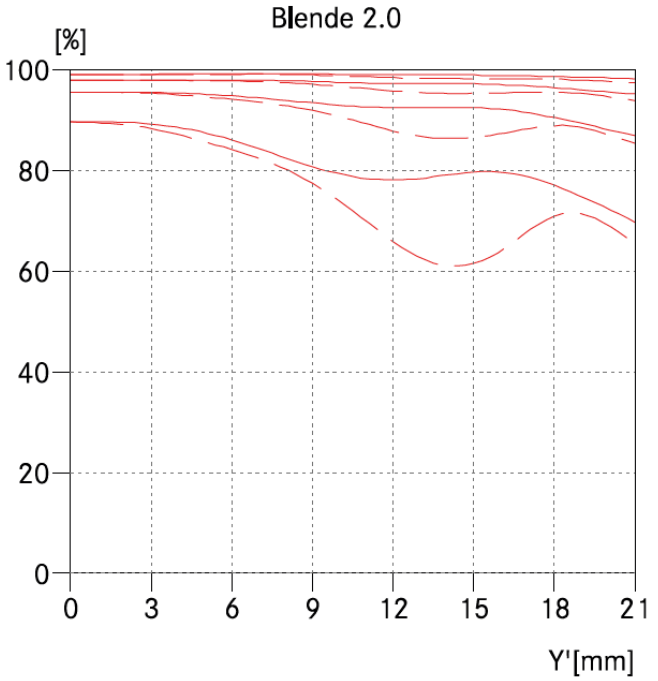


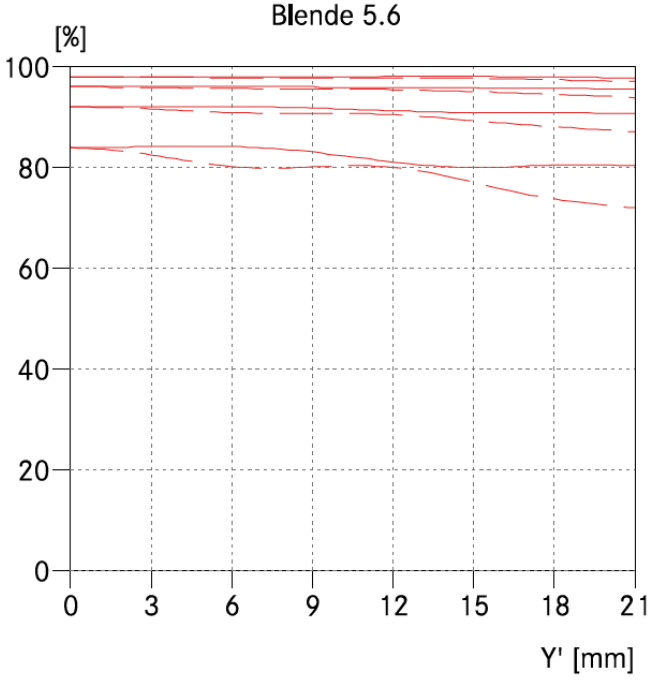
Unendlich (∞)

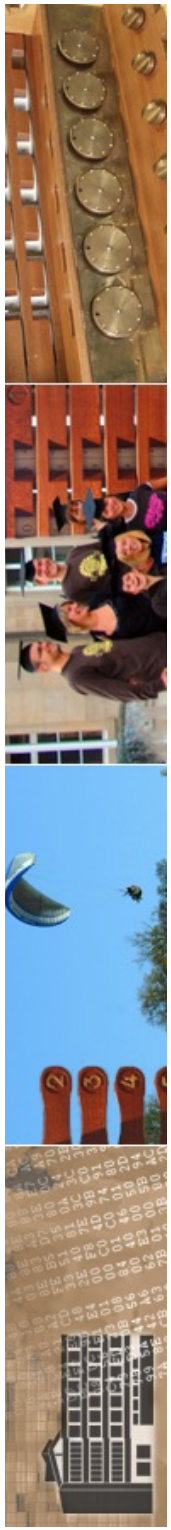




Naheinstellung (0,5 m)

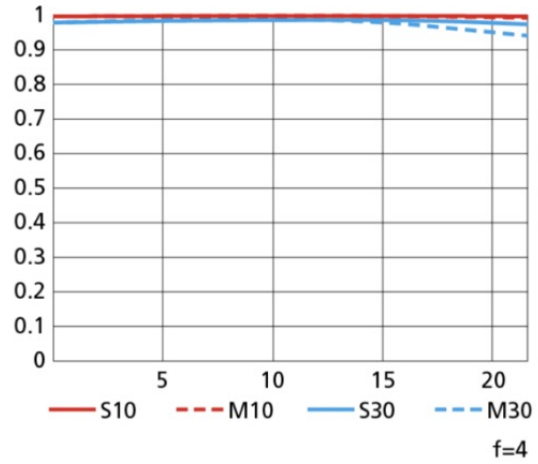




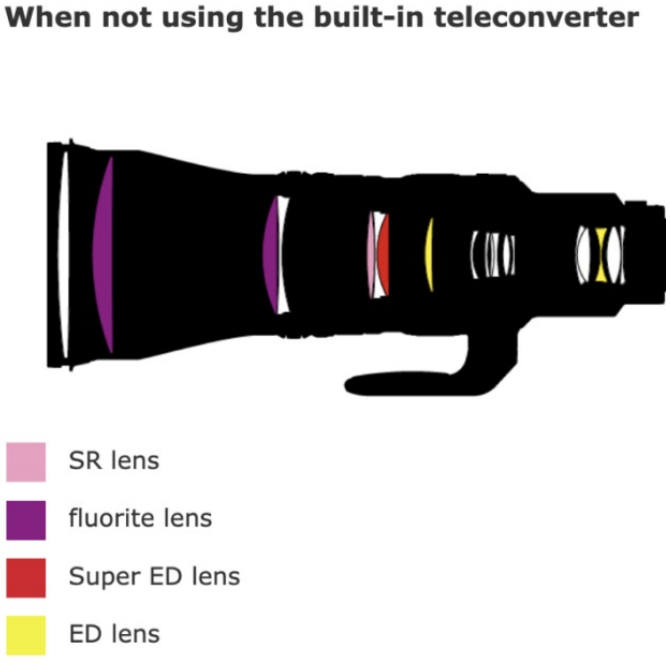


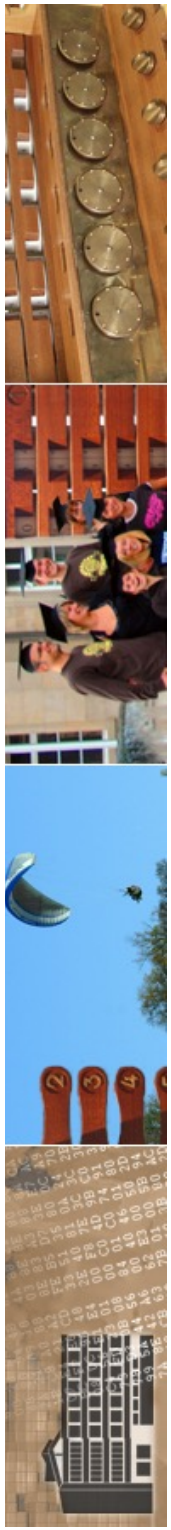
02.11.2022: Nikkor 600mm/4,0

- Nikon stellt am 02.11.2022 das neue Nikkor Z 600mm/4,0 TC VR S vor



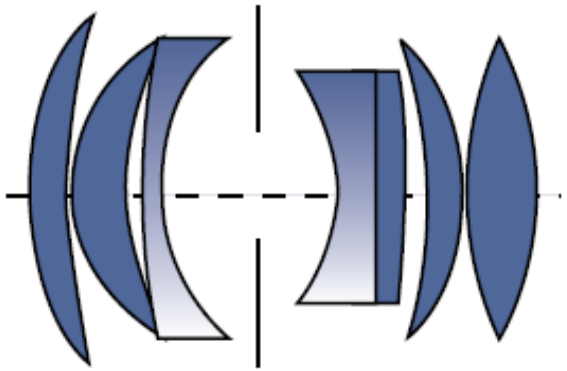


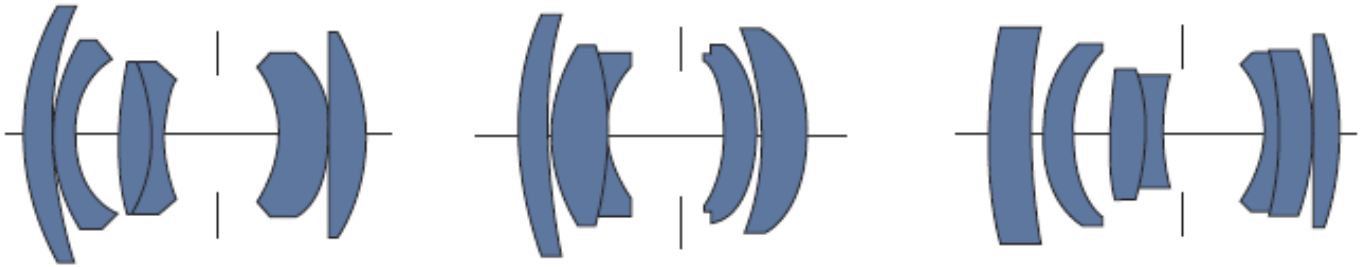




Planar

- Verbesserung des Gauß-Typs
- Klassiker für Normal-Brennweite





© 2026 Universität Tübingen

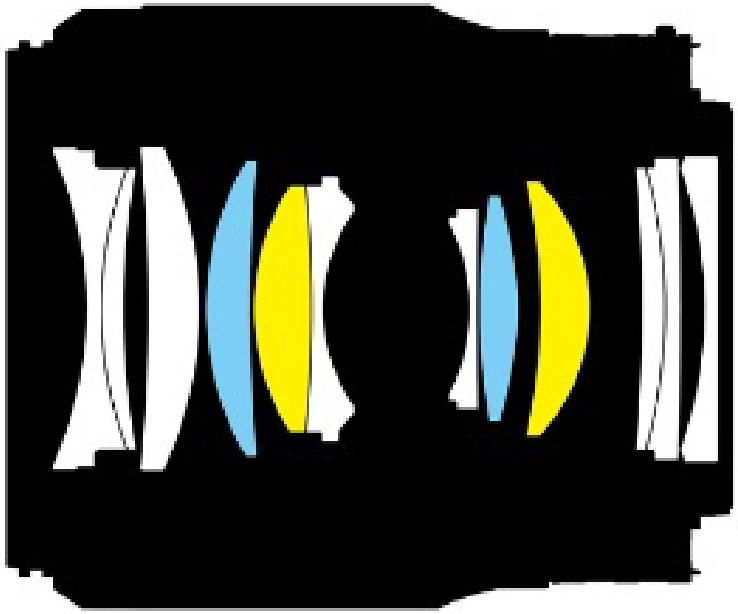


eine aktuelle Rechnung

Nikkor Z 50/1,8 S

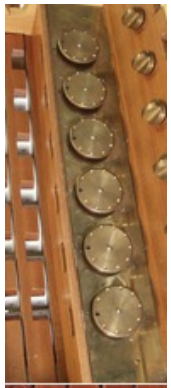


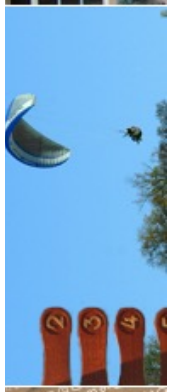
Lens Construction



ED glass elements

Aspherical lens elements






550 Jahre seit 1477 UNIVERSITÄT TÜBINGEN

DIGITAL PHOTOGRAPHY REVIEW DPREVIEW

Search dpreview.com

News Reviews Articles Buying Guides Sample Images Videos Cameras Lenses Phones

Best cameras and lenses

Why are modern 50mm lenses so damned complicated?

908

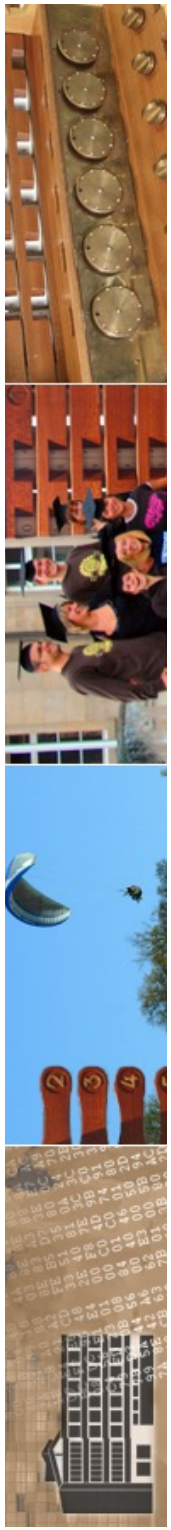
Published May 9, 2021 | RCicala

Share Tweet



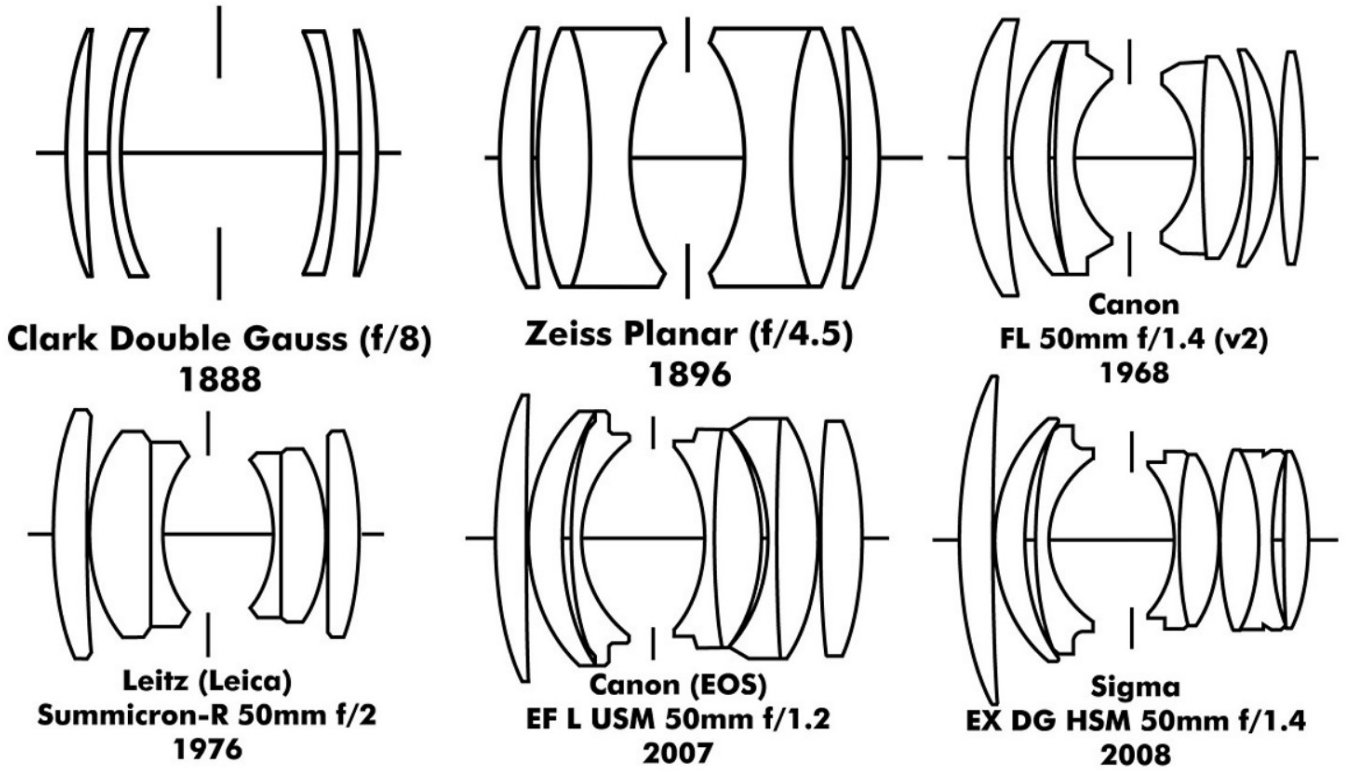
Lenses like Nikon's Z 50mm F1.2 S are bigger, heavier, more costly and more complex than older F1.2 designs. But why?

© 2026 Univ
Tübingen

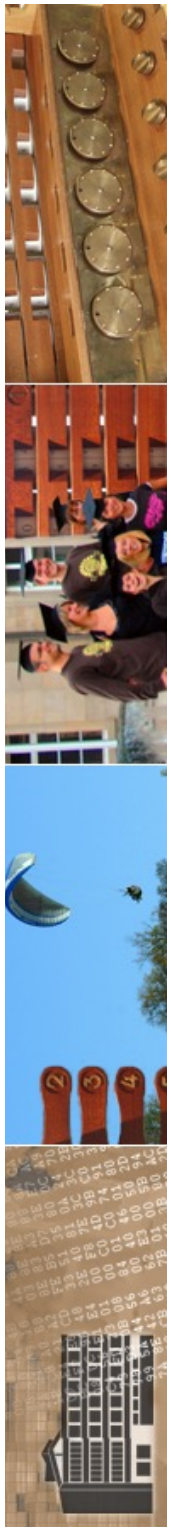


moderne „Normalobjektive“

- https://www.dpreview.com/opinion/9236543269/why-are-modern-50mm-lenses-so-damned-complicated?utm_source=self-desktop&utm_medium=marquee&utm_campaign=traffic_source

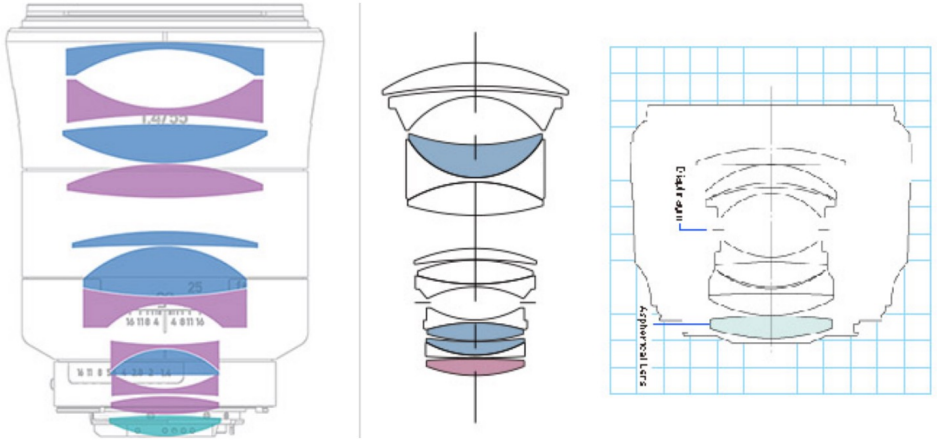


© 2026 Unive
Tübingen



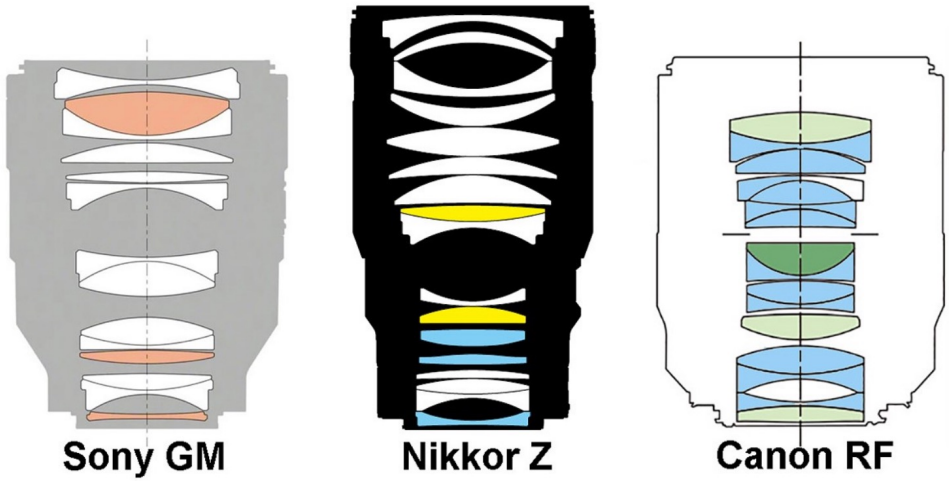
But lenses change

In the last decade, 50mm lenses have gotten more complex. Compare the 30 year old design of the Canon 50mm F1.2 (right) with the more recent Sigma 50mm F1.4 Art and Zeiss Otus 55mm F1.4 (left) designs.



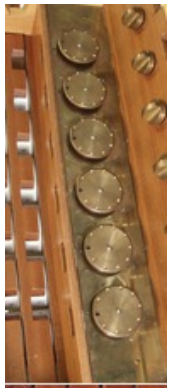
Lens diagram of (left to right) Zeiss 55mm Otus, Sigma 50mm F1.4 Art, and Canon 50mm EF F1.2L lenses.

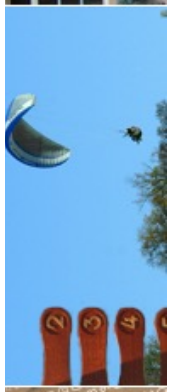
Three major manufacturers have recently introduced even more complex-design 50mm F1.2 lenses, containing 13 to 18 elements with multiple aspheric and low dispersion elements. Any double Gauss influence on the design is pretty hard to see.



Lens diagrams of (from left): Sony FE 50mm f1.2 GM, Nikkor Z 50mm f1.2 S, and Canon RF 50mm f1.2L. (from manufacturer).

© 2026 Universität Tübingen

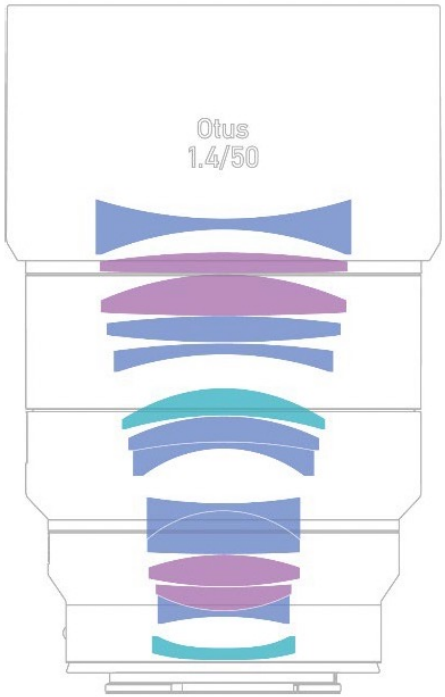





Zeiss Otus ML 1.4/50 (2025)

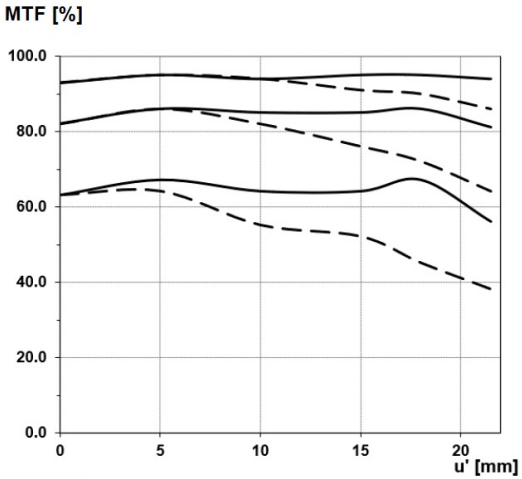
ZEISS Otus ML 1.4/50

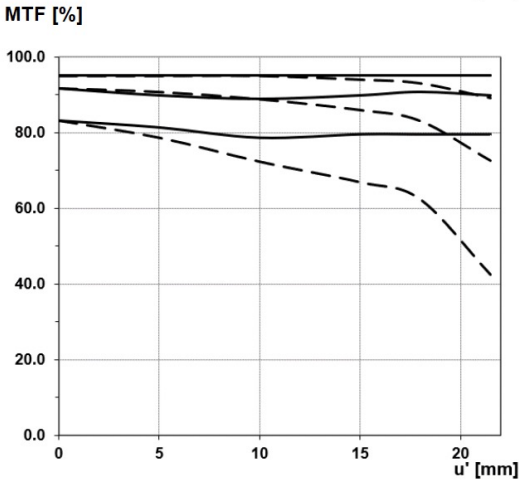
Technische Daten/Technical Specifications



