

Entwicklung optischer Systeme

SS 2014

Prof. Alois Herkommer
„Optikdesign und Simulation“
Institut für Technische Optik

Ferienakademie

Sarntal/Südtirol – Sonntag, 21. September bis Freitag, 3. Oktober 2014

6 Biophysik

Dozenten:

A. Magerl, Erlangen

W. Petry, München

Gastdozent: A. Herkommer, Stuttgart



Teilnehmer: ca. 14 Studierende der Fachrichtungen Physik, Elektro- und Informationstechnik, Informatik, Medizin, Chemie, Biologie, Life Science (Bachelor ab 2. Studienjahr oder Master)

Vorlesung: Mittwoch 11:30 – 13:00 (V9.11)

Übungen: Donnerstag 11:30 - 13:00 (V9.12) (Simon Thiele)
➔ Start: 17.4.

Skript: ILIAS ➔ Ingenieurwissenschaften ➔ Medizintechnik
➔ Lehrveranstaltungen SS14
➔ Optik in der Medizintechnik
➔ Entwicklung optischer Systeme
Passwort: „[optik](#)“

Klausur: letzte Semesterwoche (alle Hilfsmittel erlaubt)

Praktikum „Optikdesign“ ➔ Anmeldung per Email bei D. Rausch
rausch@ito.uni-stuttgart.de

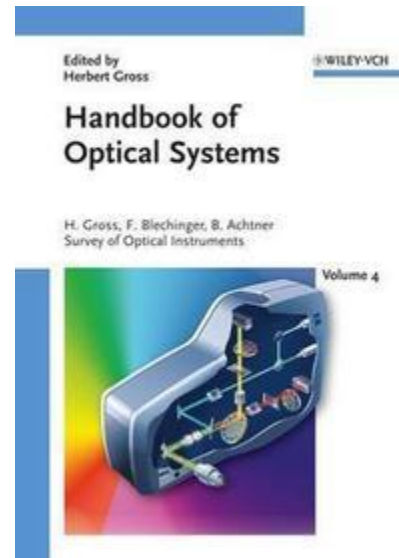
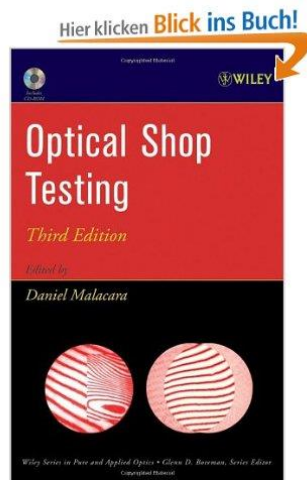
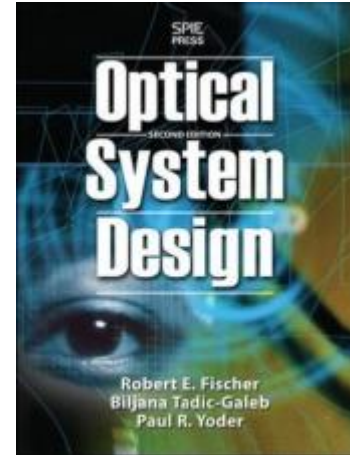
- 1. Übersicht**
- 2. Technisches Lastenheft**
- 3. Detektoren**
- 4. Lichtquellen und Lichtbudget**
- 5. Systemkonzepte I (Systemauslegung)**
- 6. Systemkonzepte II (Schnittstellen)**
- 7. Kaufteile / Kaufkomponenten**
- 8. Optikdesign (Anforderungen, Ablauf, Ergebniskontrolle)**
- 9. Toleranzen & Optomechanik**
- 10. Dokumentation, Datenblatt, Justage**
- 11. Prüfung optischer Systeme**
- 12. Beispiele**

Anm.: Dies ist das aktuelle Konzept und kann sich noch ändern!

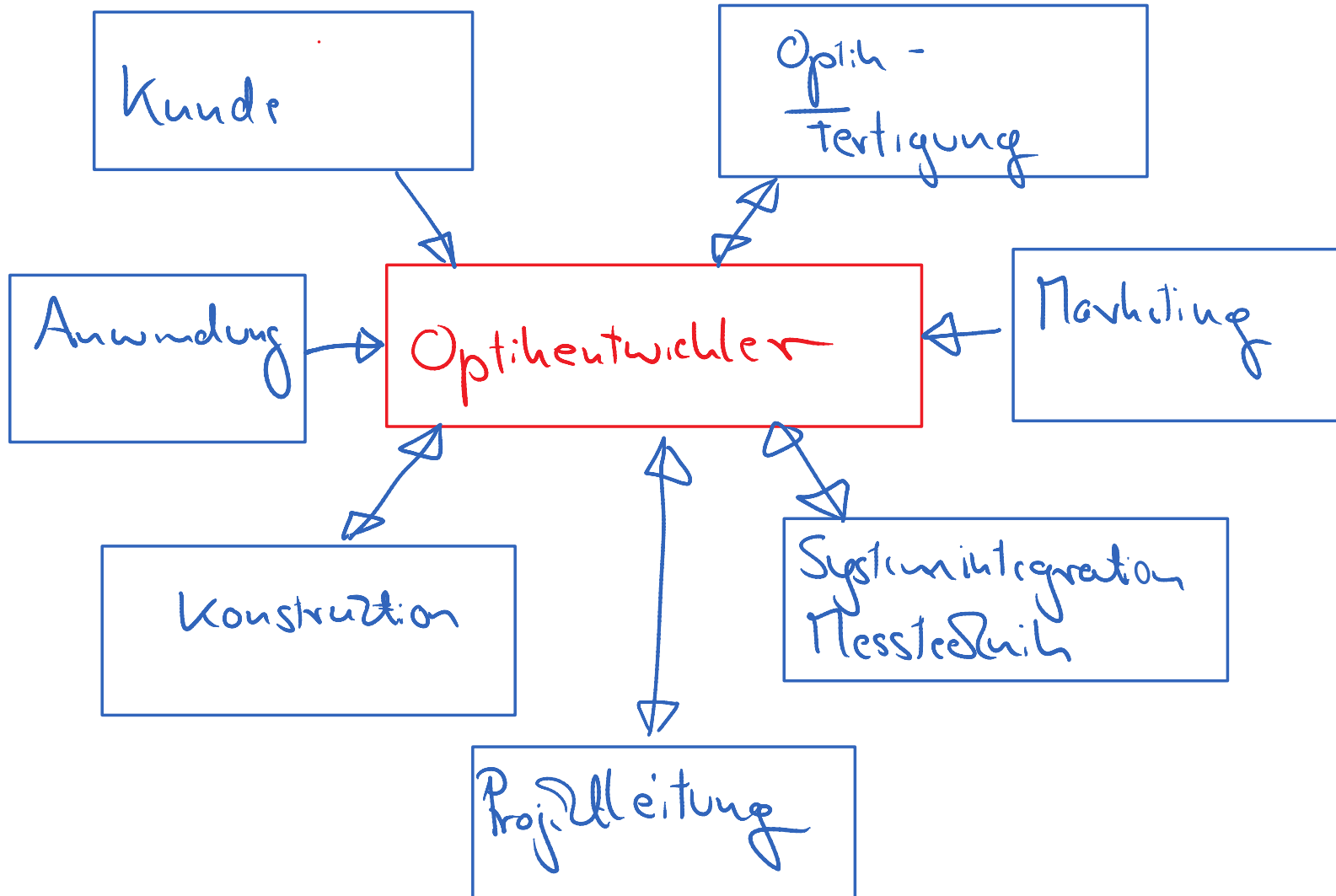
Optical System Design, R. Fischer et. al., SPIE Press