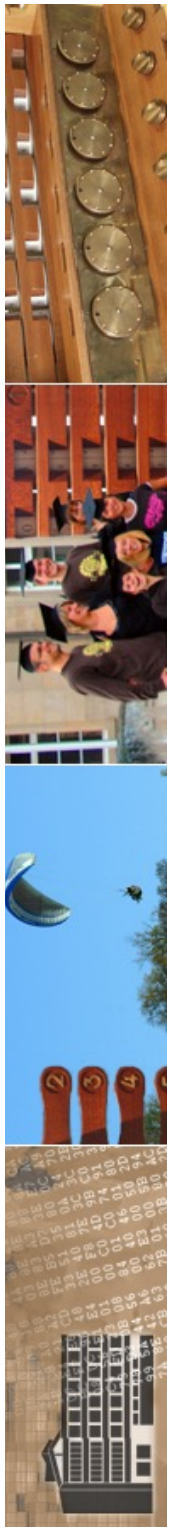
MTF Charts

Unendlich / Infinity



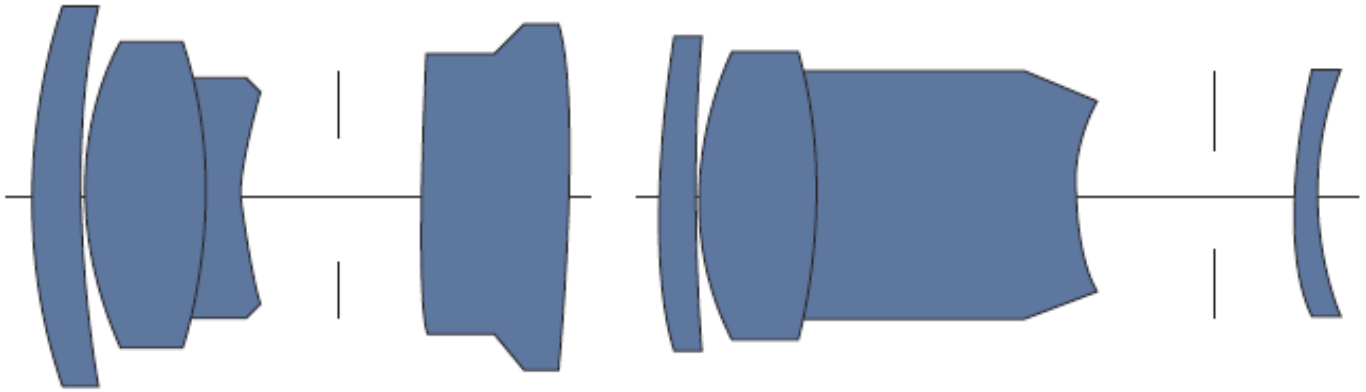


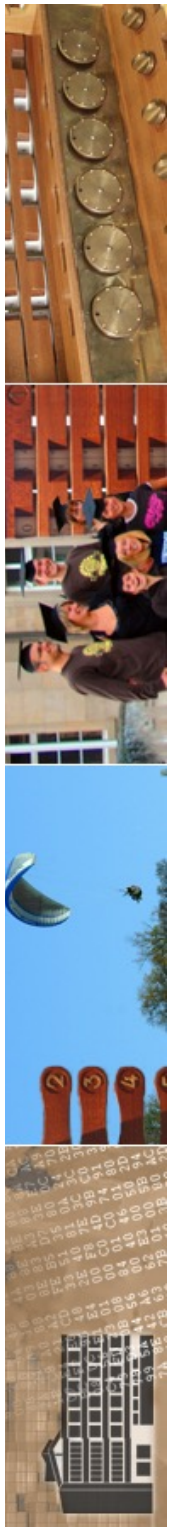
© 2026 Universität Tübingen



Sonar

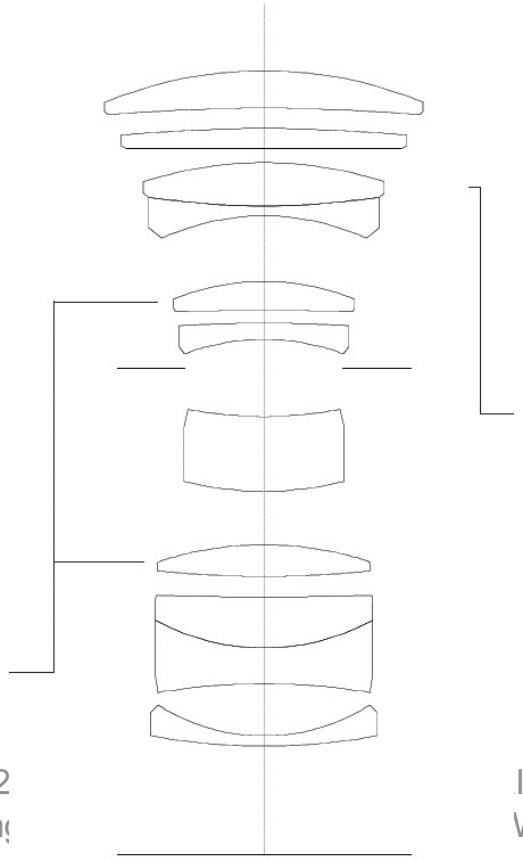
- leichtes Tele



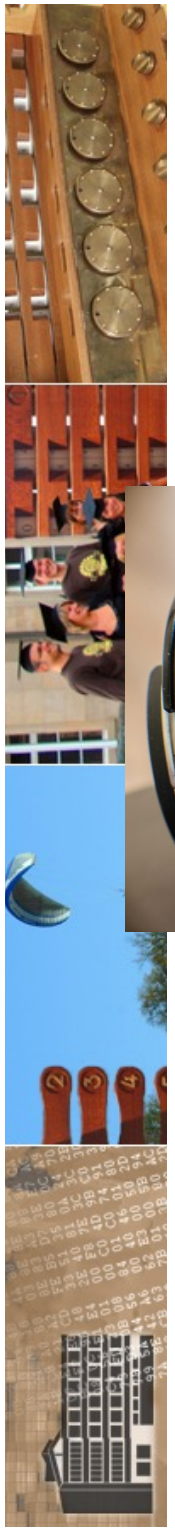


Sonar

- das klassische „Portrait-Tele“

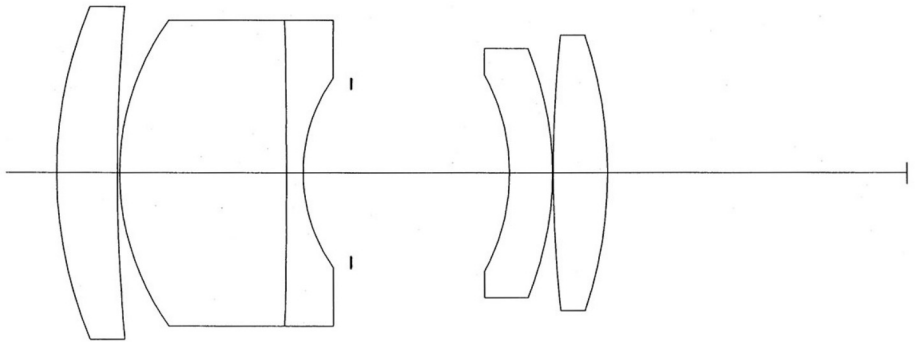






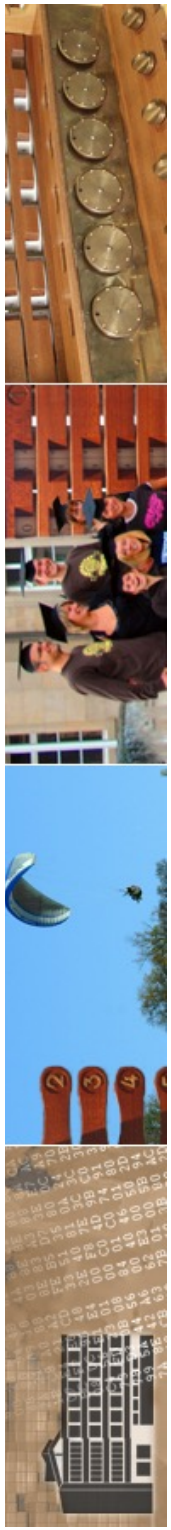
Nikon 105mm/2,5 AI-S





(Fig. 2.) AI Nikkor 105mm f/2.5 Lens Cross-Section

https://www.dpreview.com/forums/thread/3933527



Review: Nikkor 105mm f/2.5 AI-S, an old school classic lens reviewed with the modern D810

Started Dec 2, 2015 | User reviews



ruifonikon • Senior Member • Posts: 1,657 21

Review: Nikkor 105mm f/2.5 AI-S, an old school classic lens reviewed with the modern D810

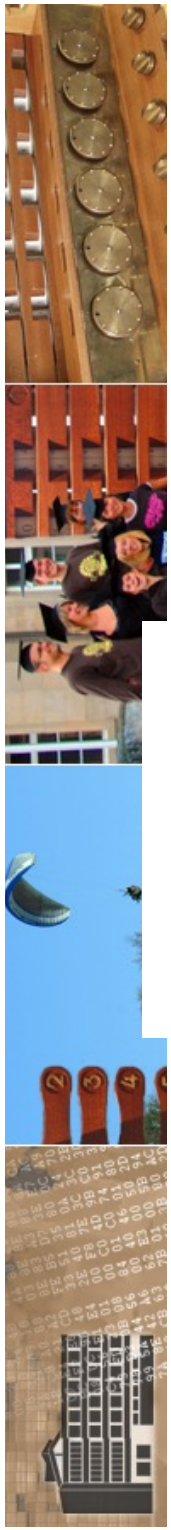
Dec 2, 2015 • Review of Nikkor 105mm f/2.5 AI-S

Ok, so this is my review of the **Nikkor 105mm f/2.5 AI-S**, an old school classic lens reviewed with the modern D810.



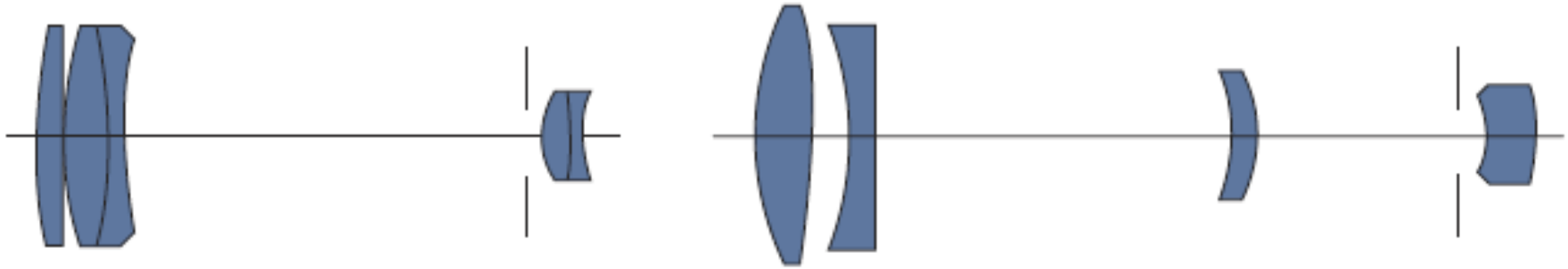
Old & New fusion

© 2026 Universität Tübingen



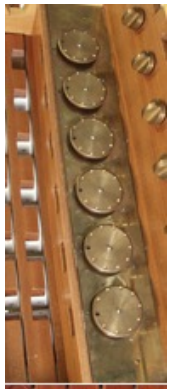
Tessar

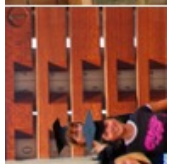
- starkes Tele



https://zeissikonveb.de/start/objektive/normalobjektive/tessar.html

© 2026 Universität Tübingen



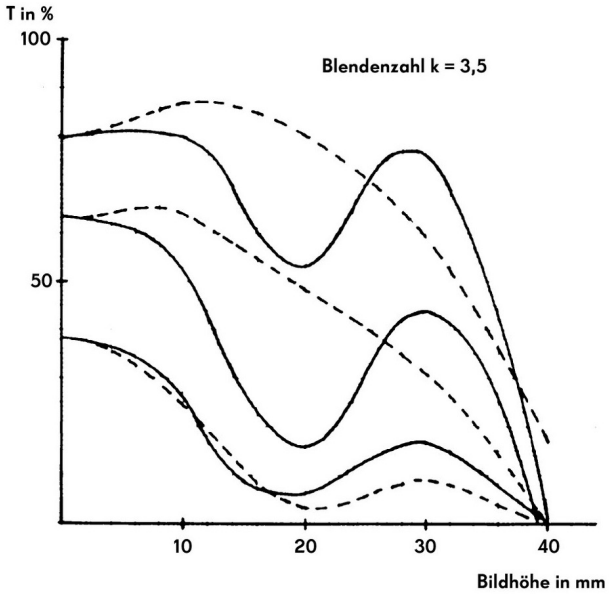


550 Jahre seit 1477
UNIVERSITÄT TÜBINGEN

Tessar

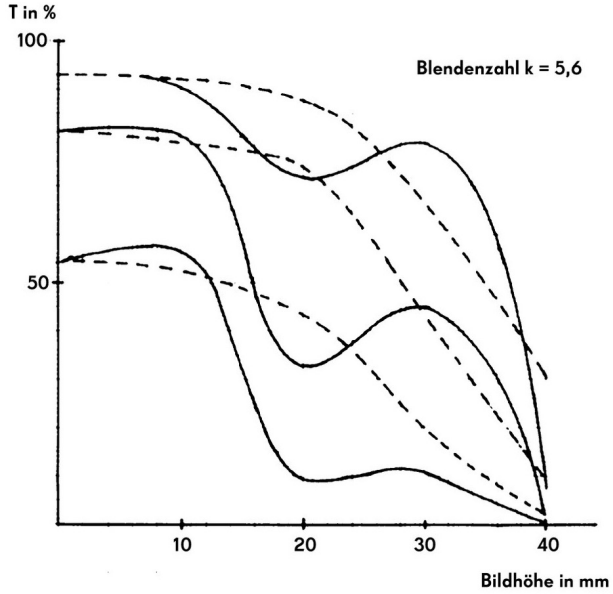
Tessar 3,5/75 mm

Rechnung vom 28. Mai 1947



Modulationsübertragung in Abhängigkeit von der Bildhöhe
für Ortsfrequenzen: 10; 20 und 40 Perioden je Millimeter

Spaltorientierung: tangential – – –
sagittal ———





Das Auge Ihrer Kamera

ist das Objektiv. Wie der Mensch in seinem ganzen Tun auf die volle Sehkraft seiner Augen angewiesen ist, so ist auch die beste Kamera in erster Linie von der Leistungsfähigkeit ihres Objektives abhängig. Je besser das Objektiv, desto schönere Bilder beschert uns die Kamera, um so größer ist die Freude ob des guten Gelingens. Daher rüsten die größten Kamera-Fabriken des In- und Auslandes ihre Apparate mit ZEISS-TESSAREN aus, den feinsten und zuverlässigsten Kamera-Augen der Welt.

Wählen Sie die Kamera mit

ZEISS TESSAR

Lichtstärken 1:2,7 * 1:3,5 * 1:4,5 * 1:6,3

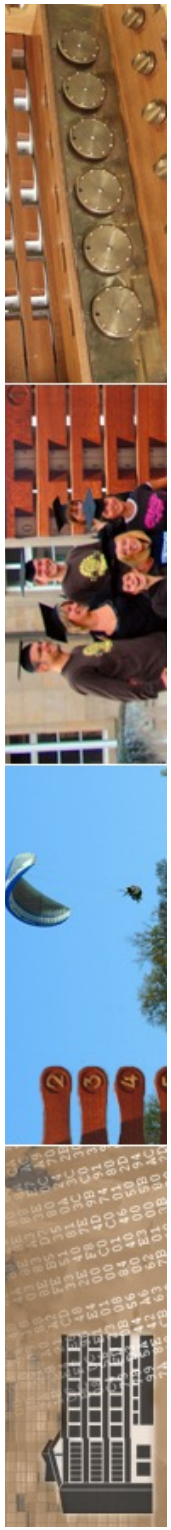
Das ideale Objektiv für alle Zwecke der Photographie.

Alle Photo-Fachgeschäfte liefern gute Marken-Kameras ausgestattet mit Zeiss Objektiven.

Ausführlicher Katalog P. 11. kostenfrei von Carl Zeiss, Jena, Berlin, Hamburg, Köln, Wien.

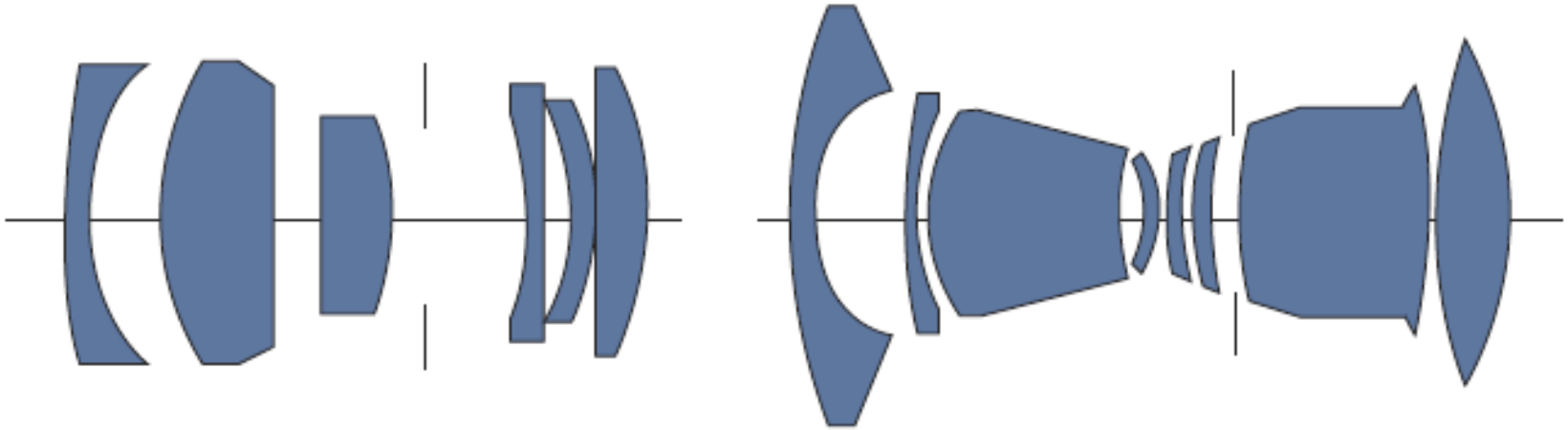


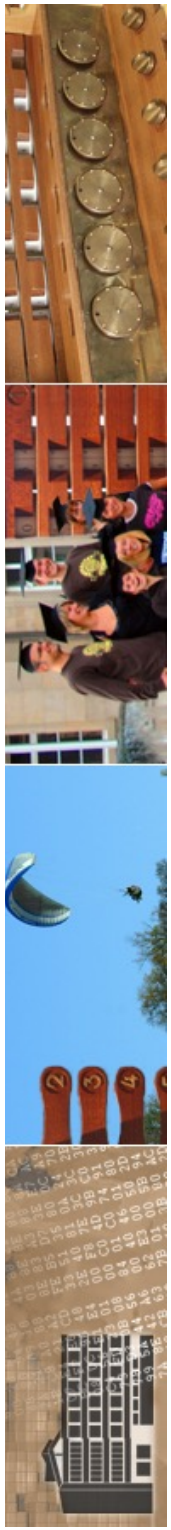
© 2026 Universität Tübingen



Distagon (1952)

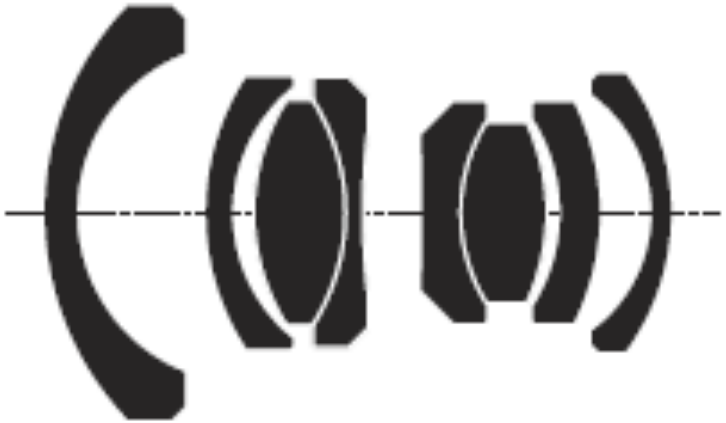
- Weitwinkel **in Retrofokus**

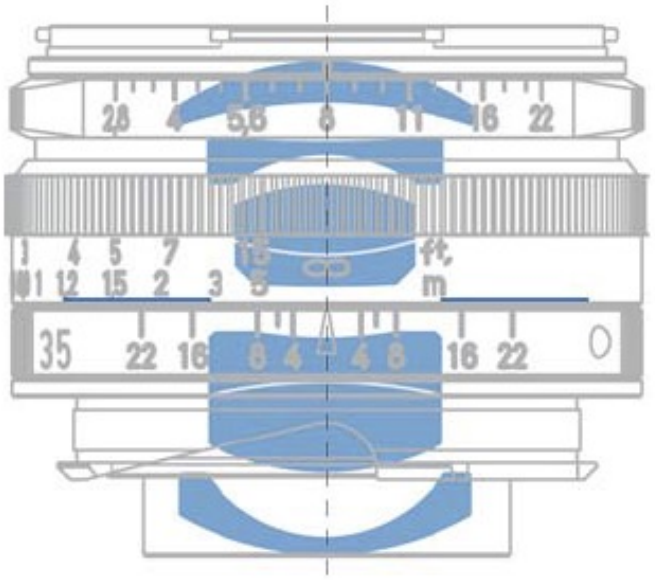


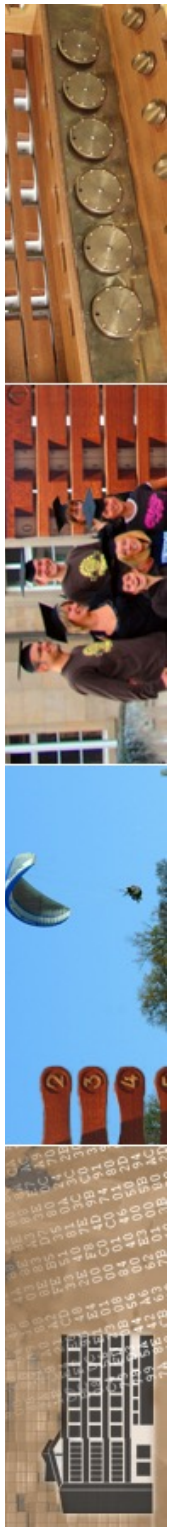


Biogon (1951)

- symmetrisches Weitwinkel ohne Retrofokus

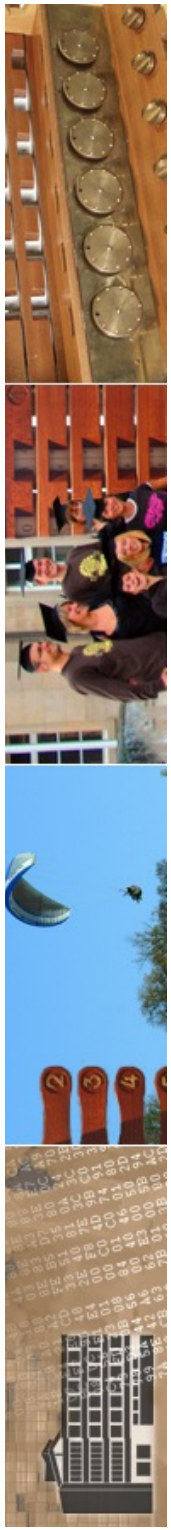






Biogon

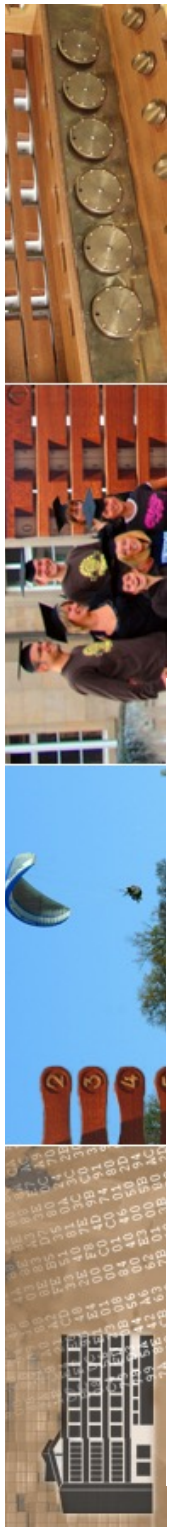
- The name “Biogon” was used for the first time in 1936 for a 2.8/35 mm lens for the Contax rangefinder camera, also designed by Ludwig Bertele. Its name also includes the final syllable “gon”, referring to the angle. Of course, the syllable “bio” had a different meaning than today, which is often associated with foodstuffs in Germany and elsewhere. At that time it was often used to express the possibility of very dynamic photography and referred to quite different technical properties of the lens.



Biogon versus Distagon



© 2026 Universität Tübingen

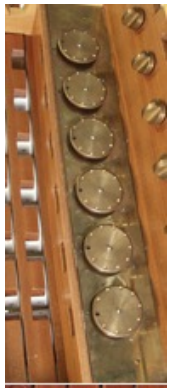


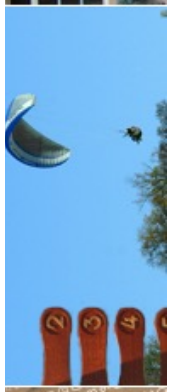
eine Legende

- Hasselblad 903: das Objektiv ist Kamera
  - **Biogon 4,5/38**



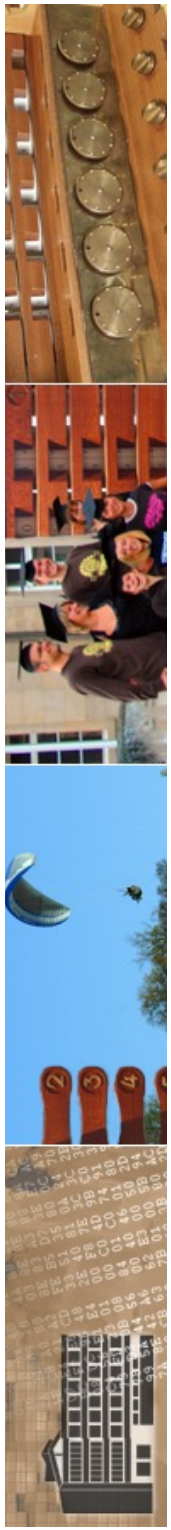








SYNCHRO
12 inch
© KenRockwell.com



550 Jahre seit 1477 UNIVERSITÄT TÜBINGEN

EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN

Mittelformatkamera Hasselblad 907X 50C: Renaissance eines Klassikers

Die Hasselblad 907X 50C will an das analoge Mittelfomat digital anknüpfen, kann aber auch als eigenständiges Retro-Modell eingesetzt werden.

Lesezeit: 4 Min. In Pocket speichern 63

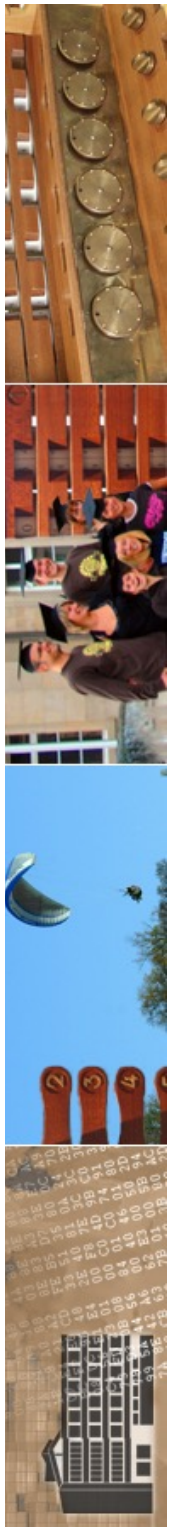


(Bild: Produktfoto: Hasselblad, Hintergrund: Christine Bruns)

06.11.2020 11:00 Uhr | c't Fotografie

Von Christine Bruns

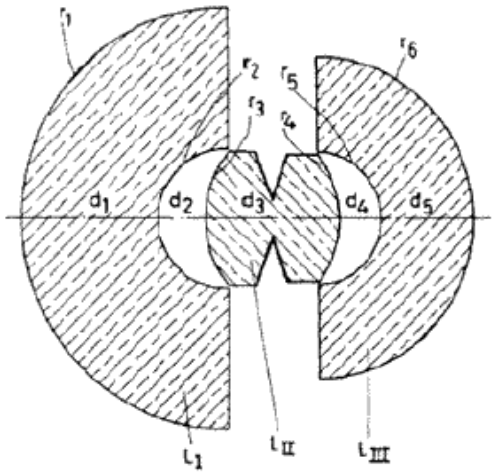
Hasselblads analoge Mittelformatkameras landeten mit der einsetzenden Digitalisierung vielfach im Schrank, zu schade zum Weggeben, zu analog, um damit weiterzuarbeiten. Mit der Zeit kamen die ersten digitalen Rückteile auf den Markt. Anfangs mit zwei bis acht Megapixeln, später auch mit deutlich mehr. Hasselblad selbst entwickelte die CFV-Reihe, von der es bisher ein Rückteil mit 39 und eines mit 50 Megapixeln gab.



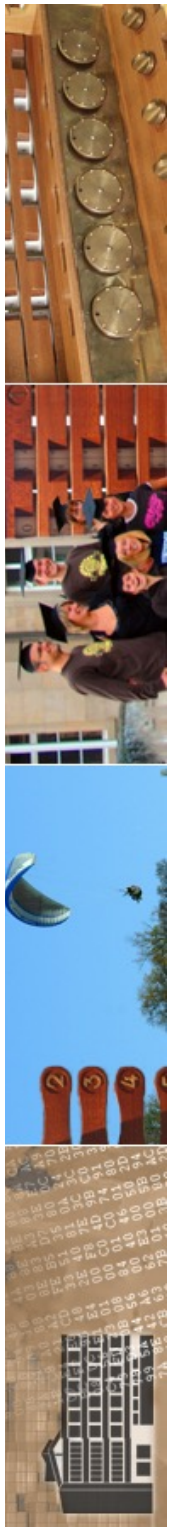
Hologon (1966)

- seltenes Spezial-Ultra-WW:
  „A legend among camera objectives”

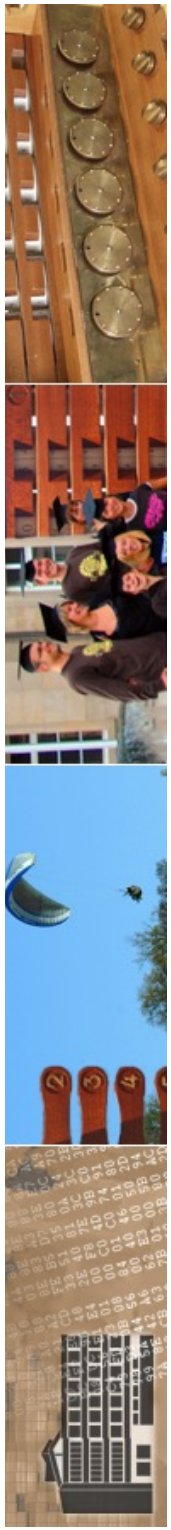












Hologon 2022

- ...wird möglicherweise neu nachgebaut

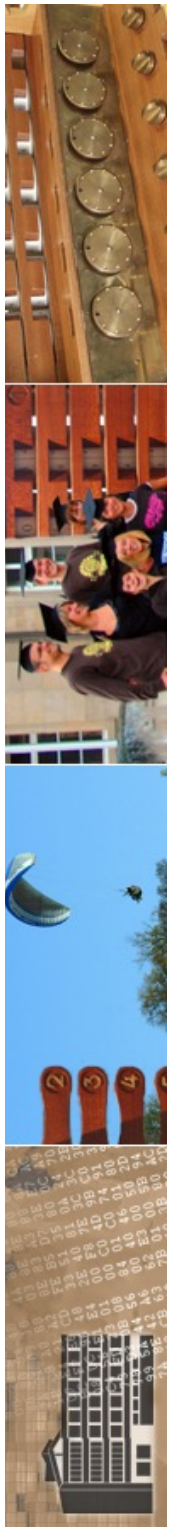
Zeiss Hologon 15mm f/8 lens prototype from Light Lens Lab

By LR ADMIN | *Published:* JULY 19, 2021

The Chinese company Light Lens Lab recently released a new 35mm f/2 lens for M-mount based on the original 8-element Leica 35 f/2 Summicron classic from 1958. It seems that their next project will be a remake of the Zeiss Hologon 15mm f/8 lens for Leica M-mount (see eBay listings):



Posted in *Leica Lenses* | Also tagged *Light Lens Lab* | *14 Comments*

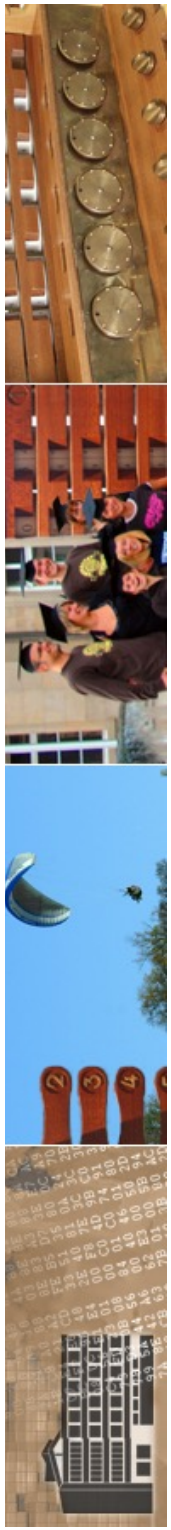


Ultra-WW und Portraits

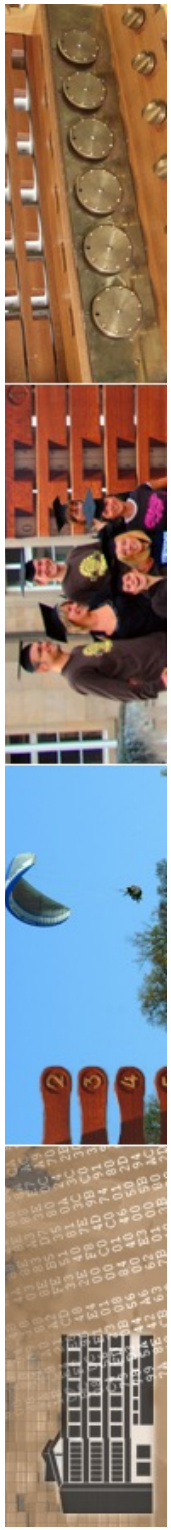


...keine so gute Idee!

© 2026 Universität Tübingen

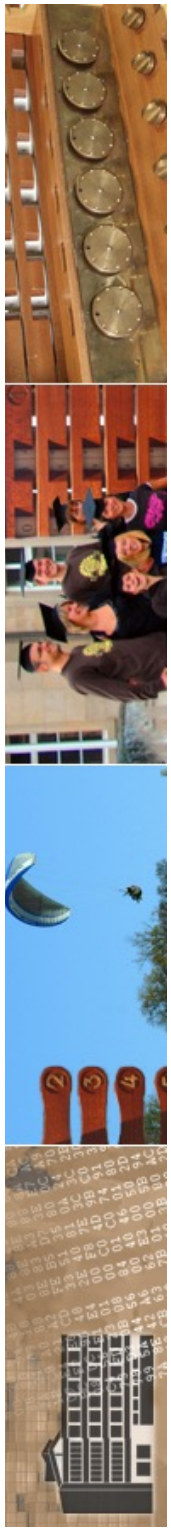


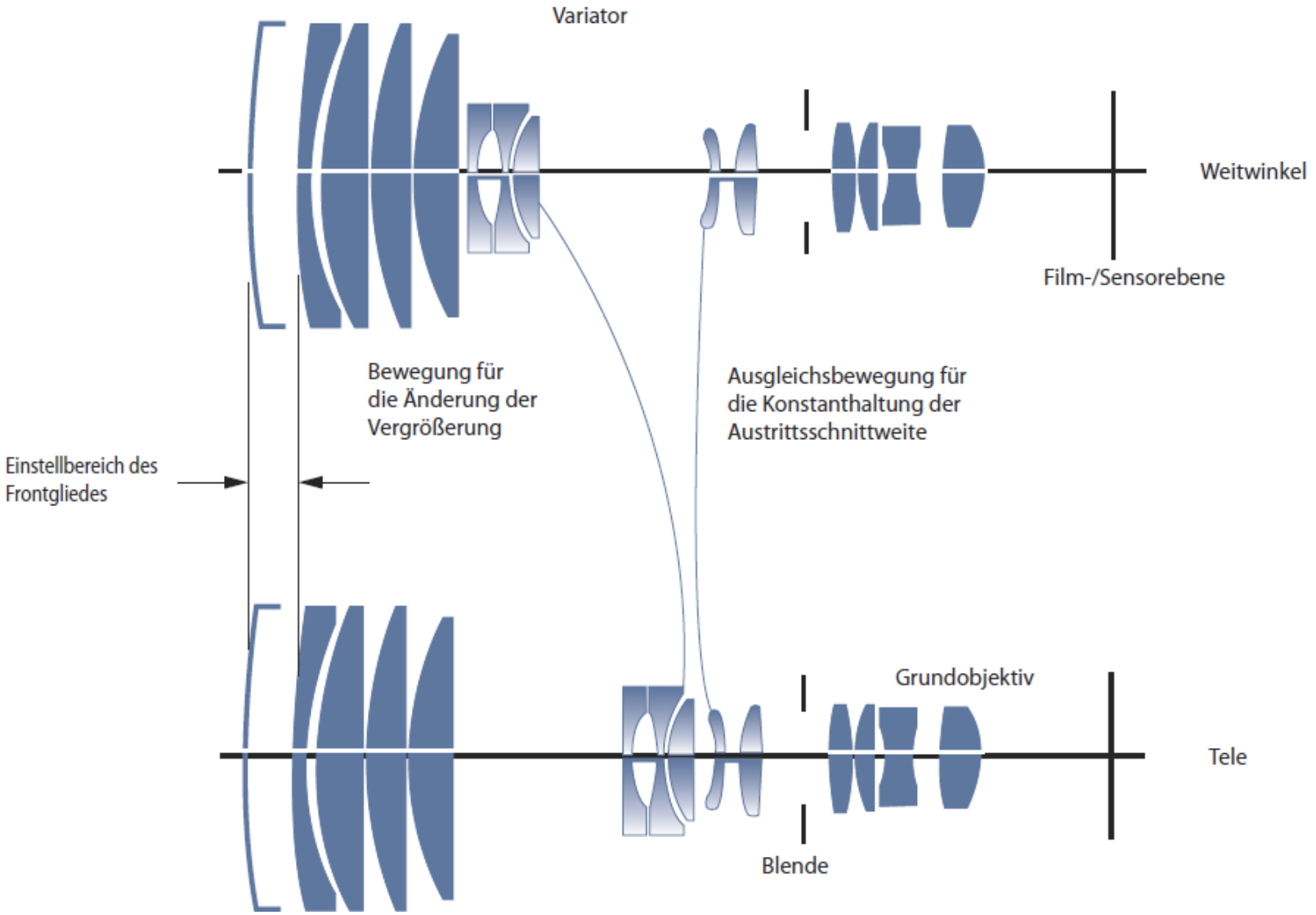


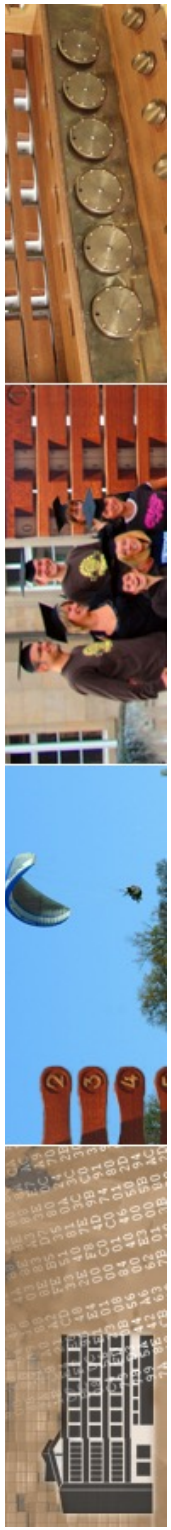


Zoom-Objektiv

- Objektiv variabler Brennweite
  - wurde mal „Gummilinse“ genannt
- in der Regel damit auch *variable Lichtstärke*
- in der Regel sehr großer optischer Aufwand (> 15 Linsen)

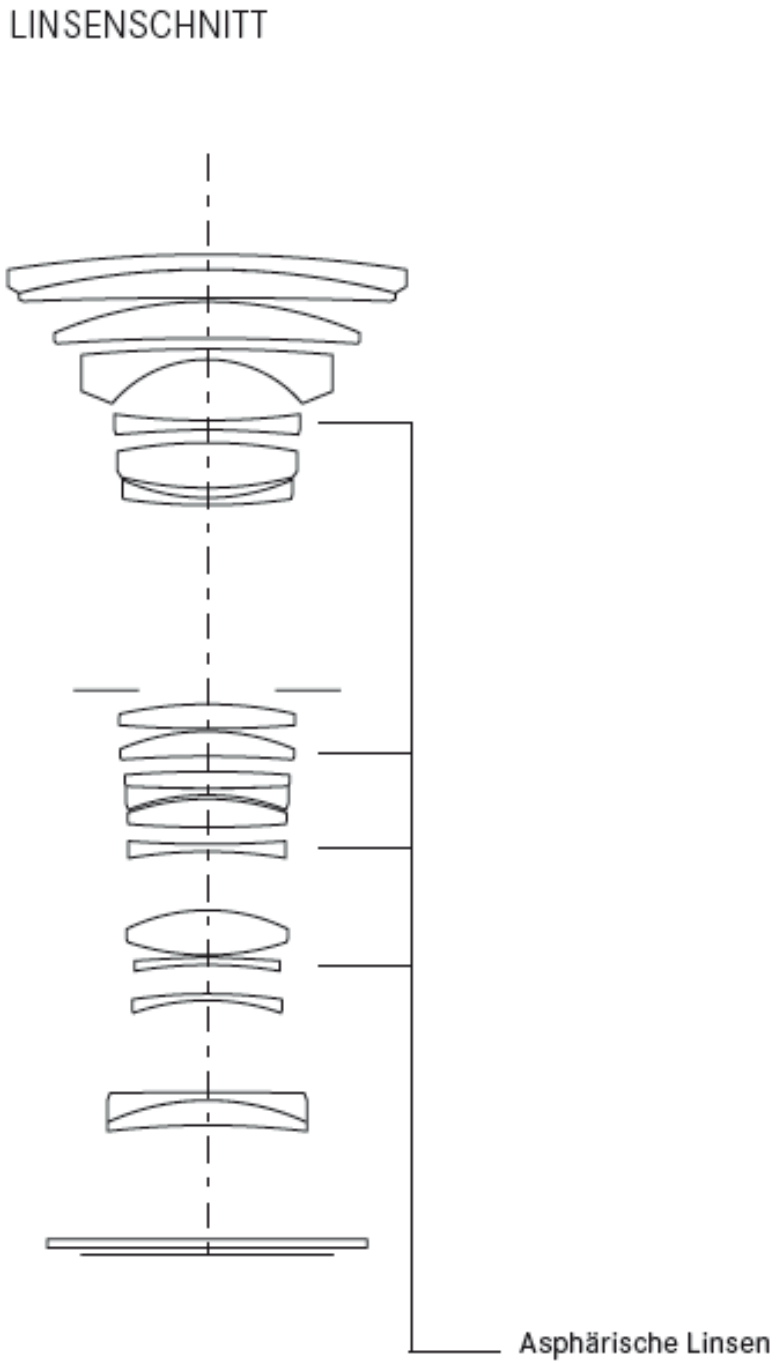



Variator
Weitwinkel
Film-/Sensorebene
Bewegung für
die Änderung der
Vergrößerung
Ausgleichsbewegung für
die Konstanthaltung der
Austrittsschnittweite
Einstellbereich des
Frontgliedes
Grundobjektiv
Tele
Blende



Zoom-Objektiv

- Beispiel 1 (24-90mm)
  - 18 Linsen in 15 Gruppen
  - 4 Asphären
  - 11 Sondergläser (anormale Teildisopersion)
  - Innenfokussierung
  - opt. Bildstabilisation

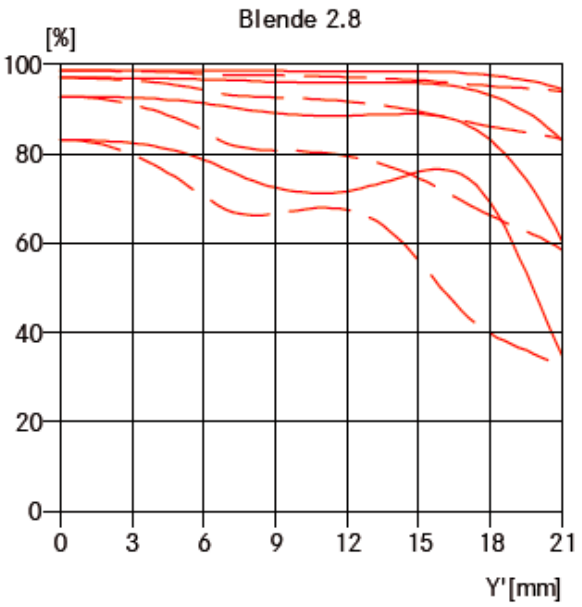


© 2026 Universität Tübingen

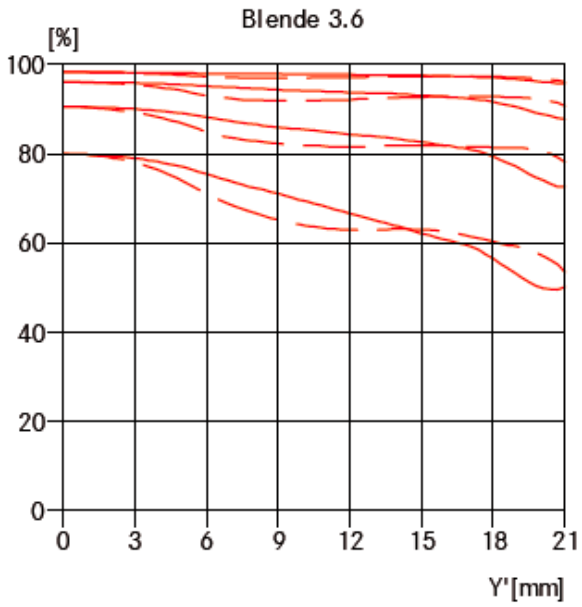
MTF-DIAGRAMME

Unendlich (∞)