Optical Shop Testing, D. Malacara, Wiley

Handbook of Optical Systems, H. Gross, Wiley



Was macht ein Optik-Entwickler



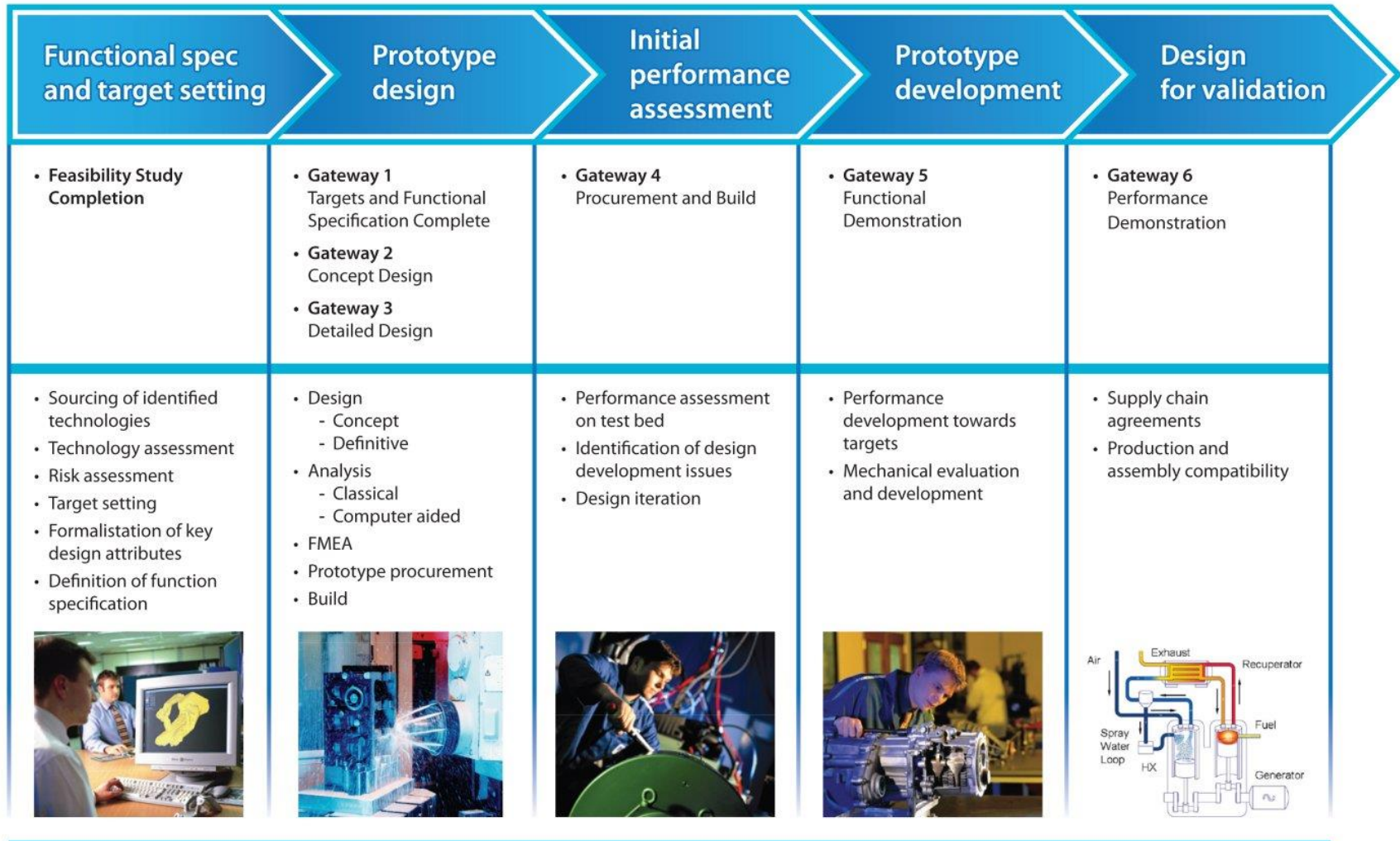
Was macht ein Optik-Entwickler