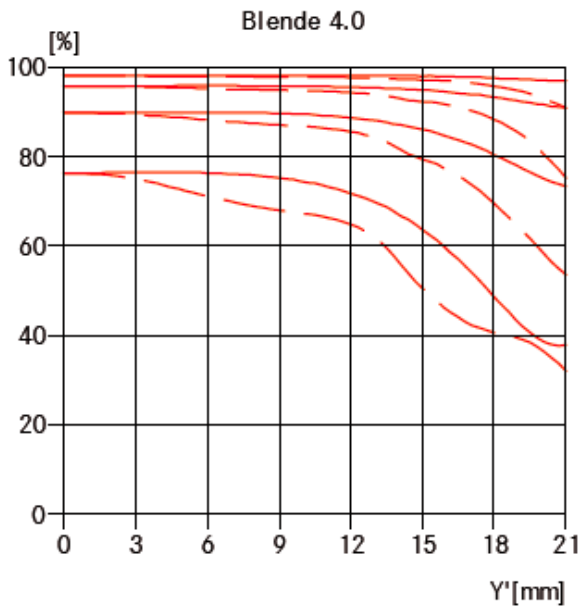
Brennweite 24 mm

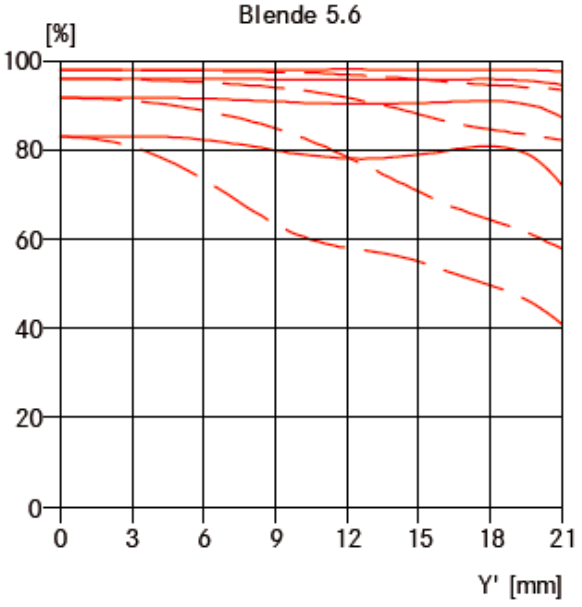


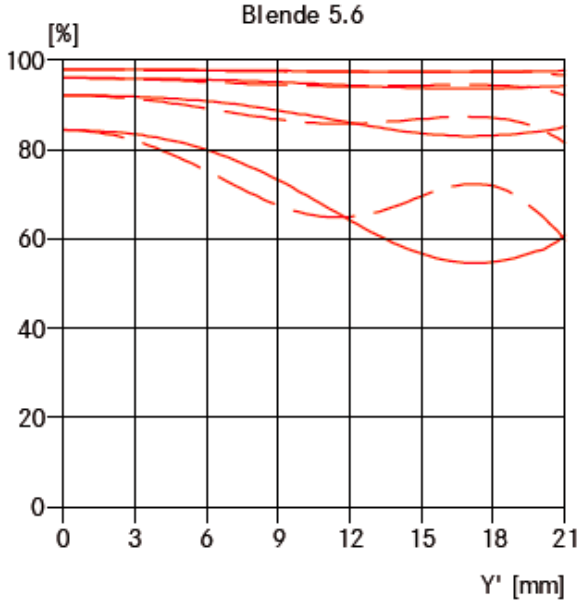
Brennweite 50 mm

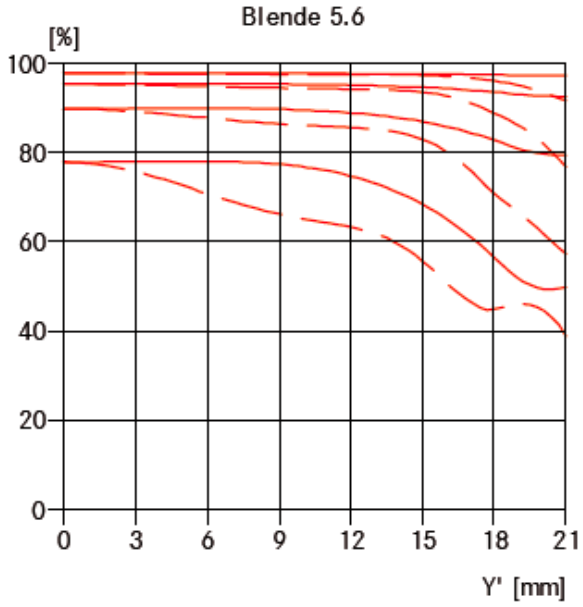


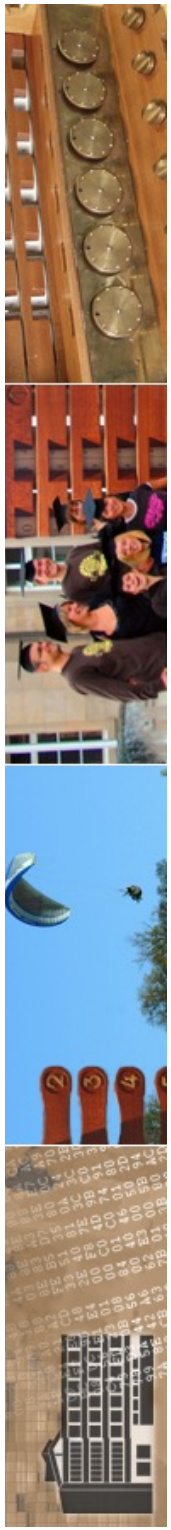
Brennweite 90 mm





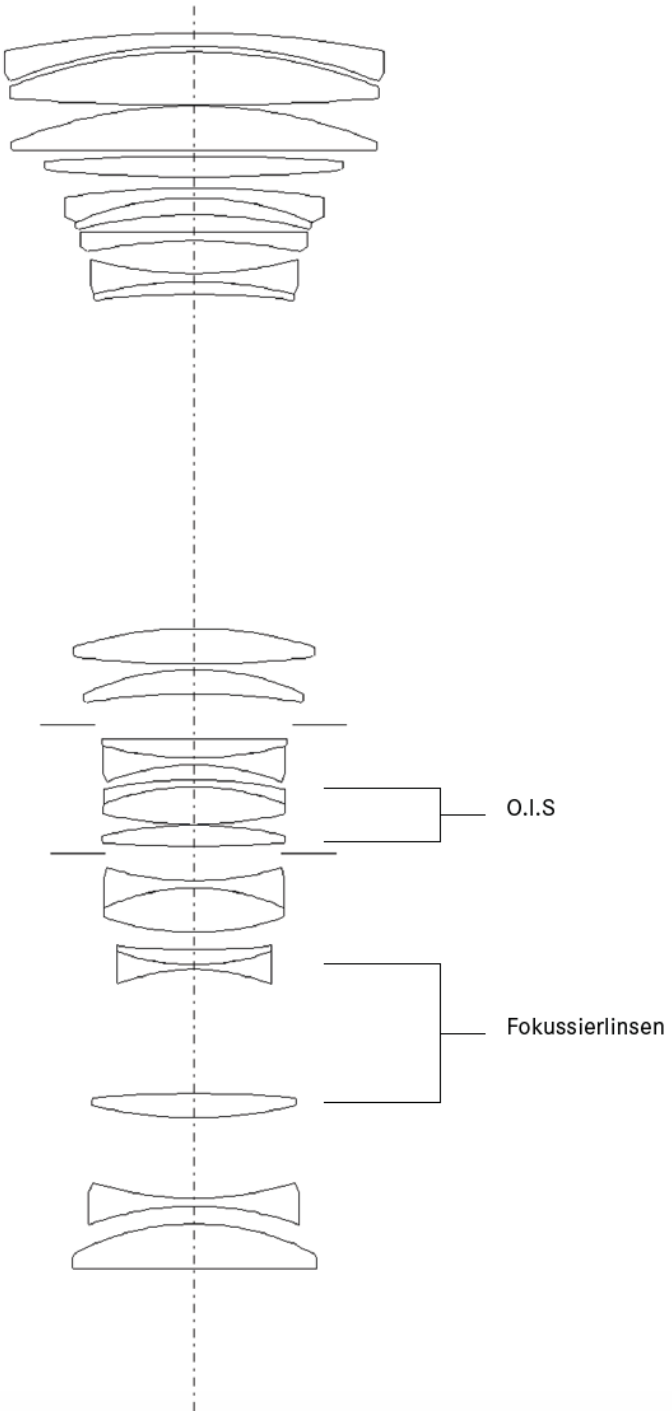






Zoom-Objektiv

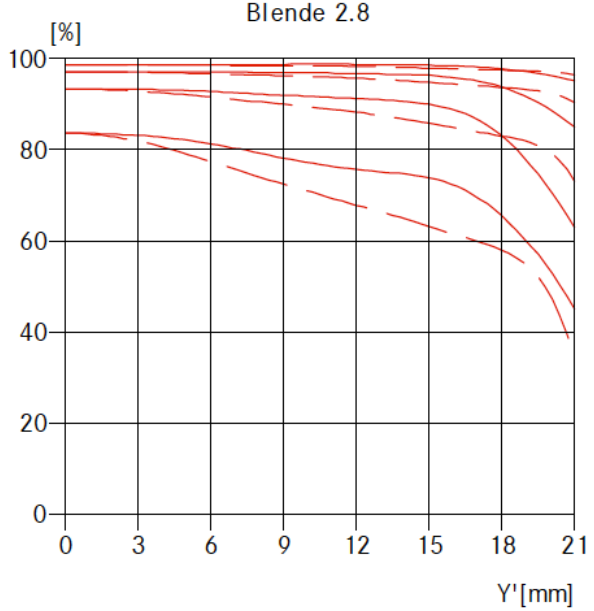
- Beispiel 2 (90-280mm)
  - 23 Linsen in 17 Gruppen
  - 4 Sondergläser (anormale Teildispersion)
  - Innenfokussierung
  - opt. Bildstabilisation



© 2026 Universität Tübingen

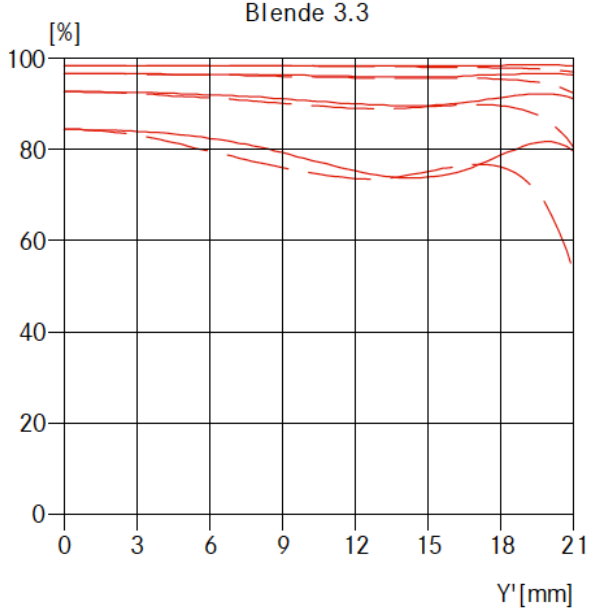
Brennweite 90 mm

Blende 2.8



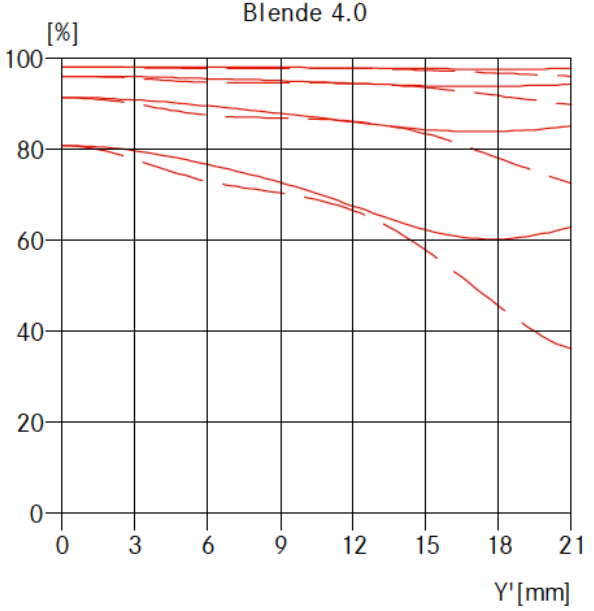
Brennweite 160 mm

Blende 3.3

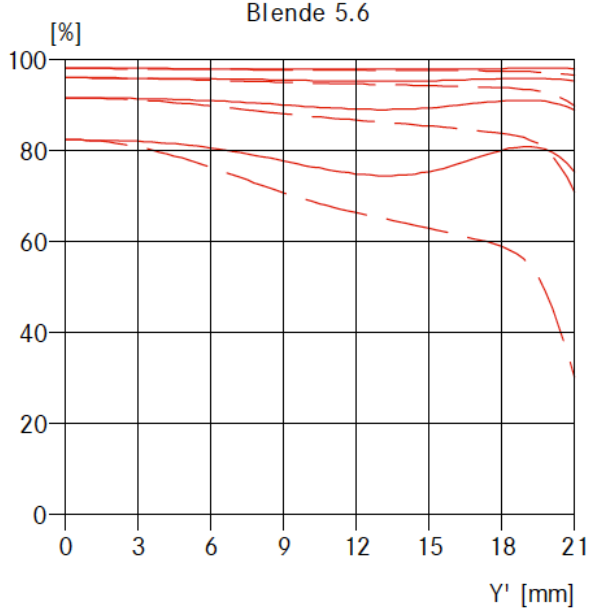


Brennweite 280 mm

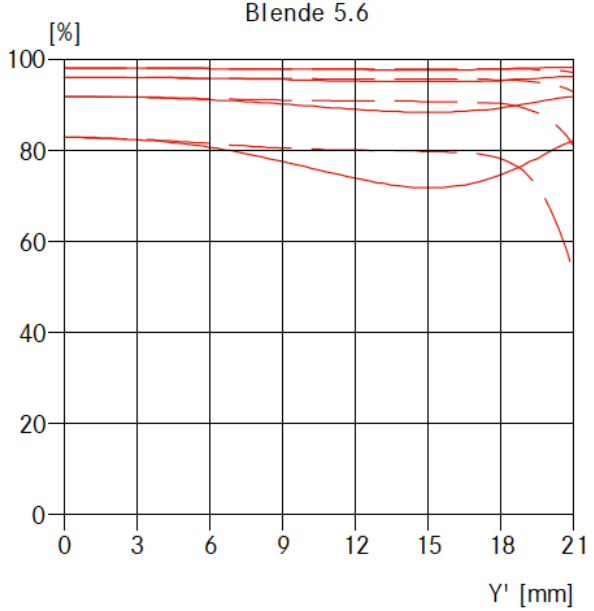
Blende 4.0



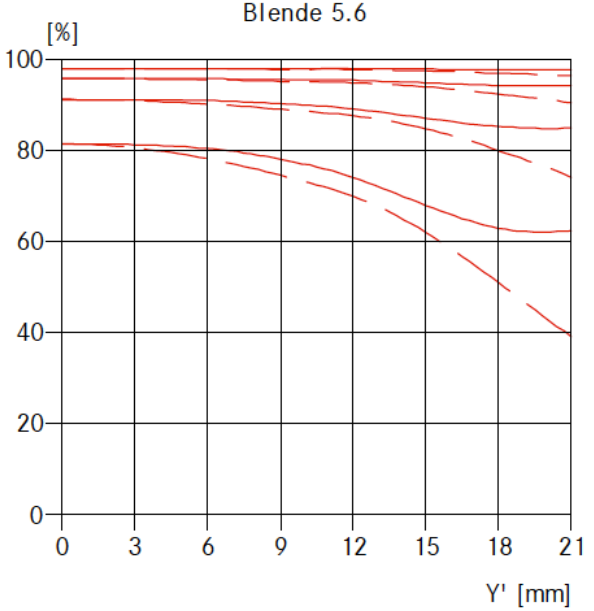
Blende 5.6

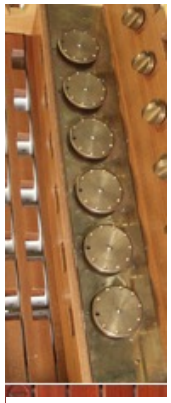


Blende 5.6

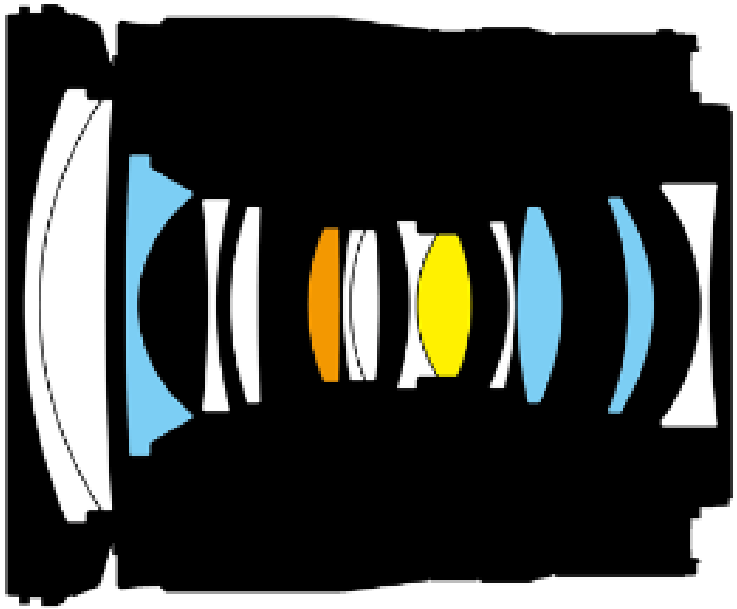


Blende 5.6

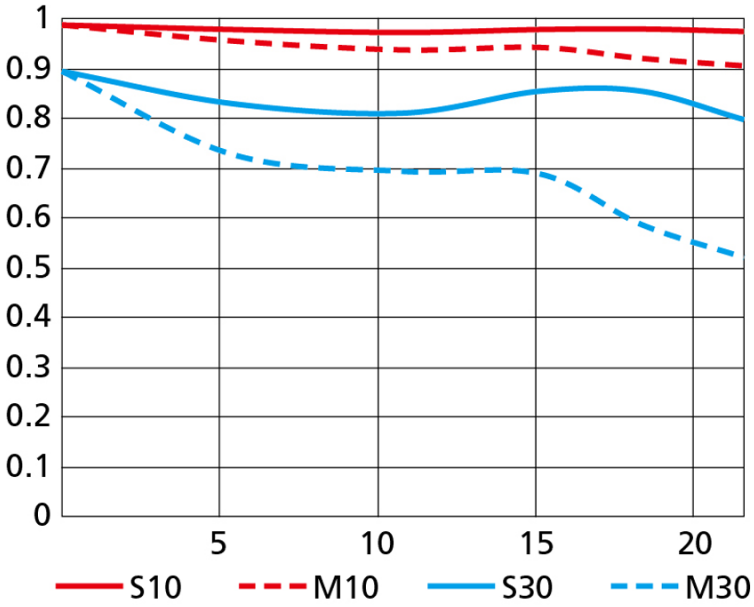




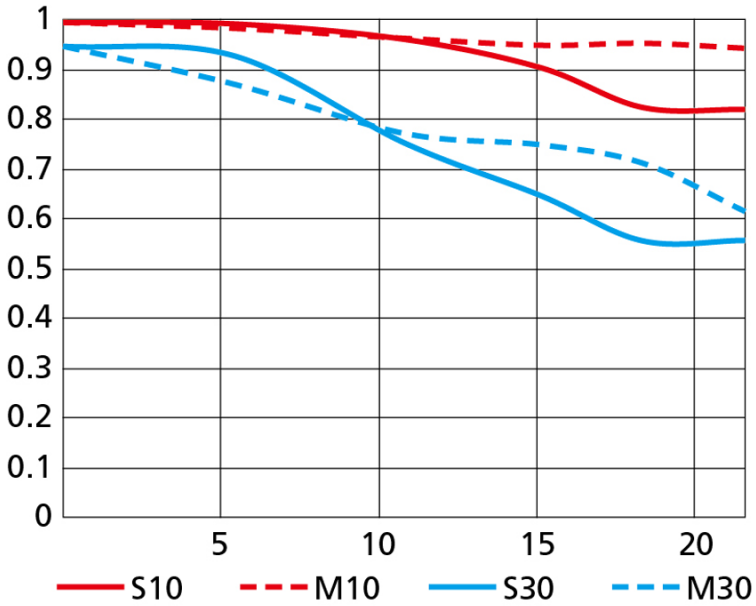
Lens Construction



Nikkor Z 24-70/4 S



nent



s



© 2026 Universität Tübingen

Canon RF 28-70mm F2L USM Technische Daten

Seite nach Kategorie

Filterdurchmesser (mm)
95

Max. Durchmesser x Länge (mm)
103,8 x 139,8

Gewicht (ca. g)
1.430



Sony 28-70mm f/2.0 GM präsentiert: Eine Kampfansage an die Konkurrenz

Autor: Gino Giove Letztes Update: 20.11.2024 78 Kommentare

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN



Die Spezifikation auf einen Blick

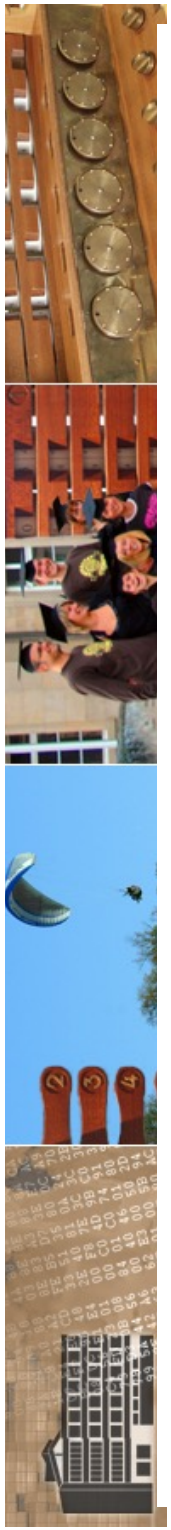
Im Folgenden könnt ihr euch die wesentlichen Eigenschaften des Objektivs im Detail ansehen.

Brennweite	28-70
Lichtstärke	f/2
optischer Zoom	2,5-fach
Objektiv-Konstruktion	14 Gruppen und 20 Elemente
Blendenlamellen	11
Minimaler Fokusabstand	38 cm
Maximales Vergrößerungsverhältnis	0,23x
Filterdurchmesser	86 mm
Abmessungen	92,9 mm Durchmesser x 139,8 mm Länge
Gewicht	918 g
Preis	3.599 Euro
Erscheinungstermin	Dezember 2024

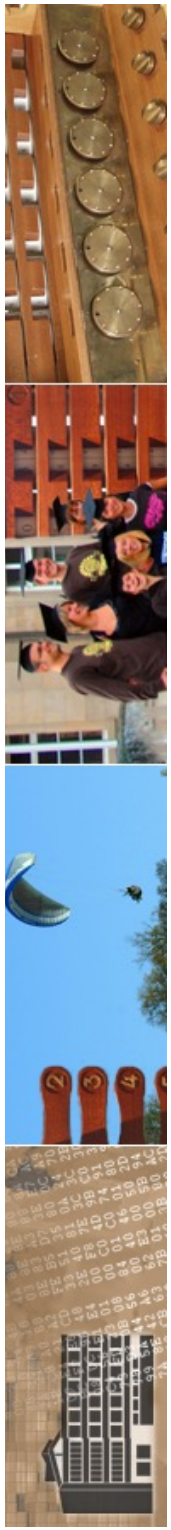


© 2026 Universität Tübingen

MEINF
Web

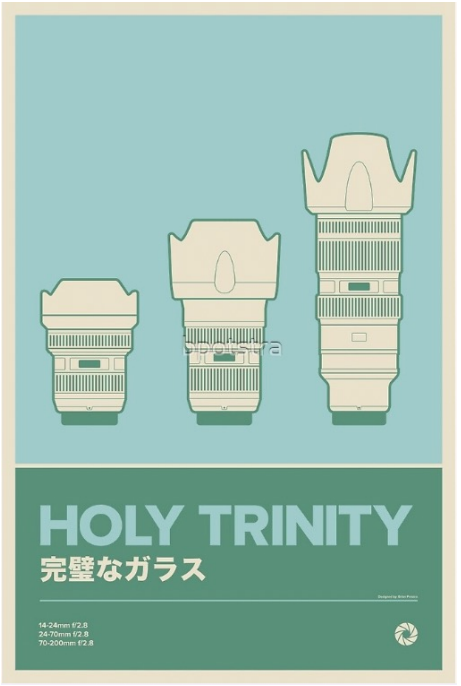


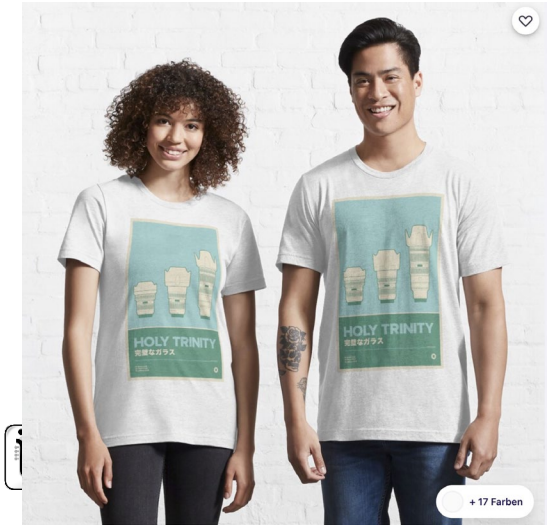
Spezifikationen	Sony 28-70mm f/2 GM	Canon RF 28-70mm f/2 L USM
Brennweite	28-70	28-70
Lichtstärke	f/2	f/2
Objektiv-Konstruktion	20 Linsen in 14 Gruppen inkl. ED und asphärische Linsen	19 Linsen in 13 Gruppen inkl. ED Linse(n)
Blendenlamellen	11	9
Naheinstellgrenze	38 cm	39 cm
Maximales Vergrößerungsverhältnis	0,23x	0,24x
Filterdurchmesser	86 mm	95 mm
Abmessungen	92,9 mm Durchmesser x 139,8 mm Länge	103,8 mm Durchmesser x 139,8 mm Länge
Gewicht	918 g	1.427 g
Preis	3.599 Euro	3.549 Euro (3.299 Euro nach aktueller Cashback-Aktion von Canon)
Erscheinungstermin	Dezember 2024	Dezember 2018



die „heilige Trinität“

- …sind bei den großen Herstellern die hochwertigen Zooms Lichtstärke 2,8
  - 14-24mm/2.8
  - 24-70mm/2.8
  - 70-200mm/2.8





© 2026 Universität Tübingen

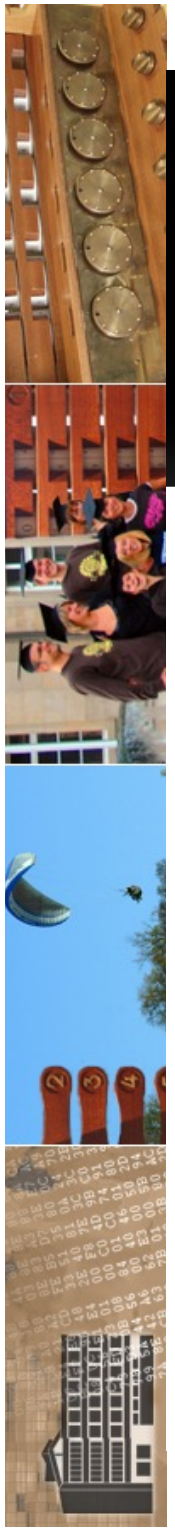


NIKKOR TRIPLE F2.8 ZOOM LENS-SET-KIT – JUBILÄUMSEDITION ZUM 100-JÄHRIGEN BESTEHEN

NIKKOR-Objektive sind zu einem Synonym für die optischen Technologien von Nikon geworden. Dieses Jubiläums-Set umfasst die drei Zoomobjektive mit Lichtstärke 1:2,8, die den Namen NIKKOR am besten repräsentieren: das Weitwinkelobjektiv AF-S NIKKOR 14–24 mm 1:2,8G ED, das AF-S NIKKOR 24–70 mm 1:2,8E ED VR mit normalem Bildwinkel und das Teleobjektiv AF-S NIKKOR 70–200 mm 1:2,8E FL ED VR. In alle drei Objektive ist die gleiche Jubiläums-Seriennummer eingraviert.







RF lenses – The Trinity

The three essential fast aperture, high performance RF L-series lenses with image stabilization

Overview Gallery Support

Every Professional assignment covered

Three RF lenses covering ultra-wide, standard, and telephoto zoom ranges, for shooting in practically any situation from landscapes, portraits and sports, to interiors, fashion and cityscapes.



RF LENSES

Canon RF 15-35MM F2.8L IS USM

Ultra-wide and super sharp thanks to L-series optical quality and 5-stop image stabilisation for dynamic angles even in tight spaces



RF LENSES

Canon RF 24-70MM F2.8L IS USM

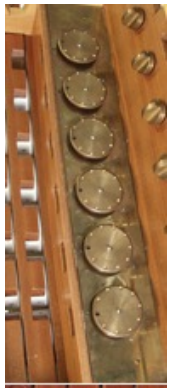
Give your full frame mirrorless photography the professional edge with a 24-70mm zoom boasting a fast aperture, 5-stops of image stabilisation and silent Nano USM AF motor.

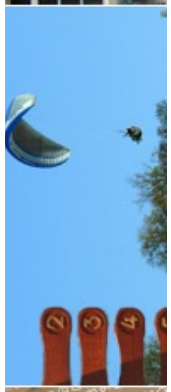


RF LENSES

Canon RF 70-200mm F2.8L IS USM

A must-have super compact high speed telephoto lens for any professional photographer shooting weddings, sport or wildlife.