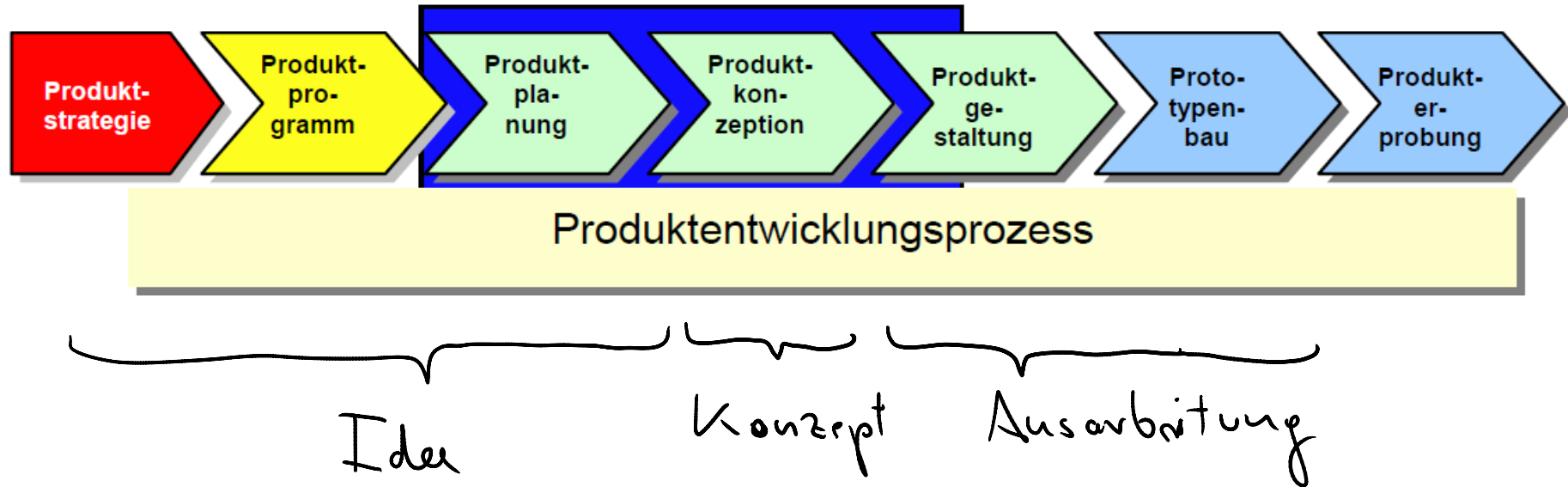
Optikentwickler =

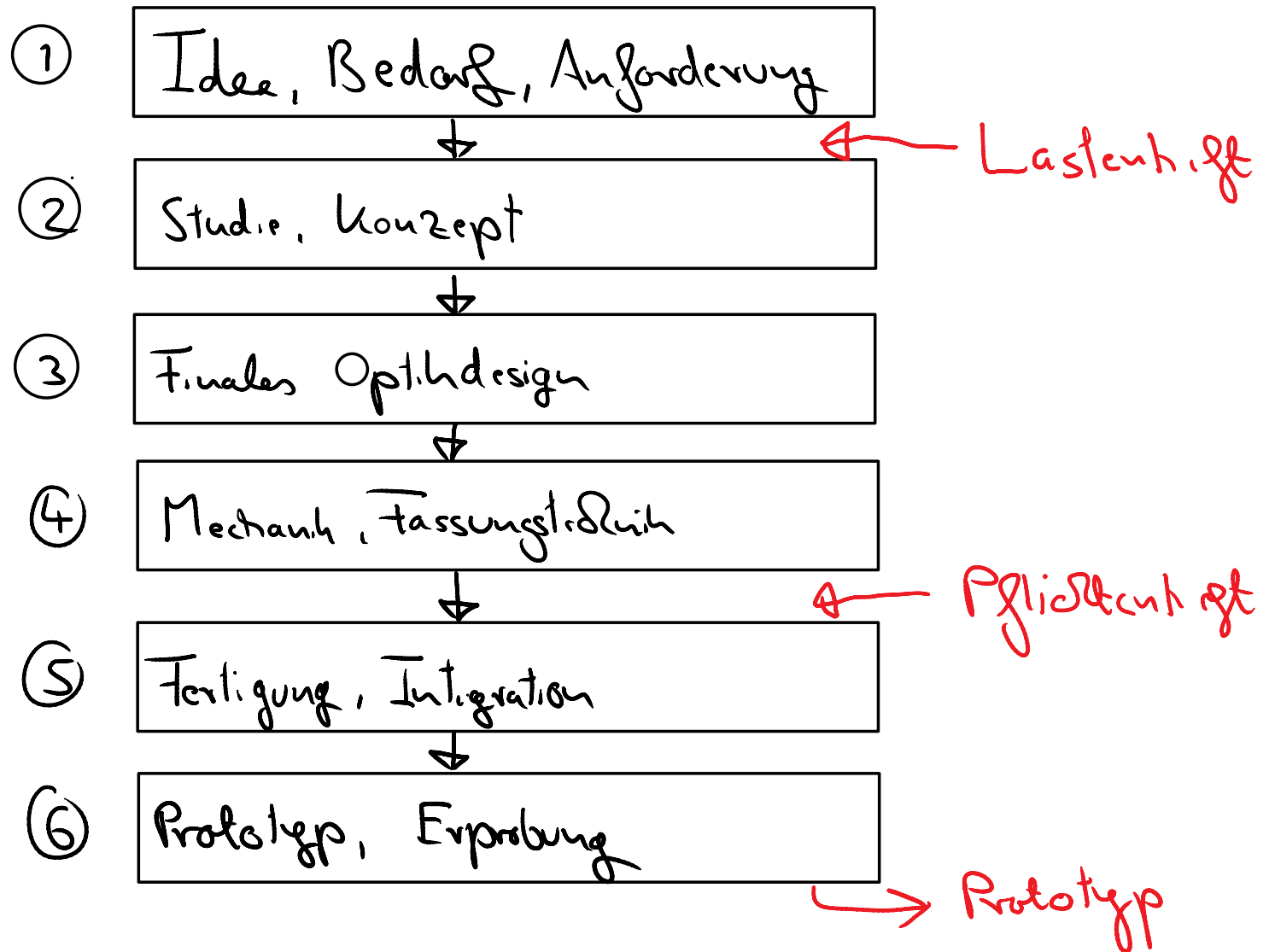
- Ansprechpartner Kunde (= Übersetzer)
- Optikdesigner
- Konstrukteur
- Einkäufer
- Verkäufer
- Projektleiter
- Laboringenieur