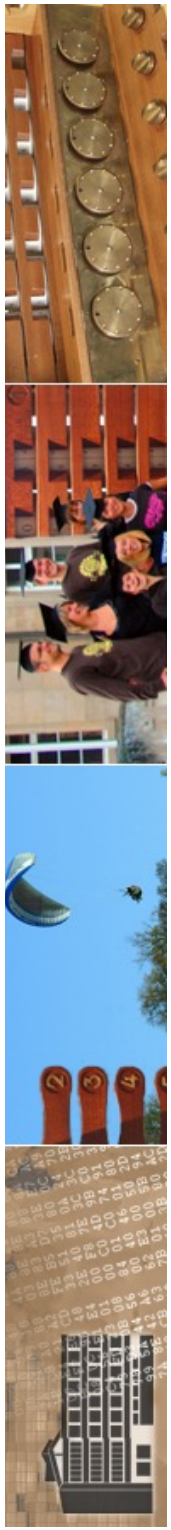



Sony's New Holy Trinity

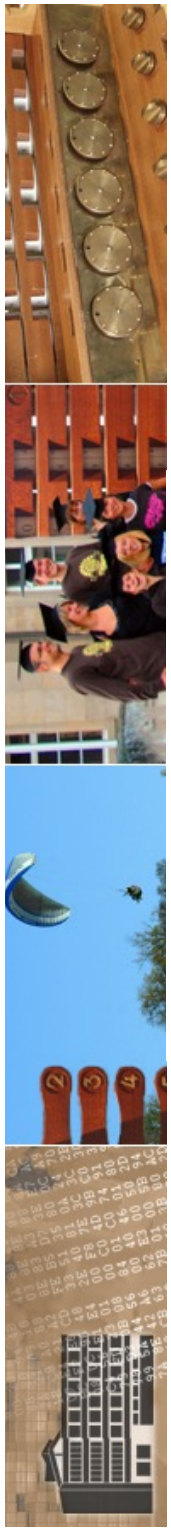
THE NEW HOLY TRINITY



Sony FE 12-24mm f/2.8 GM, FE 24-70mm f/2.8 GM & FE 70-200mm f/2.8 GM OSS Lenses



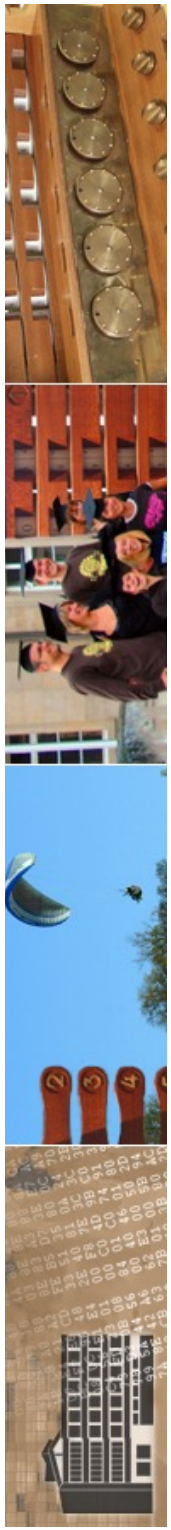

70 90 120 160
70-200
LEICA
VARIO-ELMARIT-SL 1:2.8/24-70 ASPH.
24 35 50 70
24-70
LEICA
SUPER-VARIO-ELMARIT-SL 1:2.8/14-24 ASPH.
14 16 18 21
14-24

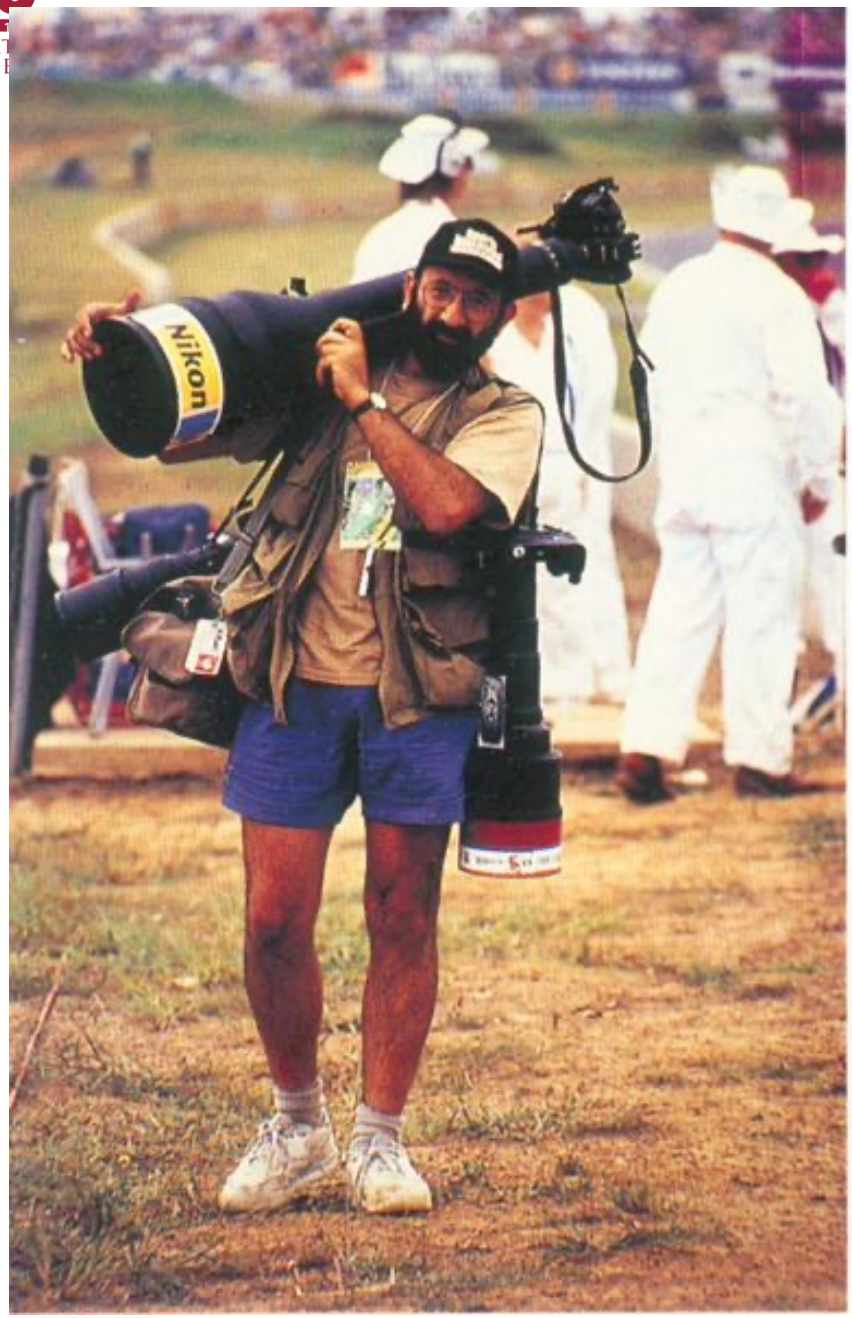


Leistungsstarke Trinity-Reihe

Zusammen mit dem Super-Vario-Elmarit-SL 1:2,8/14-24 ASPH. und dem Vario-Elmarit-SL 1:2,8/24-70 ASPH. bildet das Vario-Elmarit-SL 1:2,8/70-200 ASPH. eine leistungsstarke und vielseitig einsetzbare Trinity-Reihe mit L-Mount Bajonett. Damit sind Sie für jede Aufnahmesituation bestens gerüstet und decken mit dem Leica SL-System die gesamte Brennweitenspanne von 14 mm Superweitwinkel bis 200 mm Tele mit Blende 2,8 ab.

© 2026 Universität Tübingen





Telezoom 1.200mm – 1.700 mm 5.6-8.0

16kg

© 2026 Universität Tübingen

Nikon ED Nikkor 1200-1700mm f/5.6-8 P IF lens at the next Wetzlar Camera Auctions (October 07)

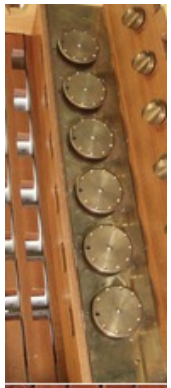
By [NR] ADMIN | *Published:* OCTOBER 4, 2023

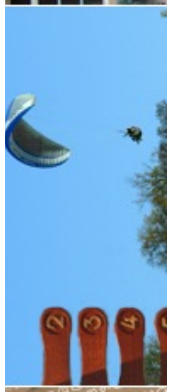
The upcoming Wetzlar Camera Auctions on October 07, will auction a Nikon ED Nikkor 1200-1700mm f/5.6-8 P IF lens. In 1996 Nikon offered the longest focal length of any zoom lens available for the 35mm format. A prototype was first used in 1990 at the Koshien Stadium in Amagasaki. After that, Nikon delivered these lenses to news agencies worldwide. Beginning in 1994 Nikon made this massive lens available to the general public on a build-to-order basis – presumably no more than 35 units were produced in total worldwide.

Estimated price: 80,000 – 100,000 euros.










550 Jahre seit 1477
UNIVERSITÄT TÜBINGEN

Tele, aber kein Zoom

16,5kg

© 2026 Universität Tübingen

CANON•OBJEKTIVE

Canon Objektiv zum Rekordpreis von 500.000 € verkauft

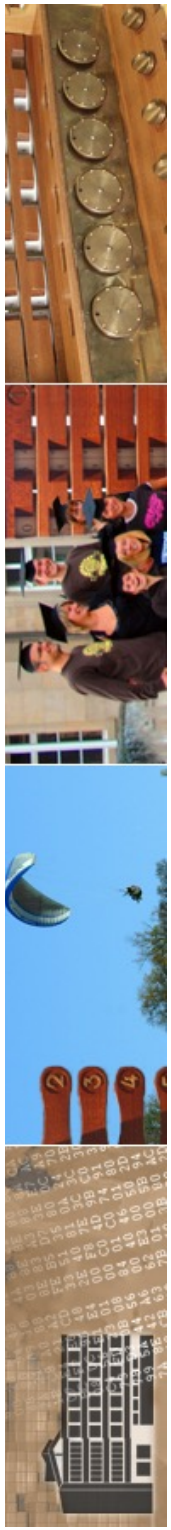
Mark Göpferich 19. Oktober 2021 28 Kommentare



Bei der Wetzlar Camera Auctions wurde ein Canon 1200mm f/5.6 für 500.000 € verkauft. Ein solcher Preis wurde für ein Objektiv noch nie erzielt.

Rekordpreise bei Auktionen

Wenn Kameras oder Objektive nur in einer sehr geringen Stückzahl existieren und vom Hersteller schon seit langer Zeit nicht mehr produziert werden, dann kann das unter Umständen für hohe Preise sorgen – sehr hohe Preise sogar. Im vergangenen August wurde beispielsweise eine außergewöhnliche schwarze Leica IIIg bei der 38. Leitz Photographica Auction zum Preis von 408.000 Euro verkauft, obwohl der damalige Besitzer sie lediglich zwei Jahre zuvor für 20.000 Euro erworben hatte.

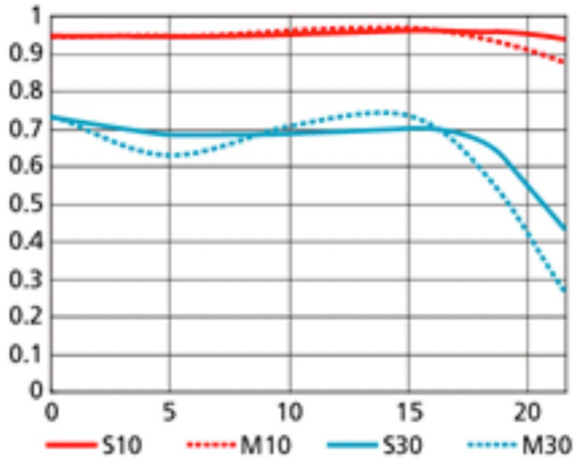


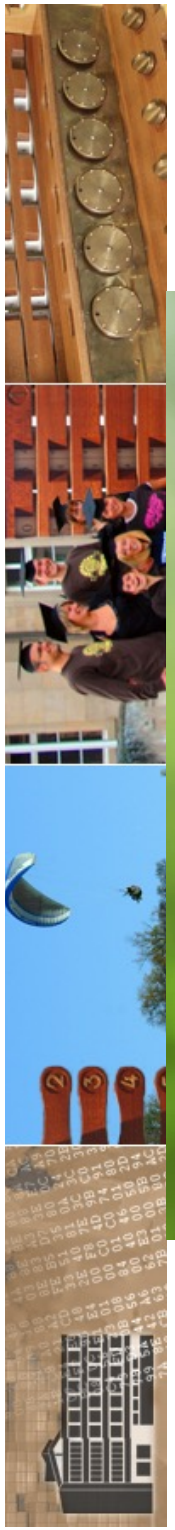
Makro

- Makro-Objektive sind nicht auf eine Fokussierung auf unendlich optimiert, sondern auf eine Fokussierung im Nahbereich (typisch 1 Meter)



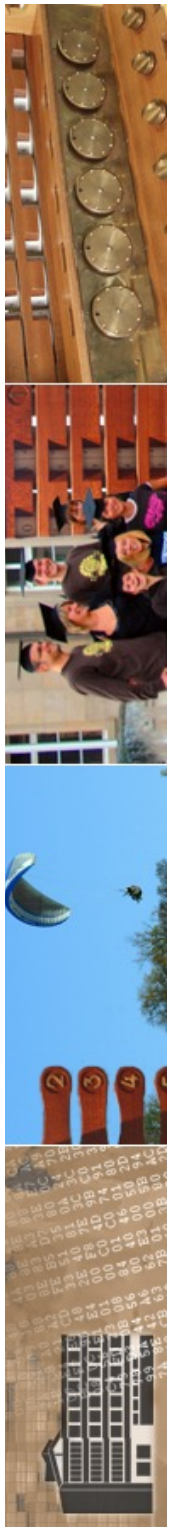
Nikon Makro AF-S 105/2,8





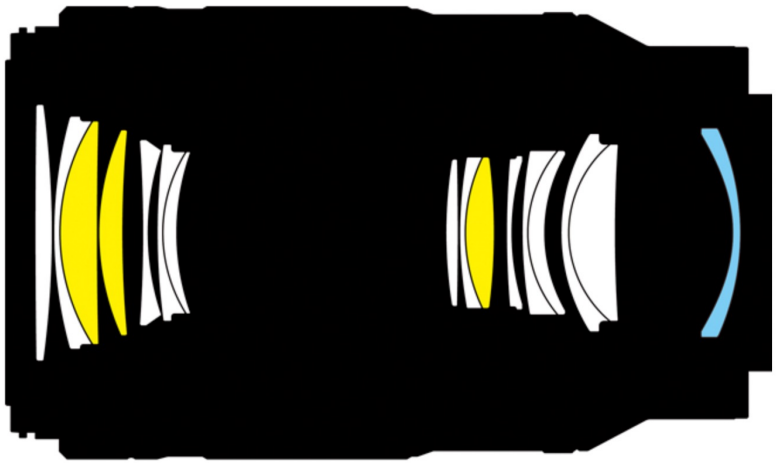


https://www.heise.de/ratgeber/Makrofotografie-Maximale-Bildqualitaet-wunderschoenes-Bokeh-So-geht-s-7331556.html

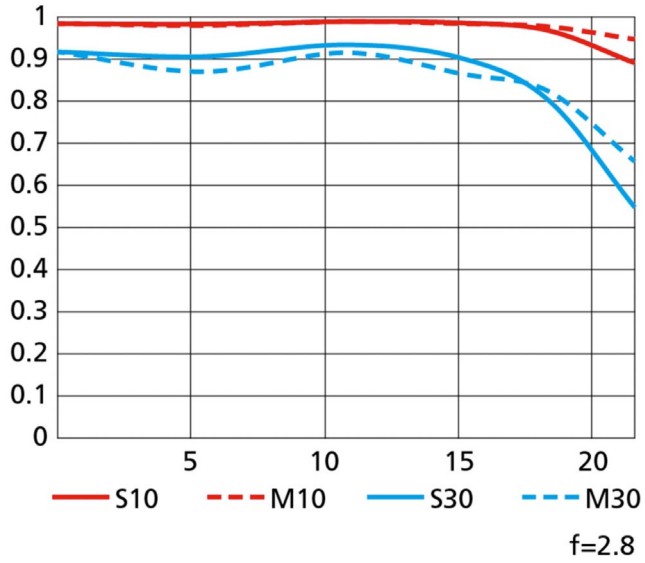


Nikon Z MC 105mm/2.8

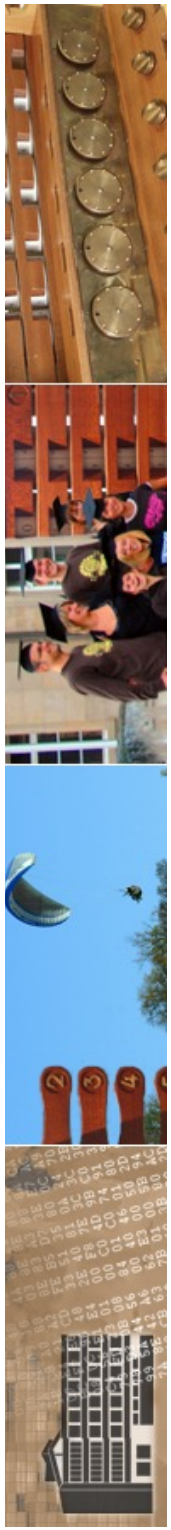
Lens Construction



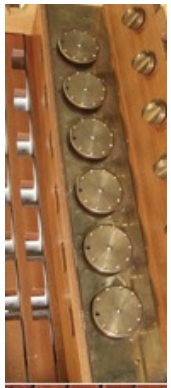
MTF Chart



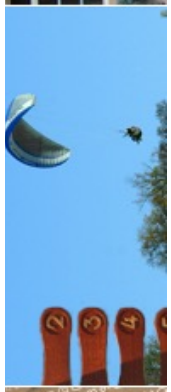
© 2026 Universität Tübingen



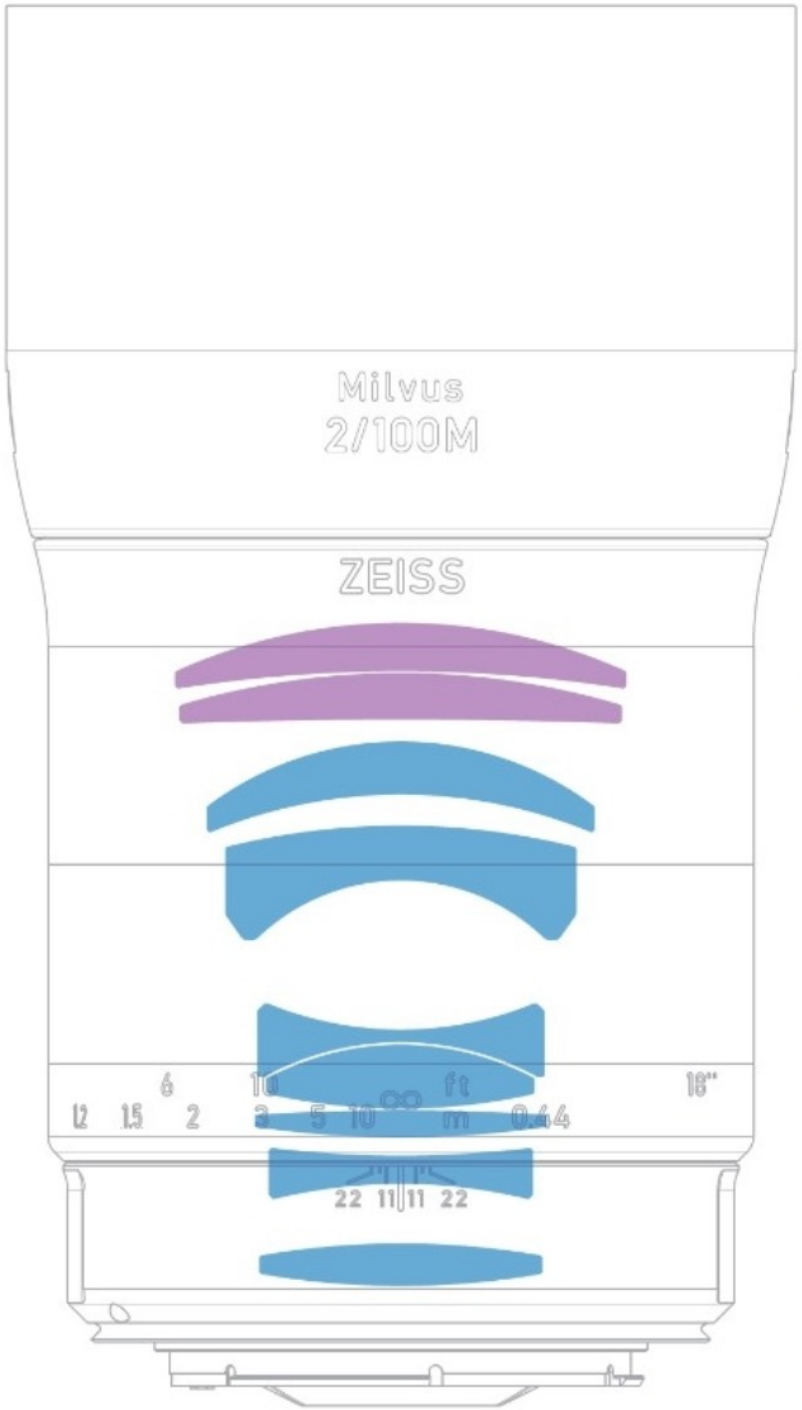




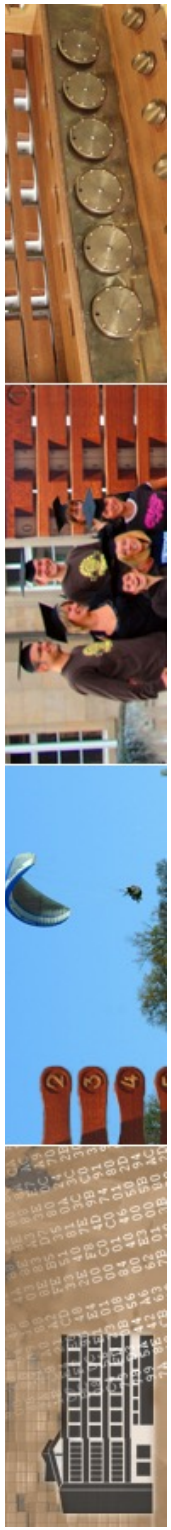




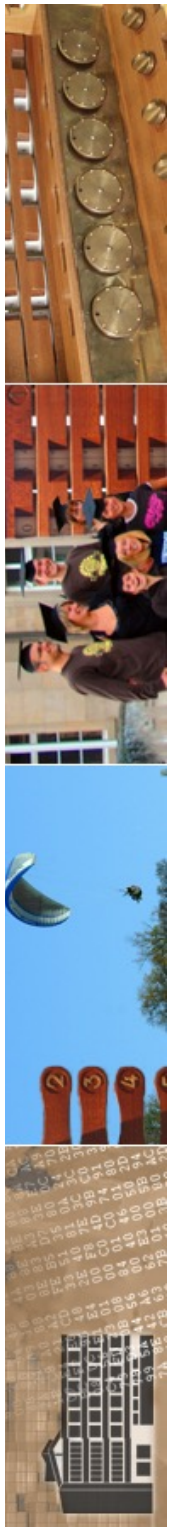




© 2026 Universität Tübingen

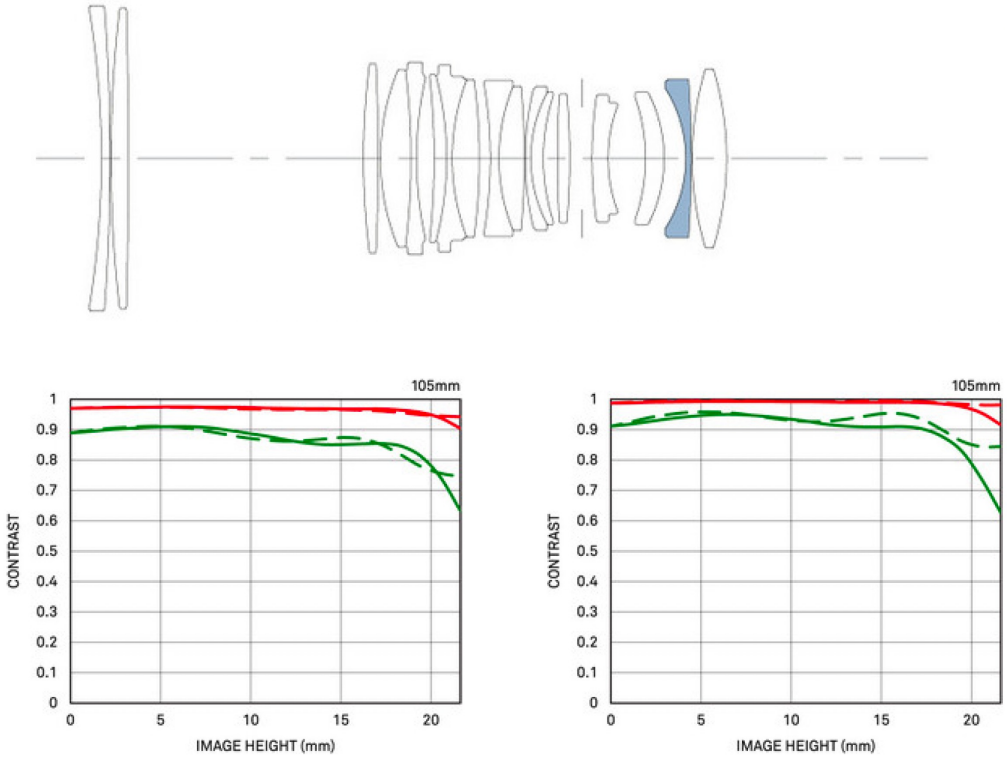






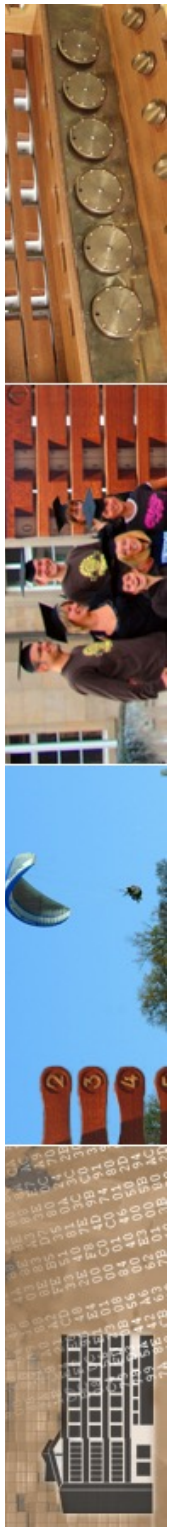
Sigma Macro 105/2,8 DG DN

Objektivkonstruktion



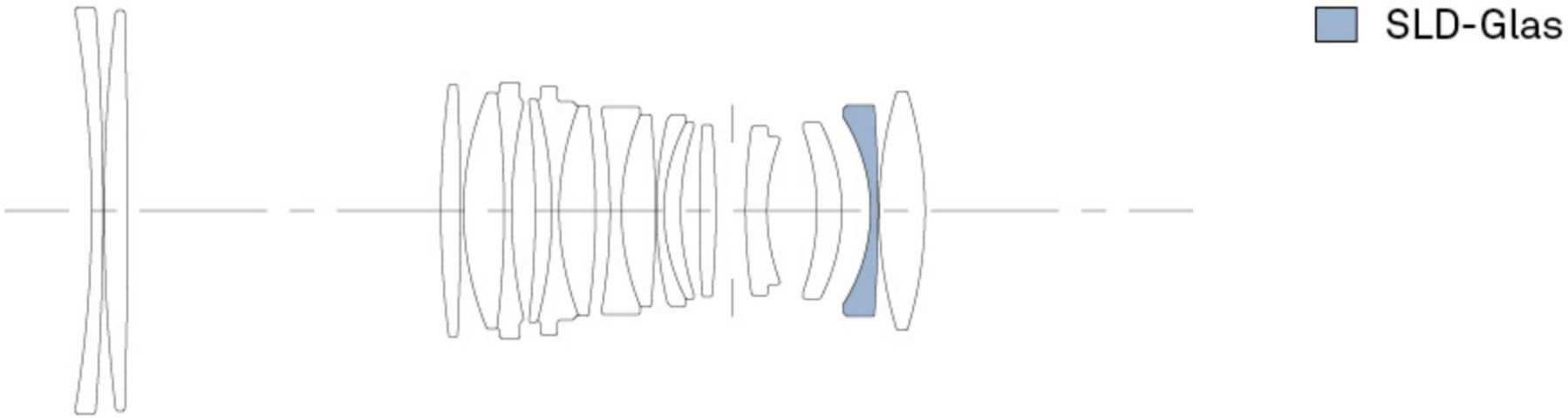


© 2026 Universität Tübingen

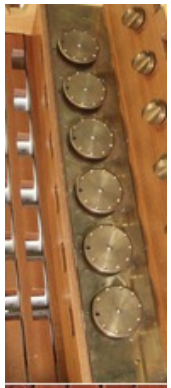


Sigma 105mm F2,8 Macro DG DN Art

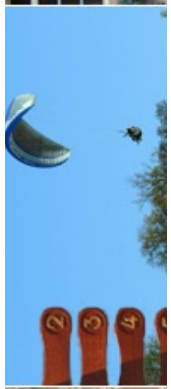
Objektivkonstruktion



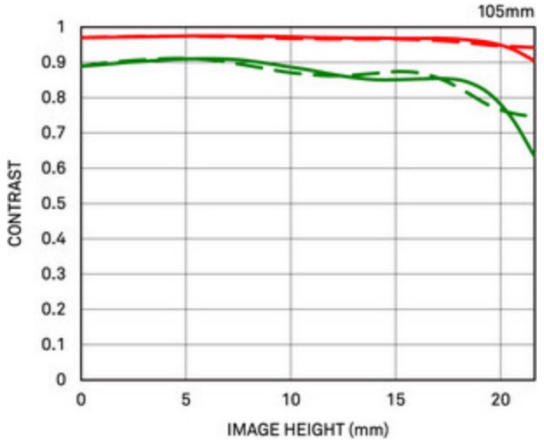
© 2026 Universität Tübingen



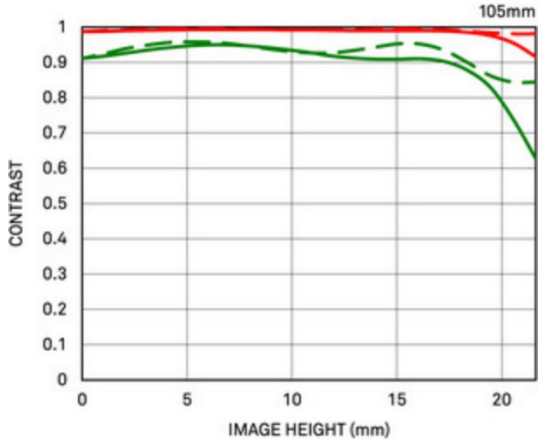




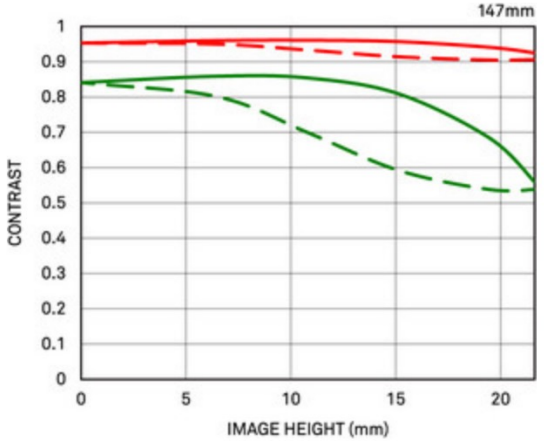




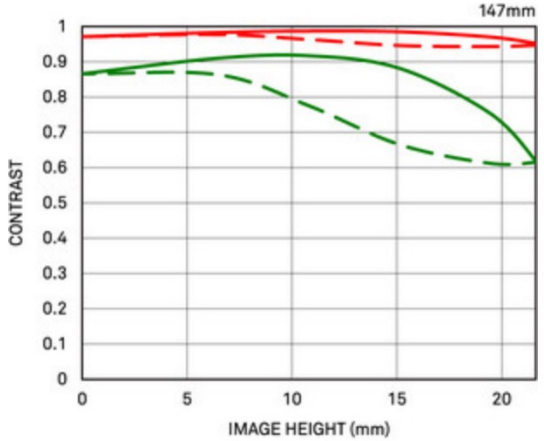
MTF Beugung 105mm F2,8 DG DN MACRO | Art



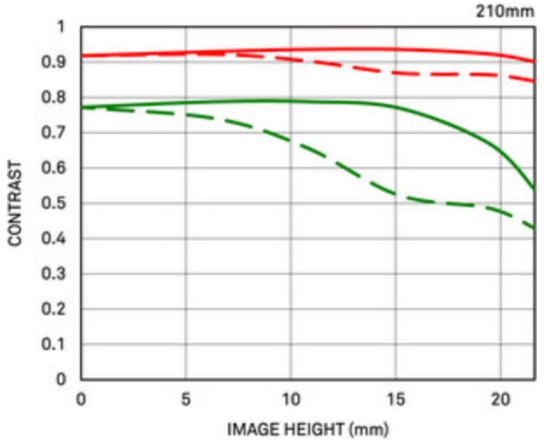
MTF Geometrisch 105mm F2,8 DG DN MACRO | Art



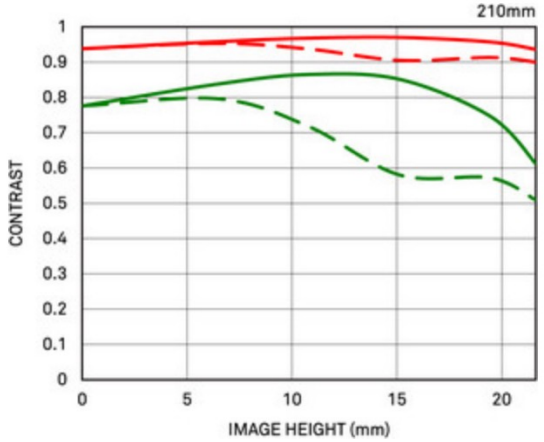
MTF Beugung 105mm F2,8 DG DN MACRO | Art + TC-1411



MTF Geometrisch 105mm F2,8 DG DN MACRO | Art + TC-1411

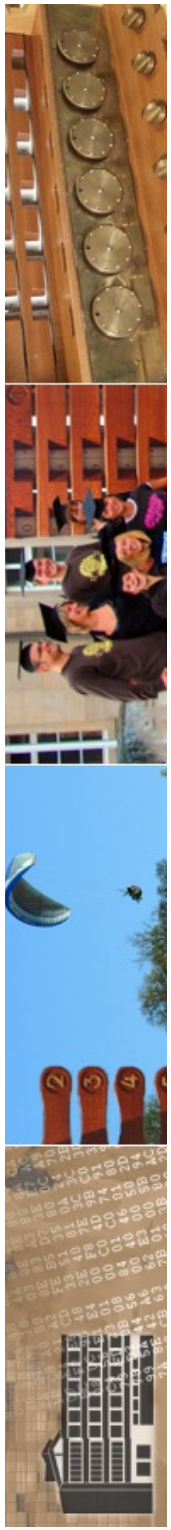


MTF Beugung 105mm F2,8 DG DN MACRO | Art + TC-2011



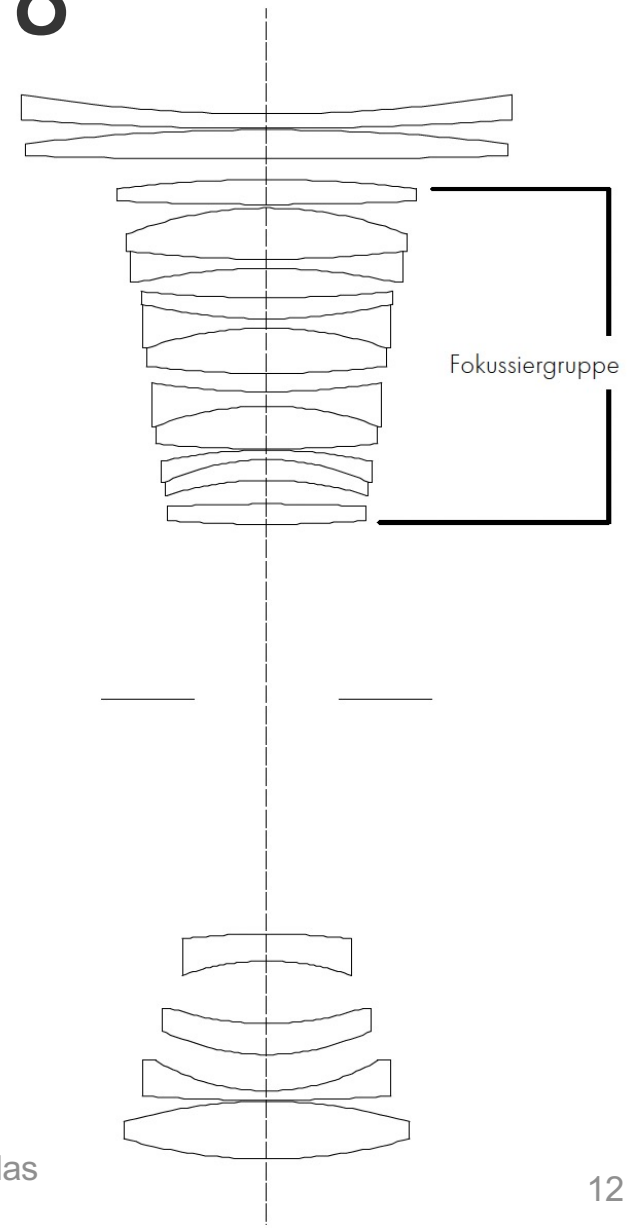
MTF Geometrisch 105mm F2,8 DG DN MACRO | Art + TC-2011

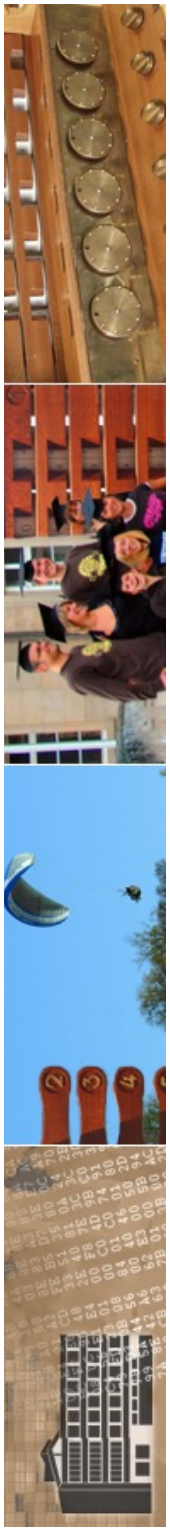
©



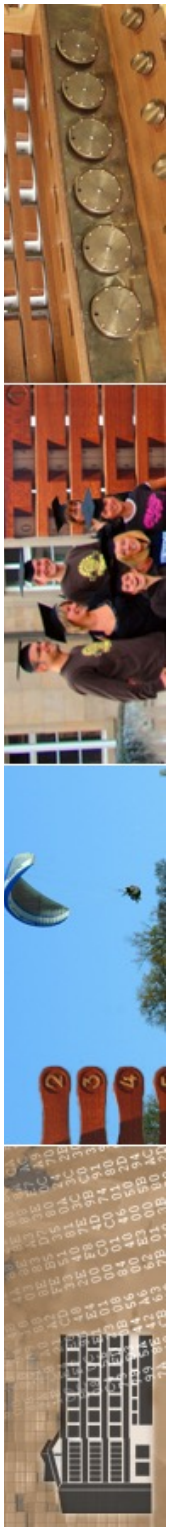
Leica APO-Maro-Elmarit-SL 100mm/2.8

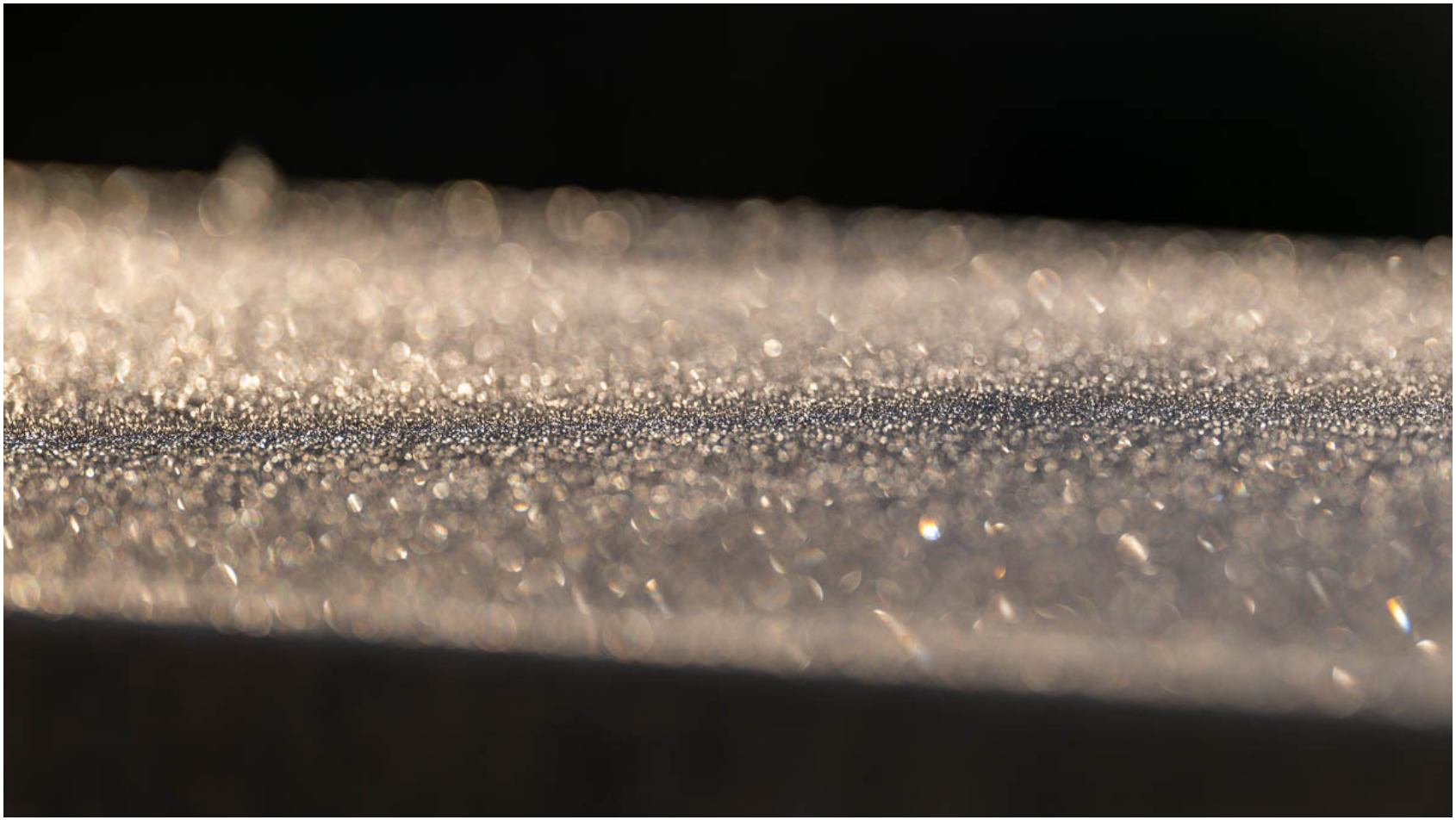


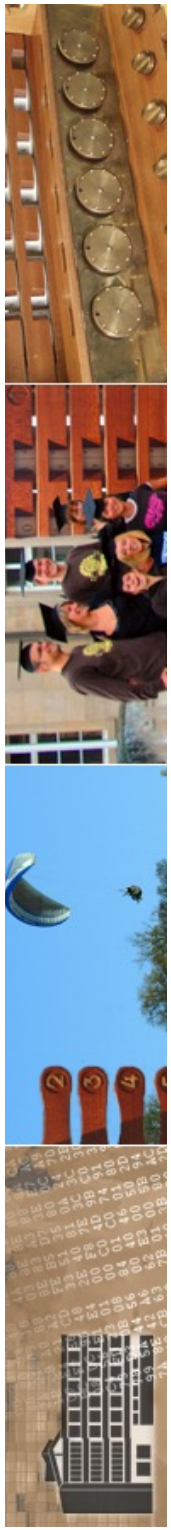








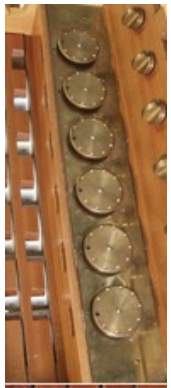


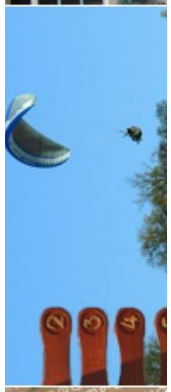


„Makro-Extrem“: Balgengerät







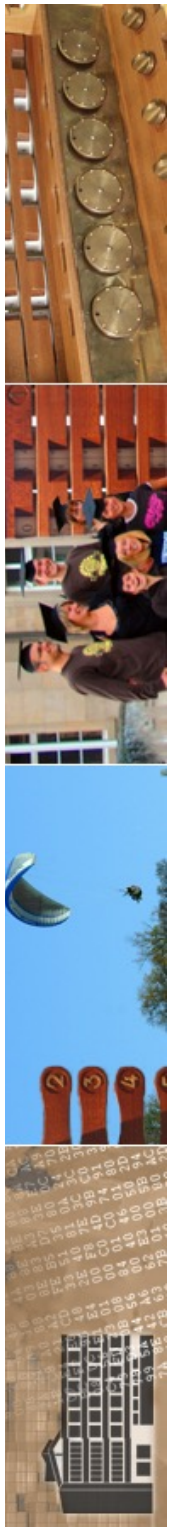



Master Technika classic

Linhof Kamera, Technika

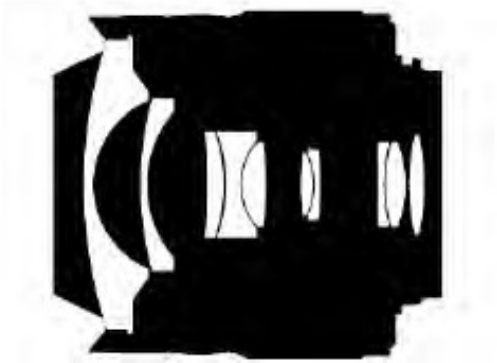


© 2
Tüb

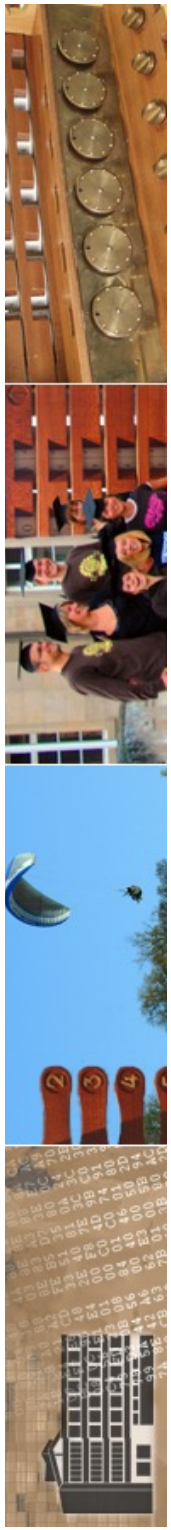


Fisheye

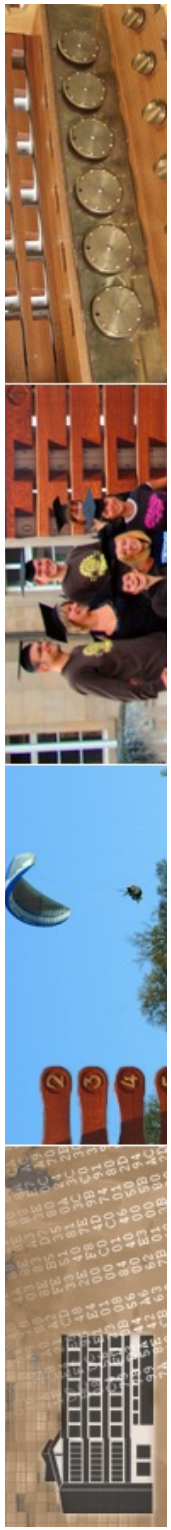
- **sphärische** Abbildung (orthografische Projektion)



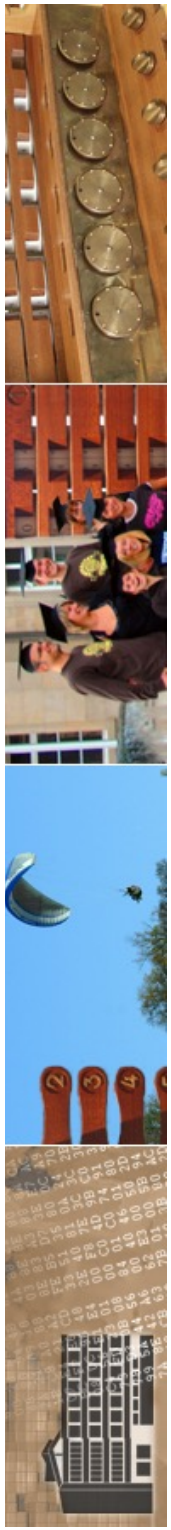
© 2026 Universität Tübingen





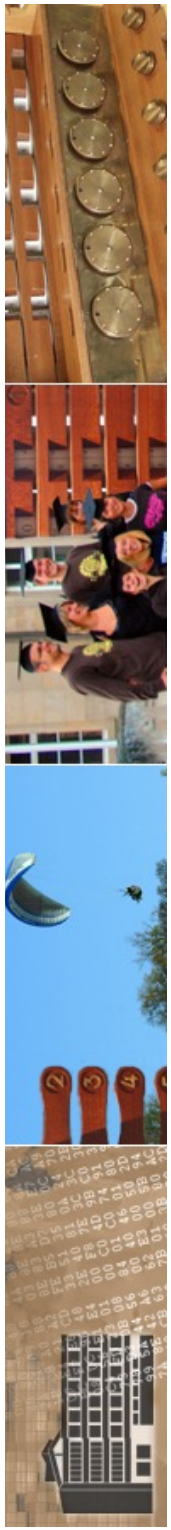




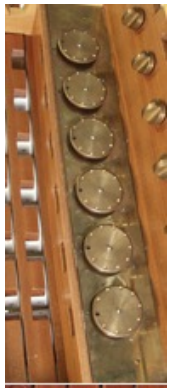


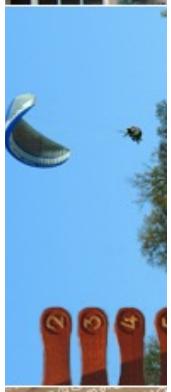



DSC_6827.NEF* @ 25% | 32,2MB
Browser
Übersicht
Bearbeitungsliste
Bildversion
Schnellanpassun
Eingabe:
Belichtungskorrektu
Kontrast
Lichter
Schatten
Farbsättigung
Kamera- und Obj
Farbmoiré-Reduzi
Aus
Staubentfernung
Neuer Schritt
Histogramm
RGB
Start
Messpunkte
BildInfo
on sRGB 4.0.0.3002
Digitalproof aus











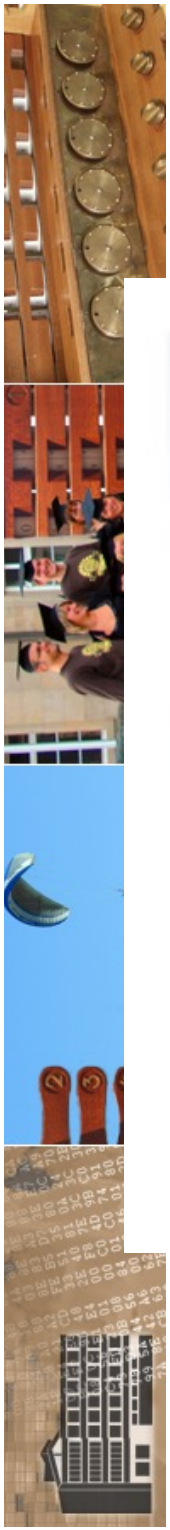



Fisheye photo © 2006 Jarle Aasland
Nikkor 6mm mounted on Nikon F3 body © 2006 Kazuo Koga



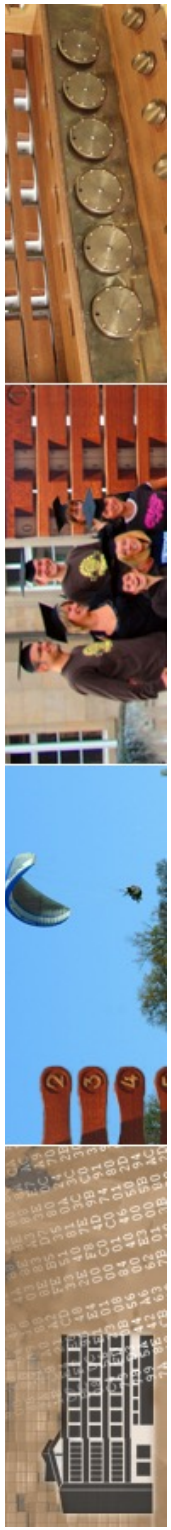
Nikon 6mm/2.8 Fisheye

- 220 Grad Bildwinkel
- 5,2 kg









Die Linse, die nach hinten schaut

Das Nikkor 6mm f/2.8 Fisheye zählt zu den Legenden der Kleinbildfotografie, nun wird einer dieser optischen Schätze feilgeboten – in London, zum Preis einer Eigentumswohnung.