Wie sieht ein Entwicklungszyklus aus?

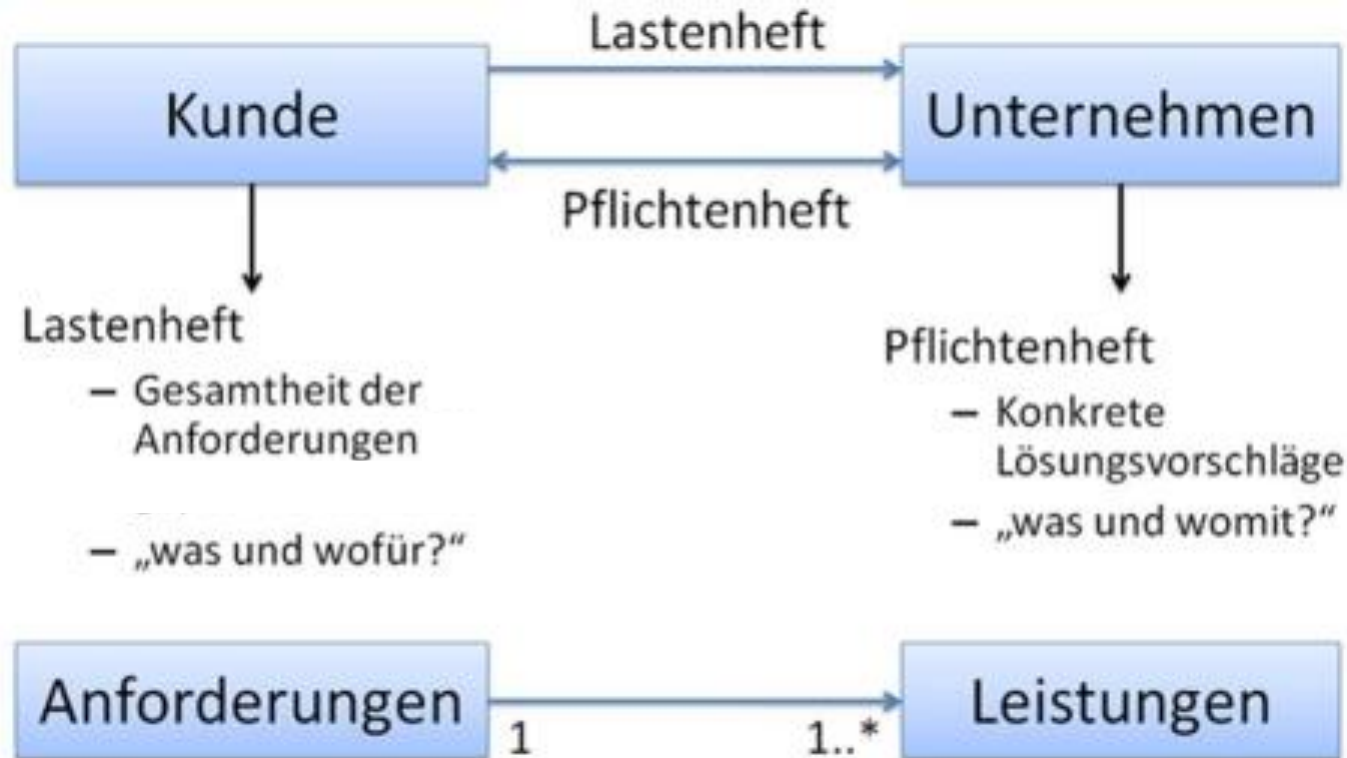


Entwicklungszyklus allgemein





Von der Anforderung zum Lastenheft



Kunde: Anwendung, Bedarf, Idee

↳ Oft kein Fachmann

↳ Manchmal "unlösbares" Problem

Aufgabe Optikerentwickler:

↳ Technische (optische) Anforderungen ableiten

↳ Machbarkeit beurteilen

Anforderung	Zielwert / Spec
Objektfeld (Field of View) FOV	1mm x 1mm
Abbildungsmaßstab	$\beta=10X$
Bildfeld	10mm x 10mm
Öffnung	$f\#=1.6$
Abbildungsqualität	„beugungsbegrenzt“
Wellenlänge und/oder Spektrum	450nm -900nm

Wie gelangt man zum Lastenheft?