Lesezeit: 2 Min. In Pocket speichern 29

25.04.2012 00:01 Uhr | c't Fotografie

Von Peter Nonhoff

https://www.heise.de/foto/meldung/Die-Linse-die-nach-hinten-schaut-1557410.html

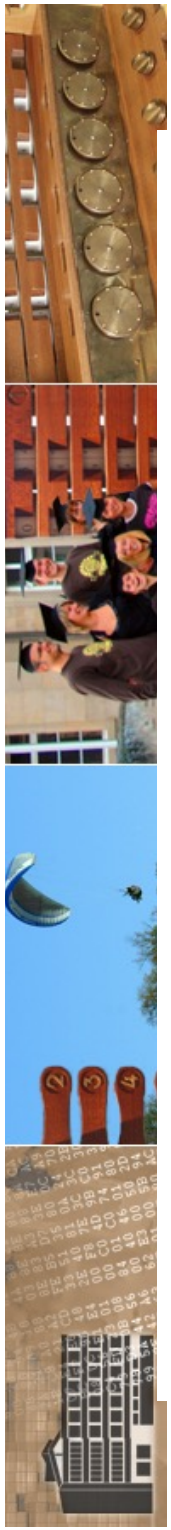
Sie lieben Weitwinkelaufnahmen und waren schon immer auf der Suche nach einem Fisheye mit extremem Öffnungswinkel – einem wirklich weiten Weitwinkel? Hier haben wir das richtige für Sie: Ein Nikkor 6mm f/2.8 Fisheye. Angeboten wird es gerade bei Gray's of Westminster in London für bescheidene 100.000 englische Pfund.

Diese Linse wurde das erste Mal 1970 auf der Photokina in Köln gezeigt, die Produktion startete zwei Jahre darauf im März 1972. Gefertigt wurde sie erst auf Anfrage des Kunden. Das Nikkor 6mm f/2.8 Fisheye ist die bislang extremste Weitwinkellinse, die für das 35-mm-Kleinbildformat gebaut wurde. Sie besitzt einen extremen Öffnungswinkel von



Nikkor 6mm f/2.8 Fisheye. Erst der Vergleich mit der angeflanschten Kamera verdeutlicht die beeindruckenden Dimensionen. (Bild: Tony Hurst)

© 2026 Universität Tübingen



PHOTOGRAPHICA AUCTION





Nikon Fisheye-Nikkor 2.8/6mm Auto 220° *

LOT 356

CURRENT BID
€45,000
Total bids: (2)

Register for auction

Login or Create Account

Add to wishlist

This item is subject to VAT at the statutory rate of the respective country of destination on hammer price and premium (full taxation), provided it remains in the EU

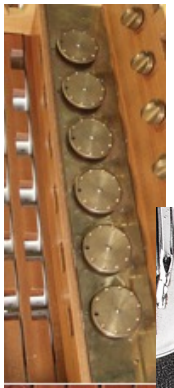
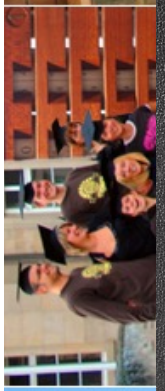
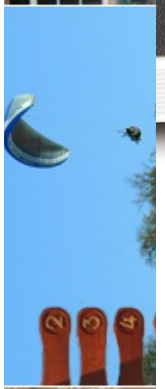
Product number: A01243

Starting Price €40,000
Estimate €80,000 – 90,000
serial number : 629421
Condition : A-
Manufacture Year : 1990

LEITZ AUCTION
N 45

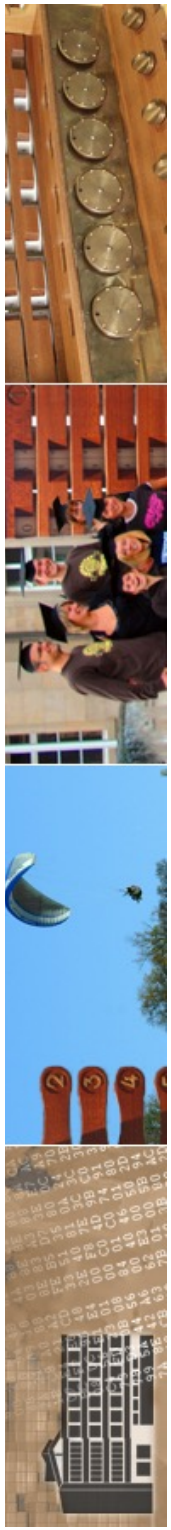
Nikon Fisheye-Nikkor 2.8/6mm Auto 220° *

Introduced in 1972, the 2.8/6mm Fisheye-Nikkor is one of the most famous and remarkable lenses ever made. It has got a massive field of view of 220° maintaining an impressive speed of f:2.8! It was made for special orders only, it is believed that less than 200 were manufactured in total. The example we have the pleasure to offer is a very late AI version, the latest serial number known is no.629436, it is in beautiful, absolute mint condition, with clean and clear optics. Together with a special leather front cap, rear cap, original metal carrying case and Nikon F2 no.8020198. The Fisheye-Nikkor 2.8/6mm is a legendary lens rarely offered for sale. It is an extraordinary opportunity to find one in this good condition.



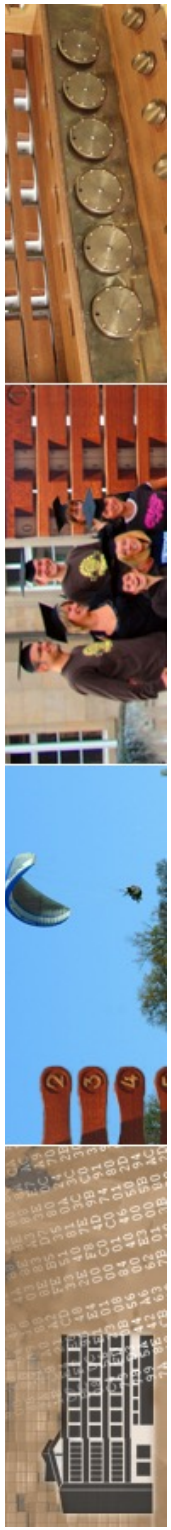
Nikon
Fisheye-NIKKOR Auto
1:2.8 f=6mm 220°
Nikon JAPAN



ein *Fisheye-Zoom*

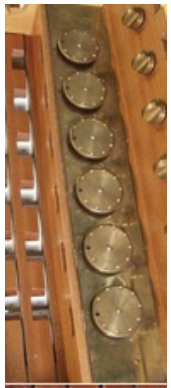
AF-S Fisheye NIKKOR 8-15mm f/3.5-4.5E ED

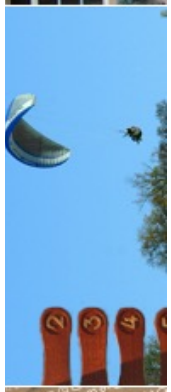




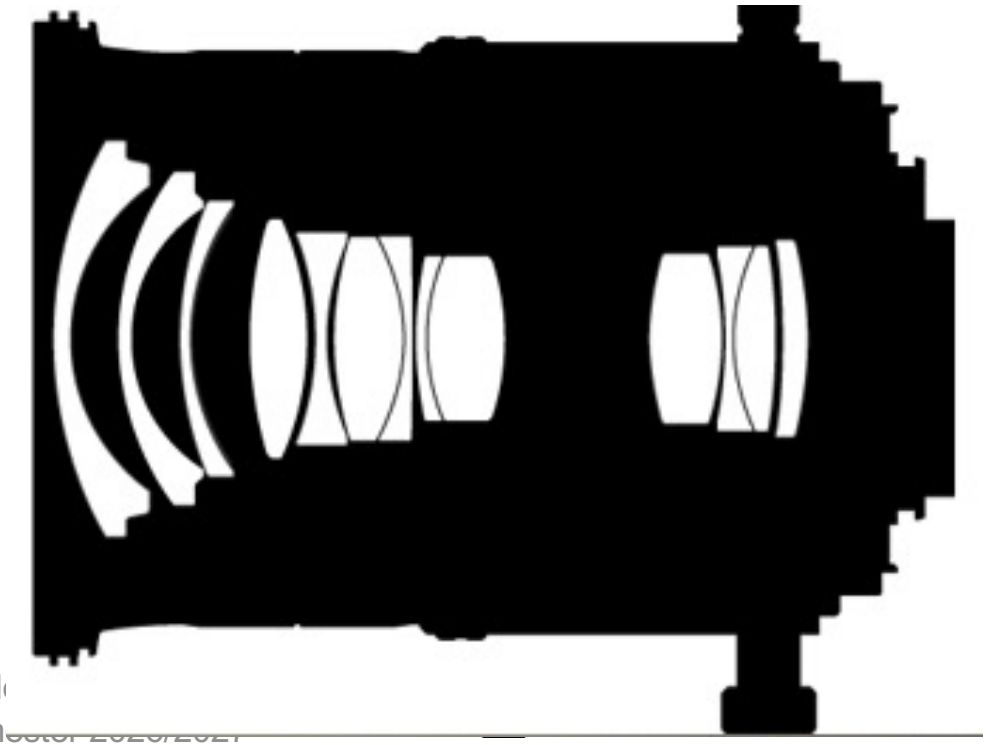
Tilt- & Shiftobjektive

- Verschieben (Shift) und Verschwenken (Tilt) des Linsensystems gegenüber Film oder Sensor
  - Shift: Korrektur der Perspektive
  - Tilt: Anpassen der Ebene der Schärfentiefe
- TS-Objektive benötigen einen (deutlich) größeren Bildkreis

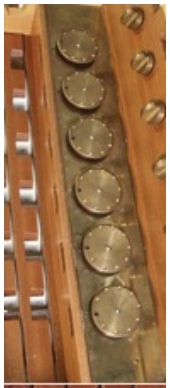


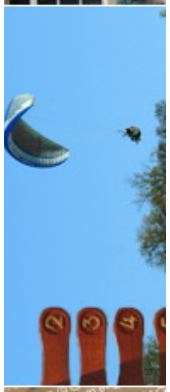




© 2026 Universität Tübingen

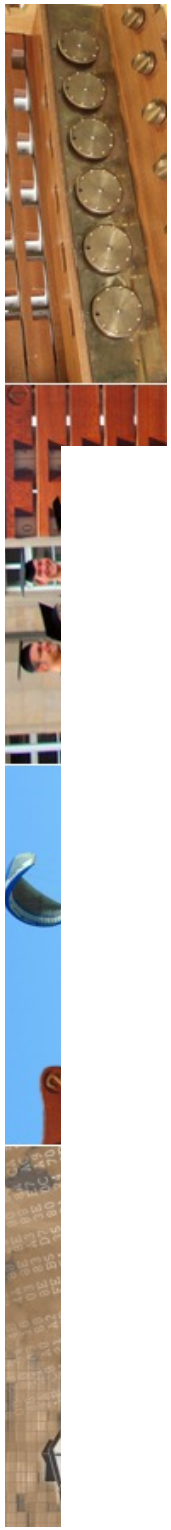









© 2026 Universität Tübingen



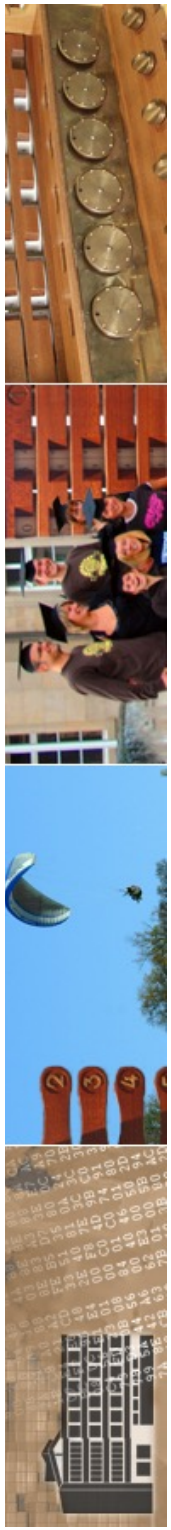
550 Jahre seit 1477 UNIVERSITÄT TÜBINGEN

EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN

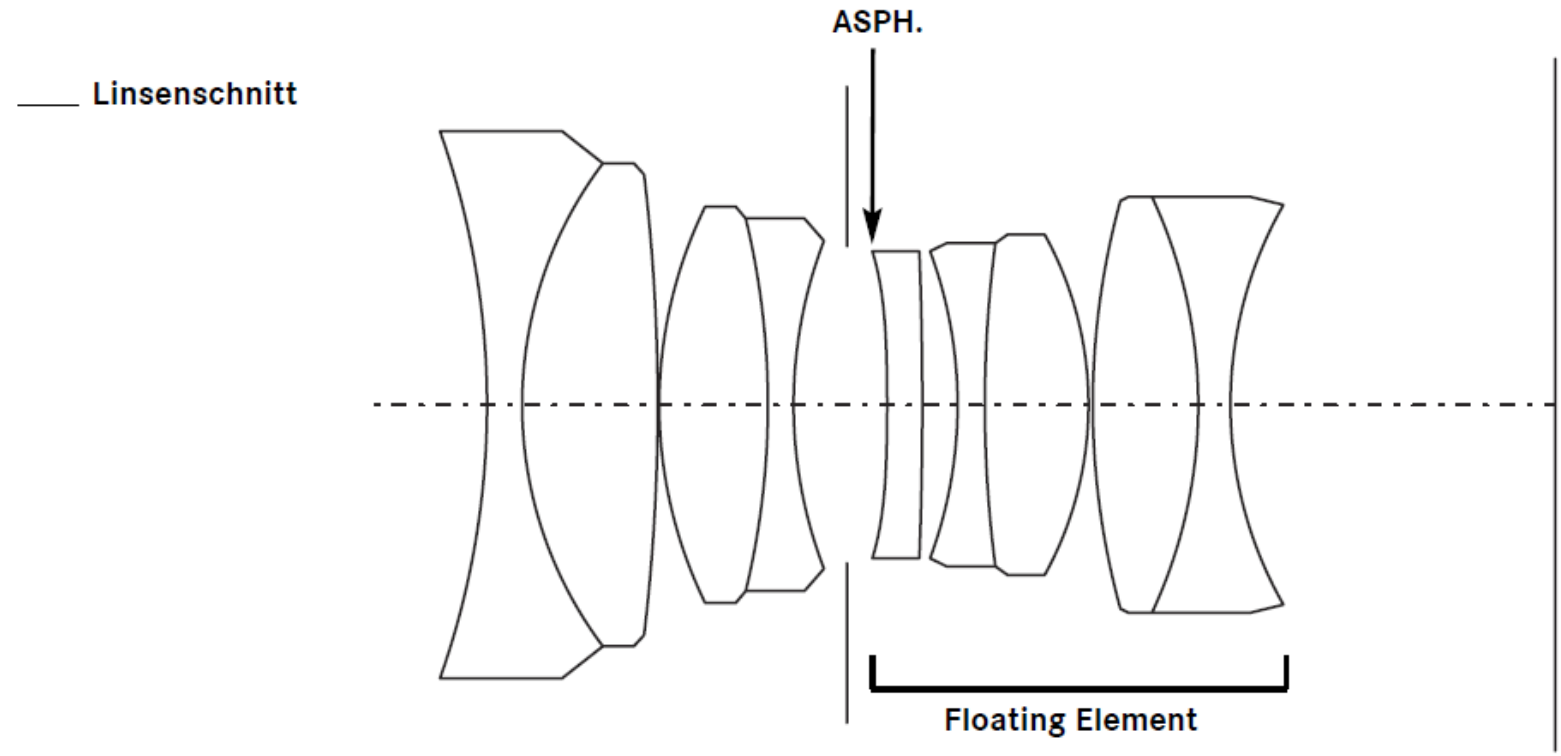
Laowa 24/2.0 TS







ein modernes Beispiel





550 Jahre seit 1477 UNIVERSITÄT TÜBINGEN

ein modernes Beispiel

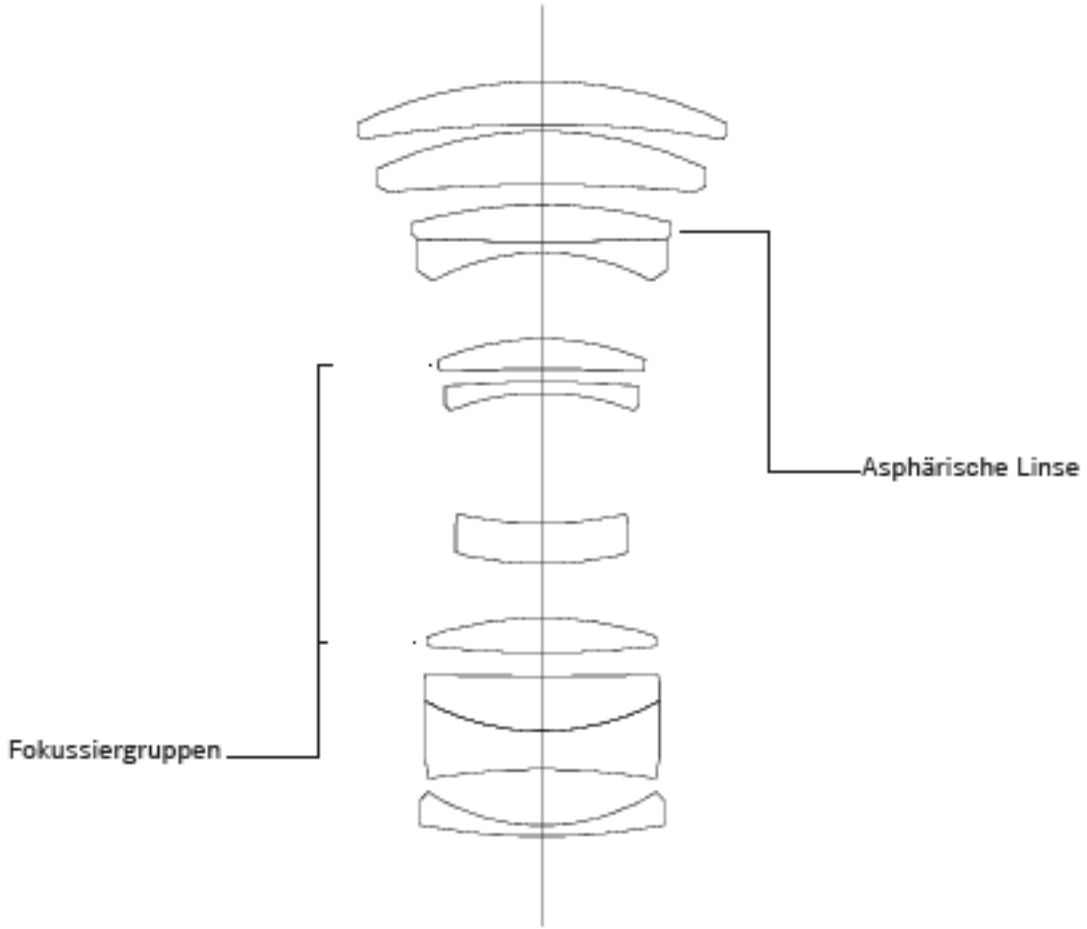
EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN

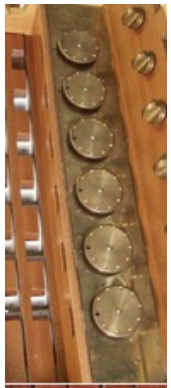
TECHNISCHE ZEICHNUNG

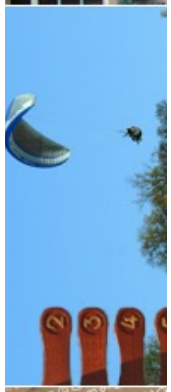


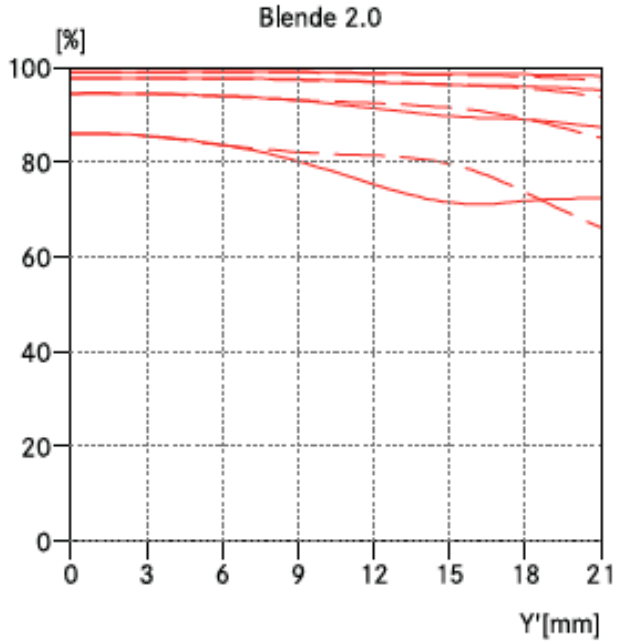
Abbildung 1:2

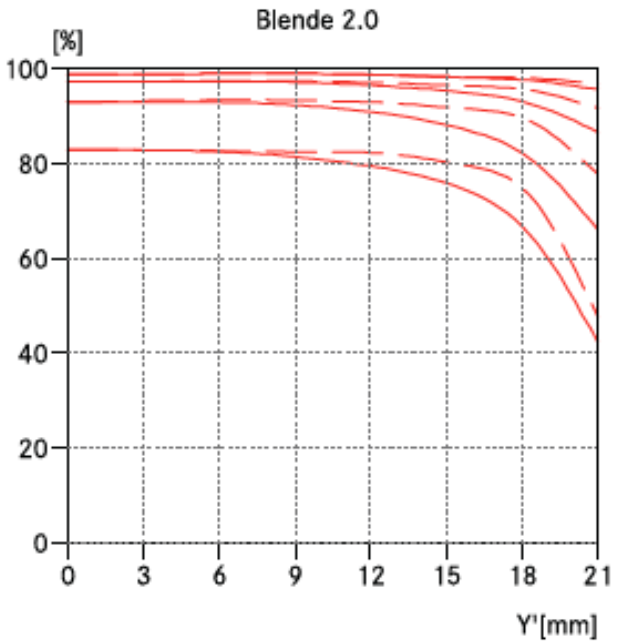
LINSENSCHNITT

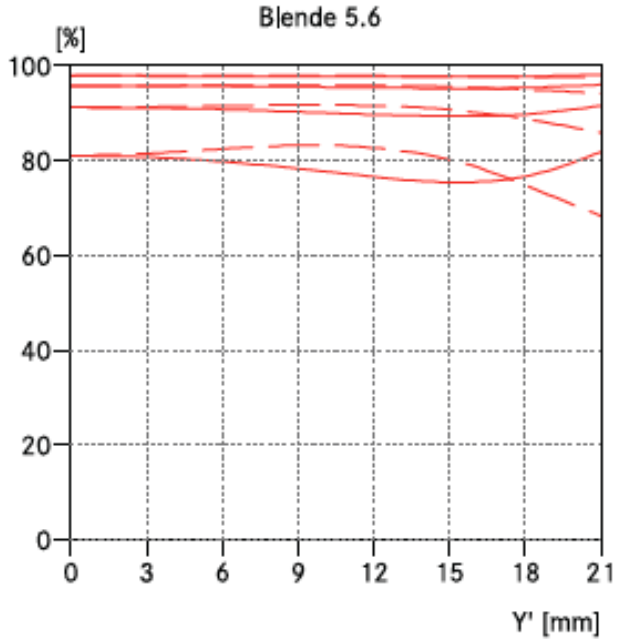


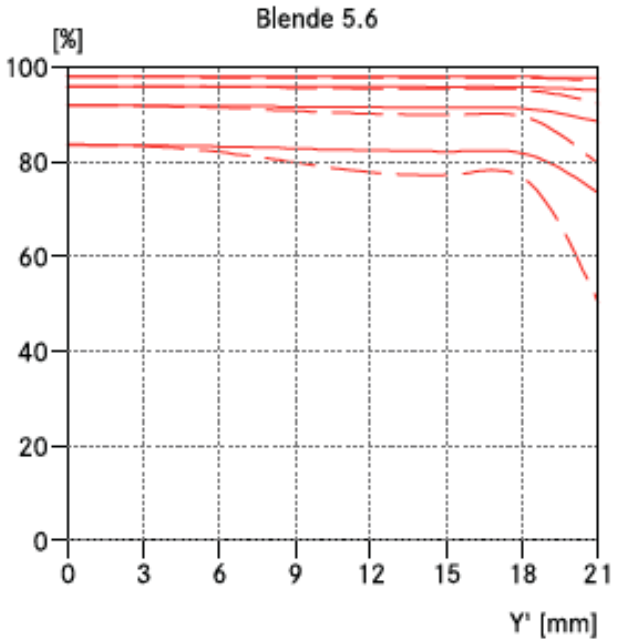


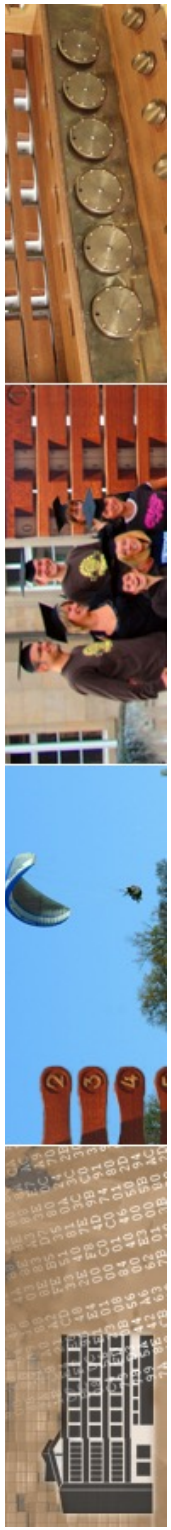


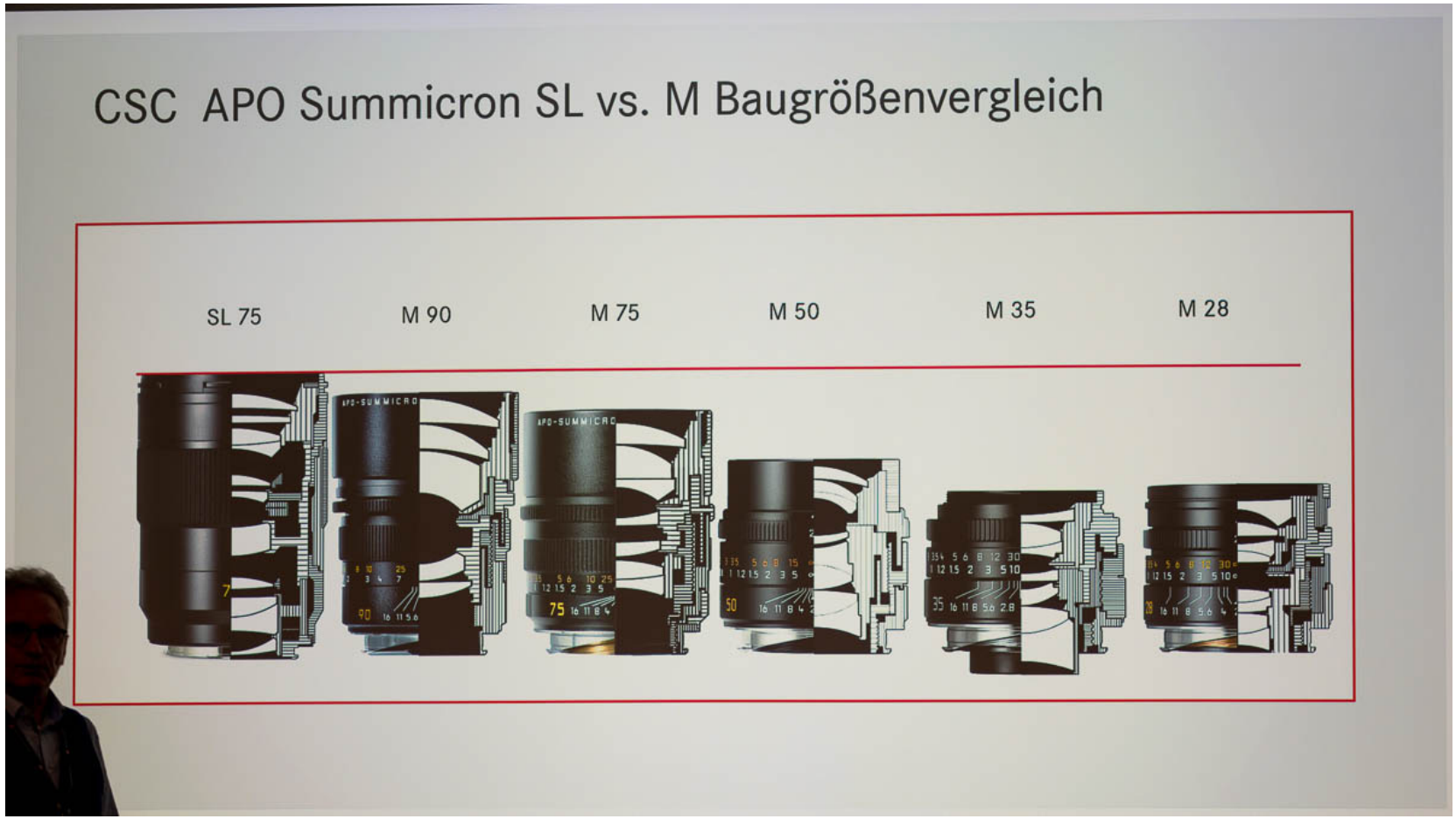


Blende 2.0
[%]
100
80
60
40
20
0
0 3 6 9 12 15 18 21
Y'[mm]

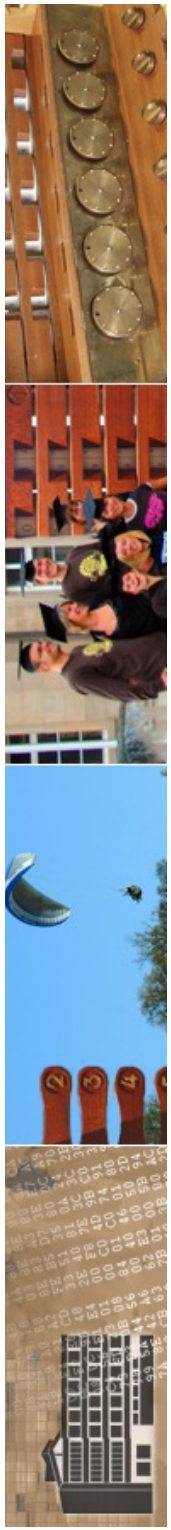

Blende 2.0
[%]
100
80
60
40
20
0
0 3 6 9 12 15 18 21
Y'[mm]


Blende 5.6
[%]
100
80
60
40
20
0
0 3 6 9 12 15 18 21
Y' [mm]


Blende 5.6
[%]
100
80
60
40
20
0
0 3 6 9 12 15 18 21
Y' [mm]



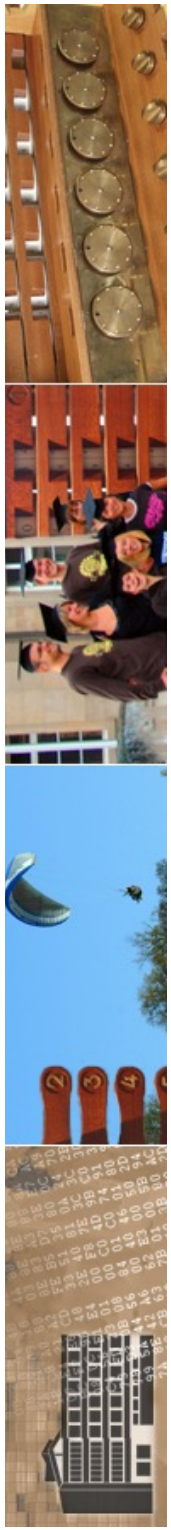

CSC APO Summicron SL vs. M Baugrößenvergleich
SL 75
M 90
M 75
M 50
M 35
M 28



Auflösung und Pixelgröße

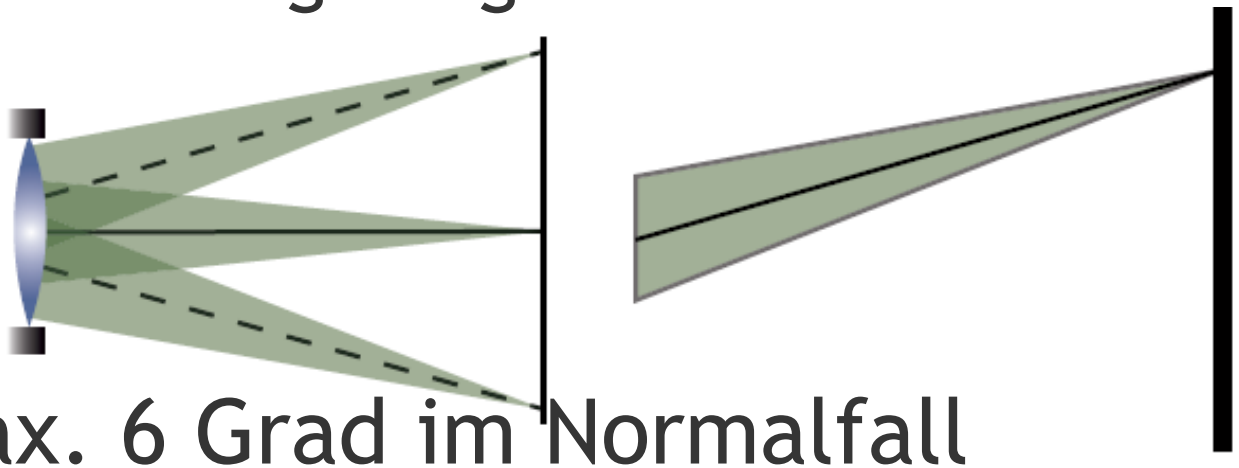
- je mehr Pixel ➔ je kleinere Pixel
- je kleinere Pixel ➔ je bessere MTF notwendig

Kameramodell	Pixelgröße
Canon EOS 1D	11,5 μm
Canon EOS 1Ds	8,8 μm
Canon EOS 1D Mark II	8,2 μm
Canon EOS 300D/10D	7,4 μm
Nikon D100/D70	7 μm
Canon EOS 20D	6,4 μm
Nikon D2X	5,5 μm

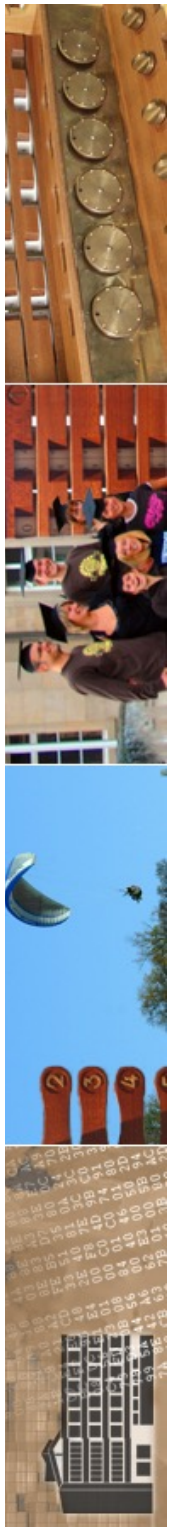


Randstrahlen

- Randstrahlen im Digitalen kritisch wegen Struktur des Sensors
  - im Analogen egal

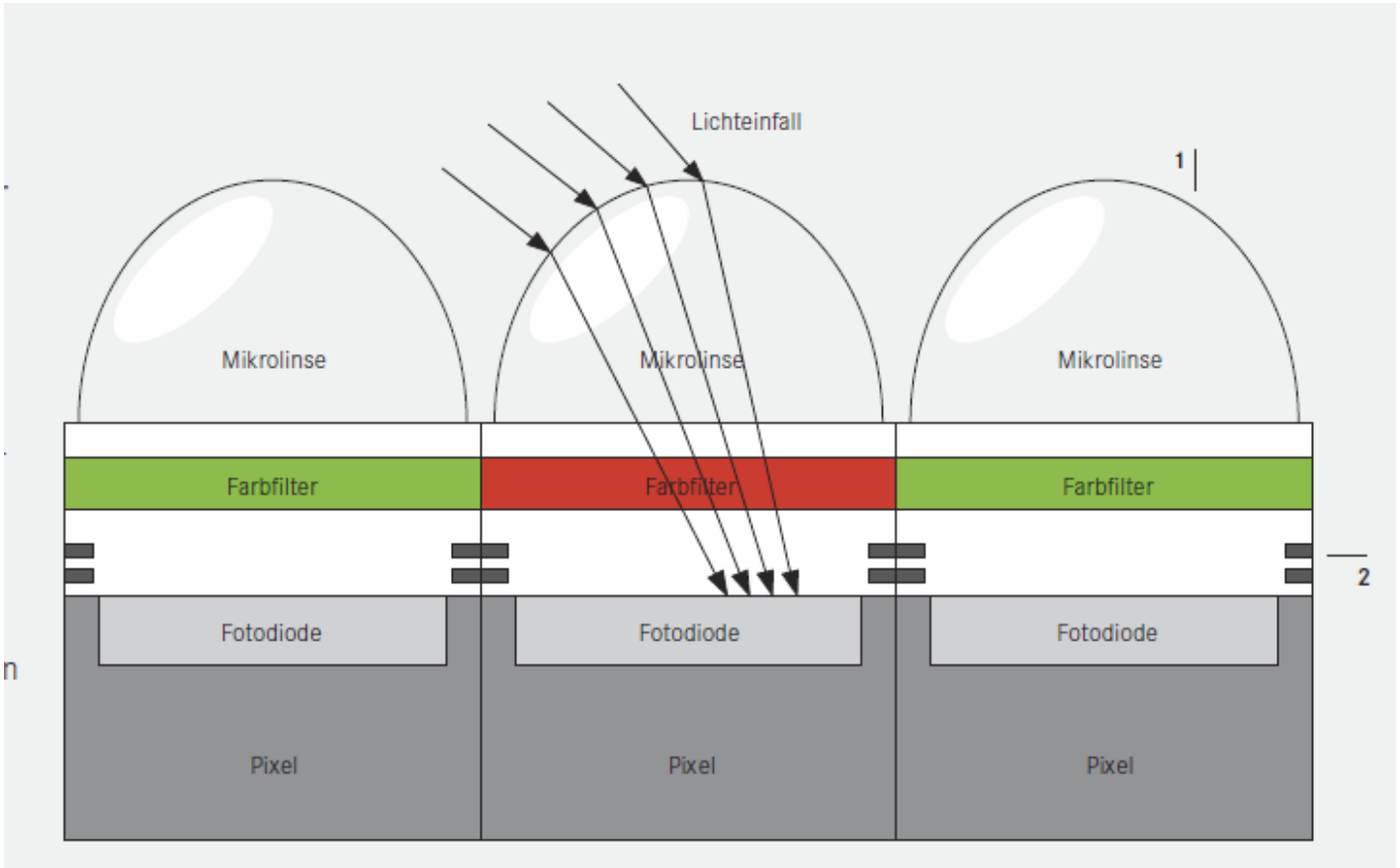


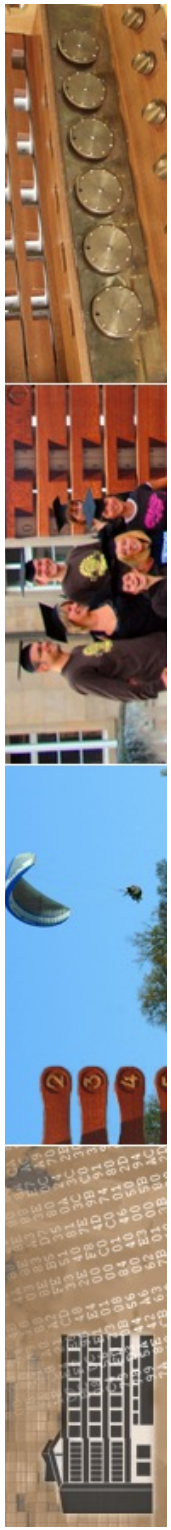
- max. 6 Grad im Normalfall
- sonst: IFP: italian flag phenomenon



Randstrahlen

- spezielle Sensoren





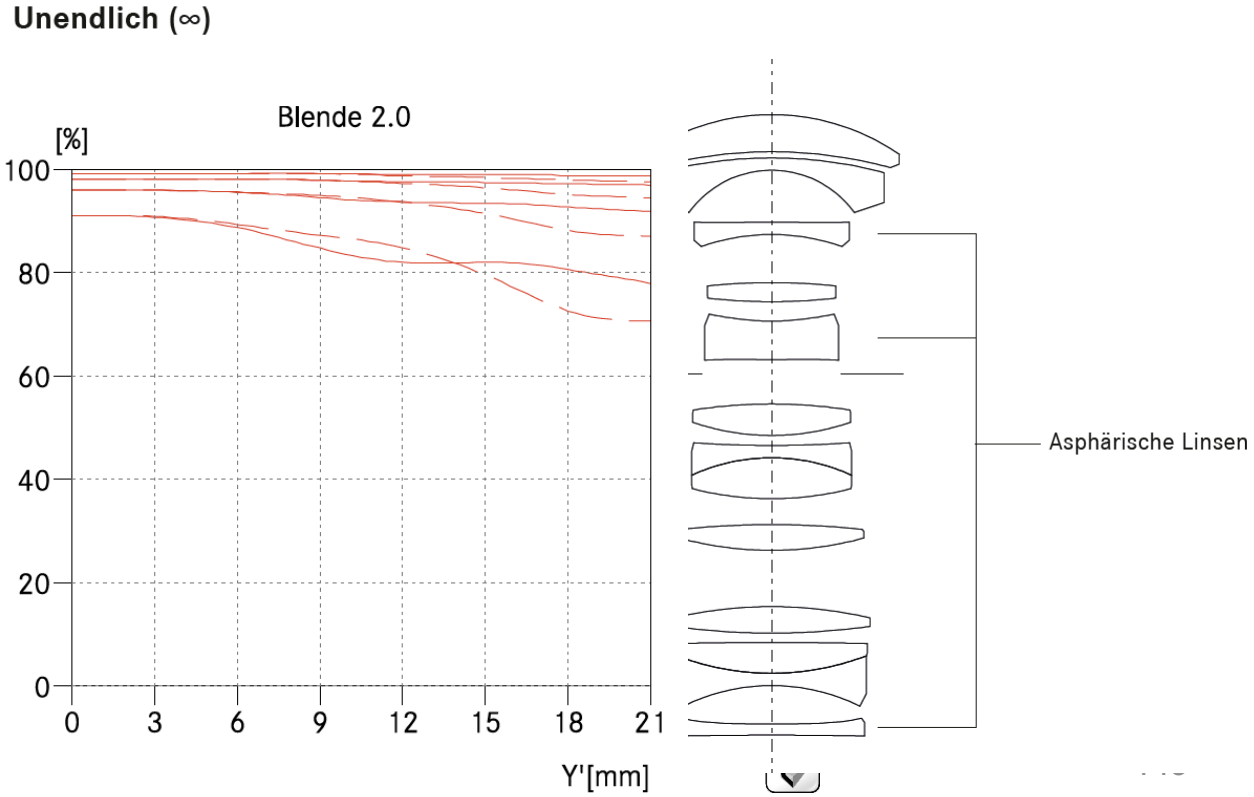
550 Jahre seit 1477 UNIVERSITÄT TÜBINGEN

EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN

ein aktuelles Beispiel

- Leica APO-Summicron-SL 1:2/35mm asph.
  - 13 Linsen in 11 Gruppen
  - 750 g, 67mm Frontlinse
  - 5 asphärische Flächen an 3 Linsen





...und ein altes Beispiel

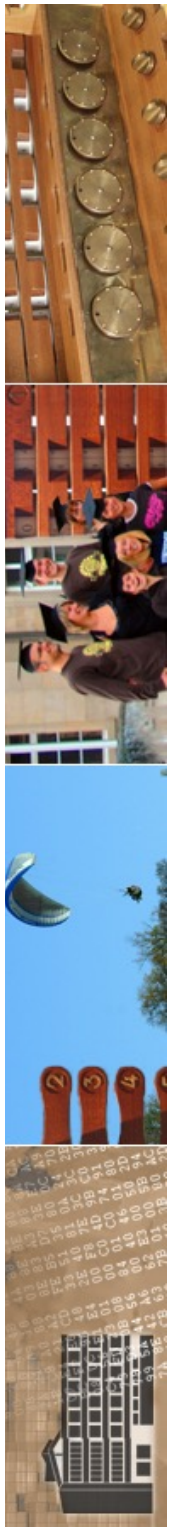


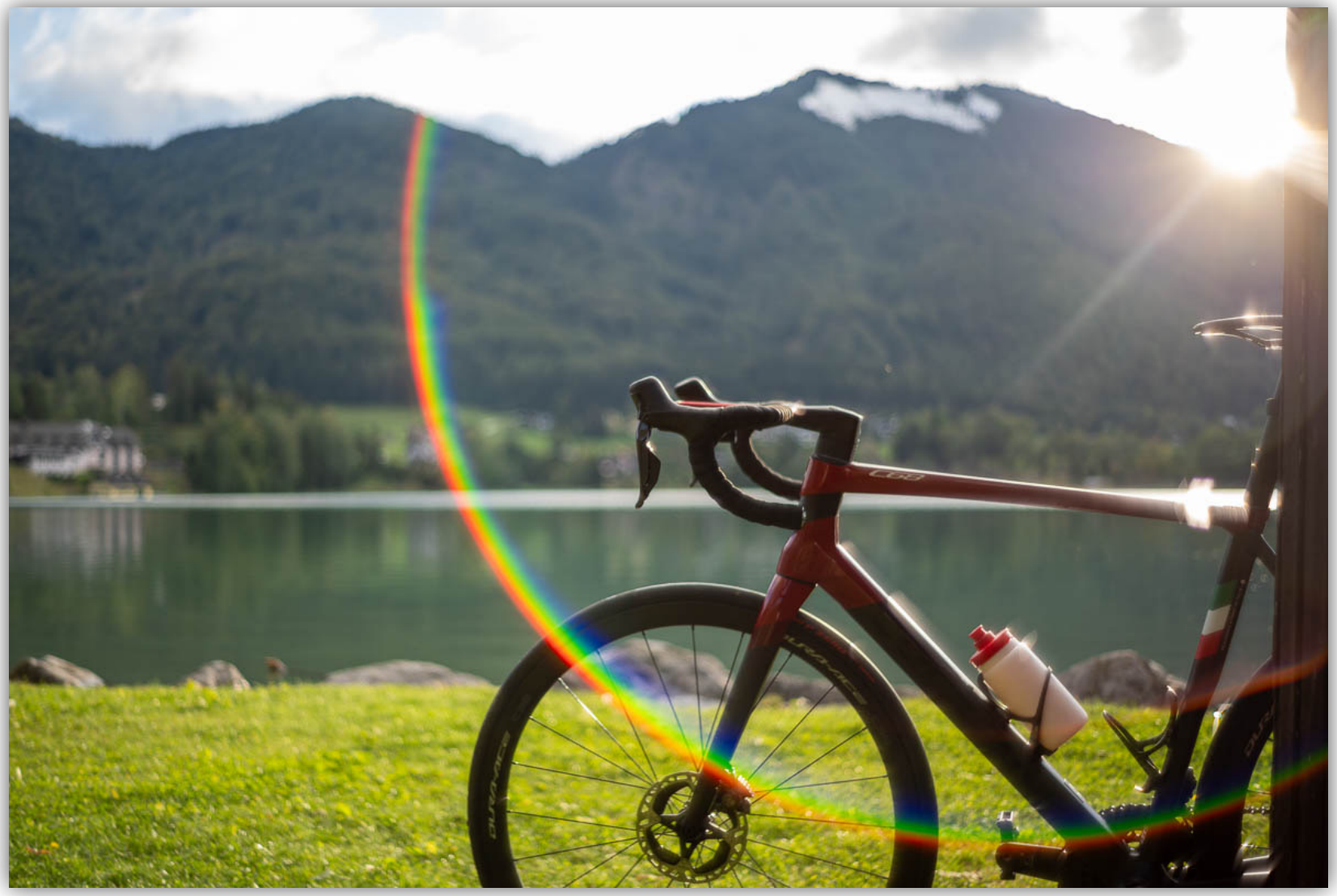
1961: das lichtstärkste Weitwinkelobjektiv

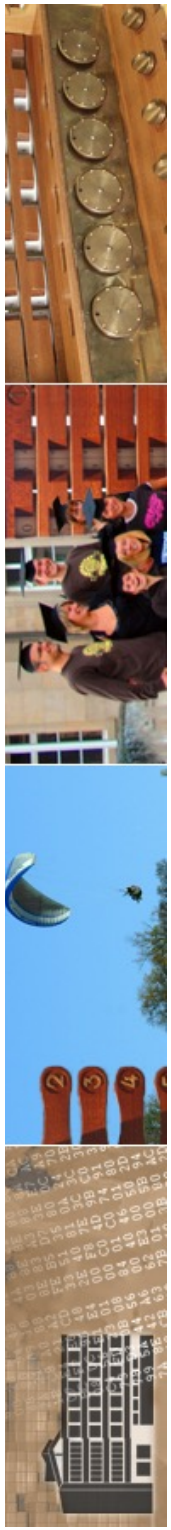
Mit der Vorstellung des Summilux-M 1:1,4/35 im Jahr 1961, präsentierte Leica damals das lichtstärkste Weitwinkelobjektiv der Welt. Über 35 Jahre lang wurde es in verschiedenen Ausführungen produziert und ist heute eine gefragte Rarität. Mit der erneuten Fertigung in unserer Manufaktur in Wetzlar, erfährt der Klassiker ein denkwürdiges Revival.

Ein echter M-Klassiker: Das Summilux-M 35 zählt neben dem Summaron-M 28, dem Thambar-M 90 und dem Noctilux-M 50 zur Leica Klassik Linie und manifestiert einmal mehr den Maßstab an Qualität und Wertbeständigkeit.

© 2026 Universität Tübingen







…und nun…

- kennen wir die physikalischen Grundlagen der Fotografie



- als nächstes:
  etwas Chemie, Blitz, das Bajonett und der Begriff „Kontrast“ – und Ansel Adams

© 2026 Universität Tübingen