Beispiel: Anforderung: Farbige Beobachtung von biologischem Gewebe. Typische Strukturgröße $1\mu\text{m}$.
Detektor-Pixelgröße (CCD): $15\mu\text{m}$

$\Rightarrow$ Absätzung:

Sichtbares Spektrum $\Rightarrow \lambda \approx 500\text{ nm}$

Notwendige NA $\Rightarrow \Delta x = 0.61 \cdot \frac{\lambda}{NA}$

$\Rightarrow NA \approx \frac{0.61 \cdot \lambda}{\Delta x} \approx 0.3$

Vergrößerung: $1\mu\text{m} \rightarrow 15\mu\text{m}$

$\Rightarrow \beta = 15\times$ (oder mehr)

Anforderungen Anwendung

Abbildung

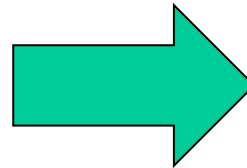
- Auflösung
- Detektorgröße
- Spektrum

Beleuchtung

- Helligkeit
- Bestrahlungsstärke

Schnittstellen

- Detektor
- Lichtquelle
- Abstände
- Bauraum



Technische Spezifikationen

Abbildung

- NA
- Maßstab β
- Farbkorrektur

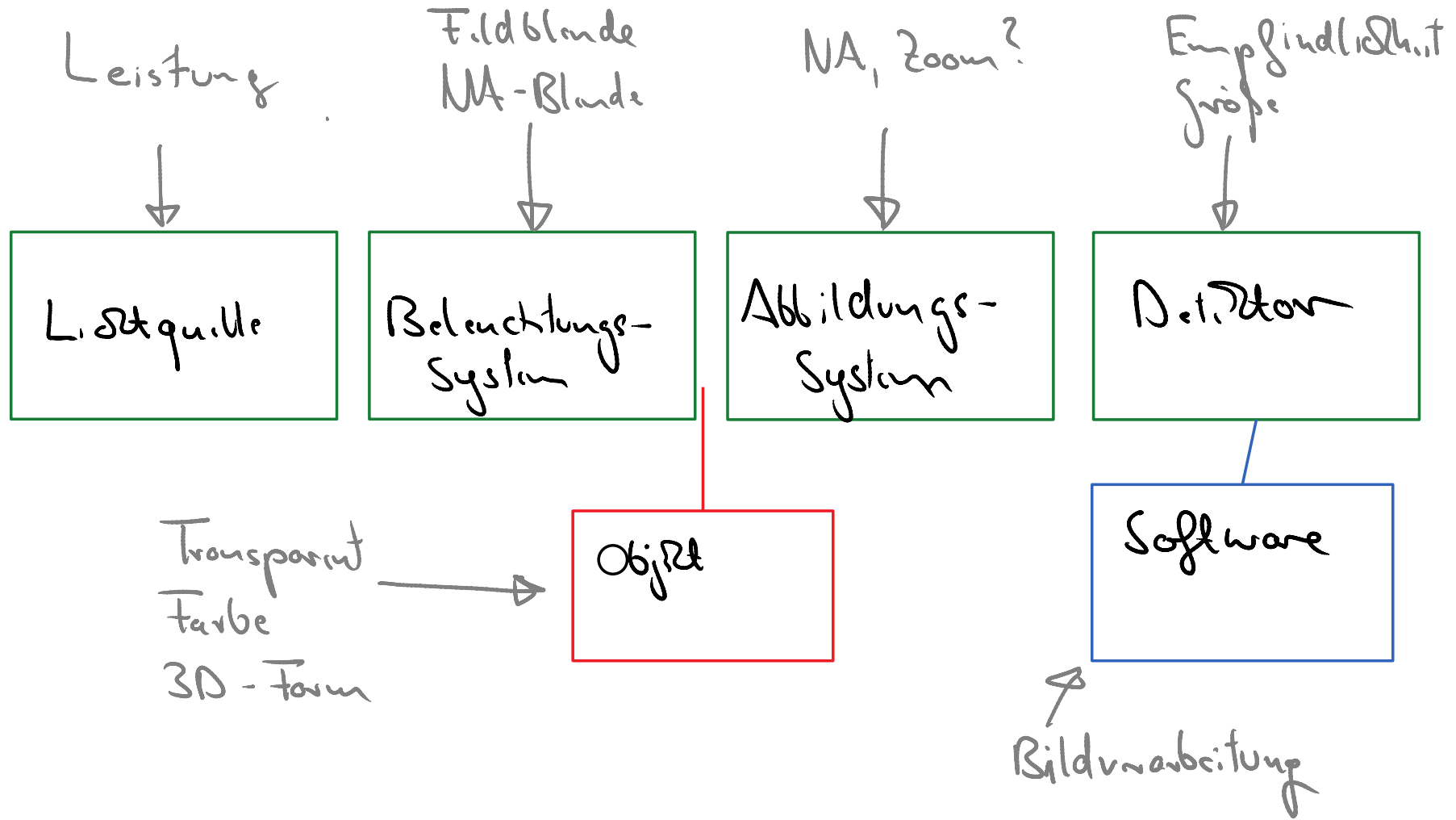
Beleuchtung

- Transmission
- Öffnung $f\#$

Schnittstellen

- Working Distance
- Linsendurchmesser
- Fassungsangaben

Ganzheitliche Systembetrachtung

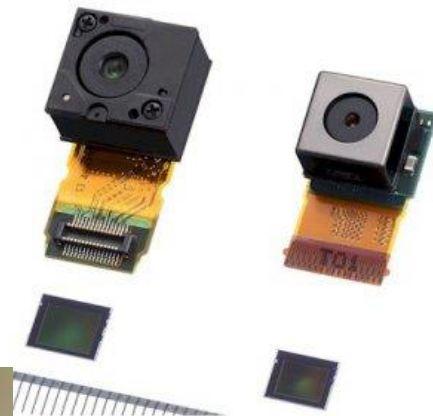


Detektor

Art, Größe und Auflösung von optischen Detektoren beeinflussen massiv die Anforderungen an das optische System



12Megapixel
-Kamera
(Quelle: Sony)



www.techfever.net

Technischer Detektor



→ Pixelgröße
Spektrale Eigenschaften
Zeitverhalten
Rauschen

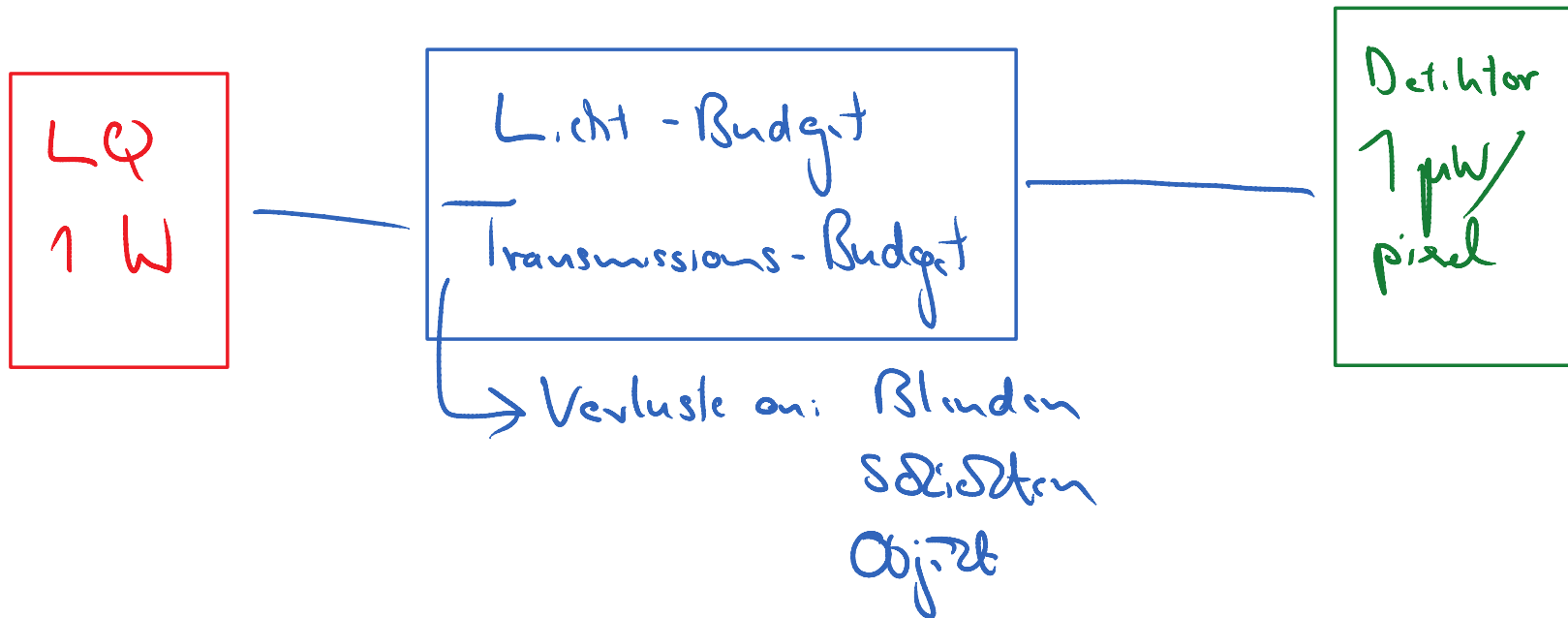
Auge



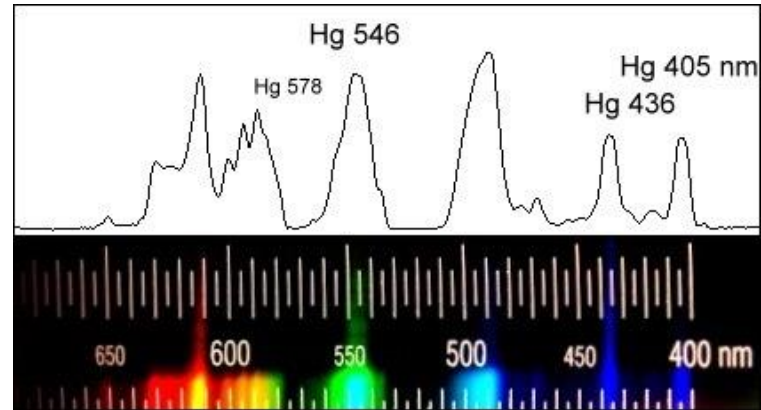
→ Akkommodation
Adaption
Farbsehen, 3D-Sehen

Wieviel Licht steht zur Verfügung?
Wieviel Licht wird benötigt?

→ Licht-Budget



Lichtquelle

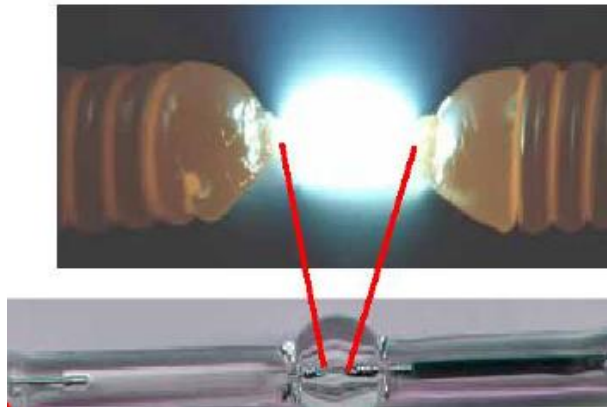


Bilder:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5b/Leuchtstofflampen>



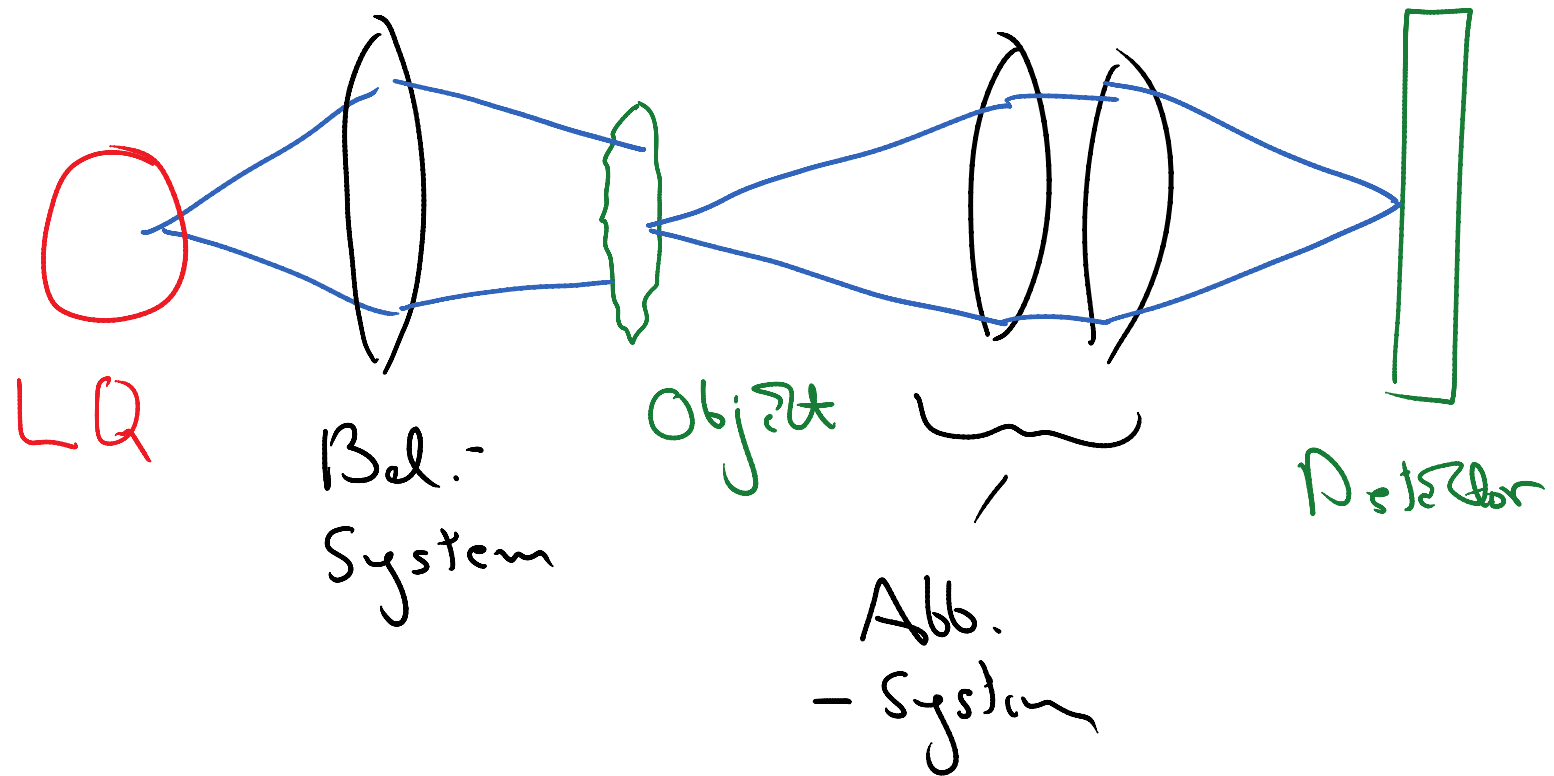
Osram- Golden Dragon



Eigenschaften Lichtquelle:

- Leistung
- Zeitverhalten (cw oder gepulst)
- Kohärenz
- Spektrum
- Größe / Abstrahlverhalten
- Äußere Abmaße / Anschlüsse (el. Ansch., Wasser)

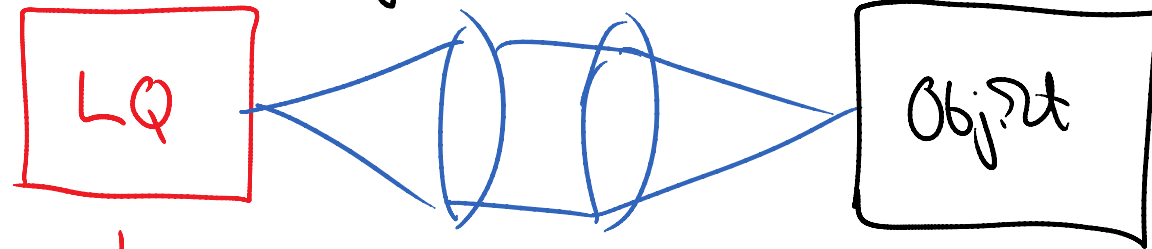
Überblick:



Abbildungssystem:

- Auflösung ($\Delta x \sim \frac{\lambda}{NA} \Rightarrow NA$)
- Vergrößerung $\beta = \frac{y'}{y}$ (Zoom?)
- Öffnung $f\# = \frac{f}{D}$
- Abbildungsqualität (MTF, Spot, Bildfehler)
- Objektlage, Bildlage, Arbeitsabstand, Durchmesser
- Einfallswinkel Objektiv (Telezentrie)

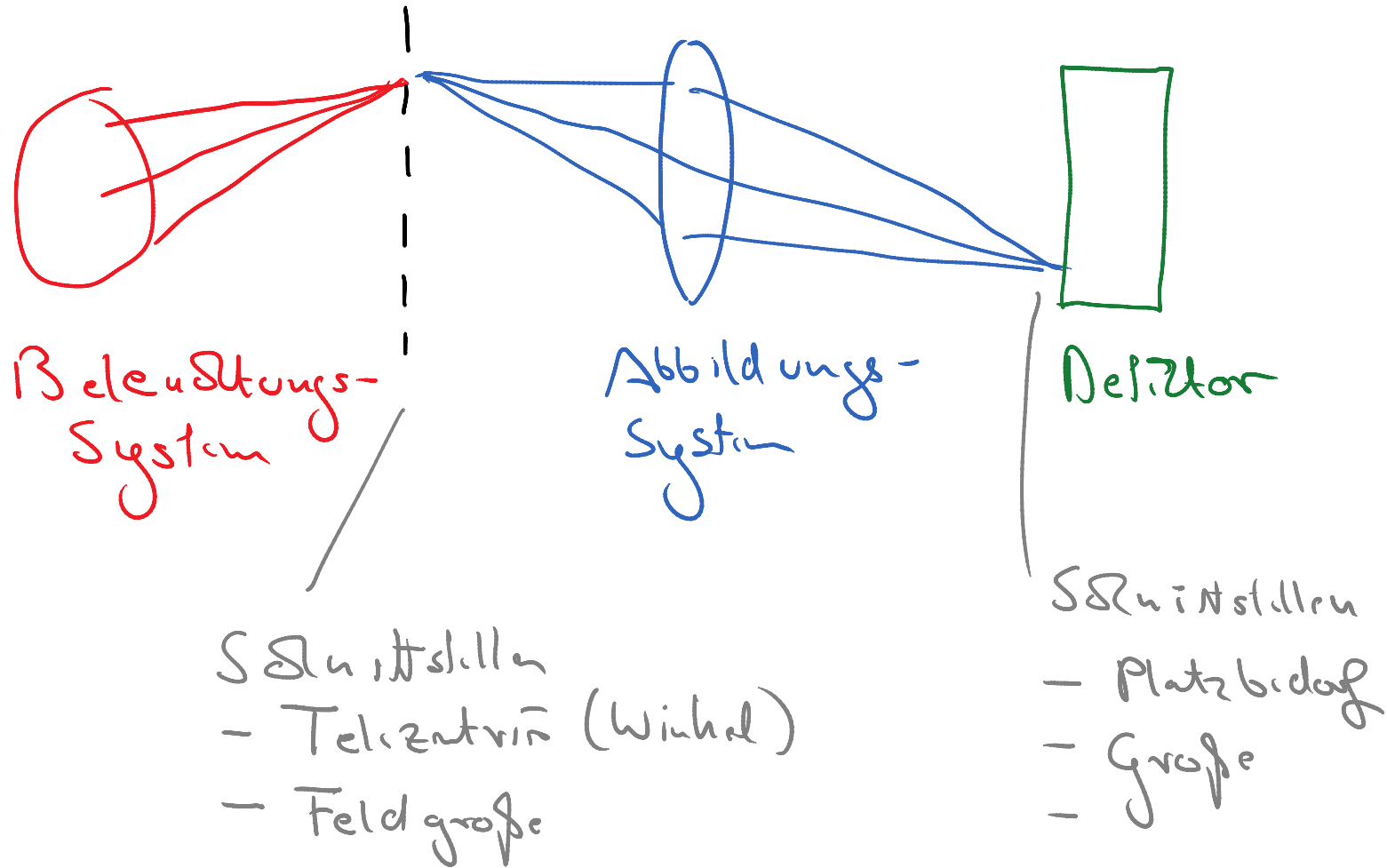
Beleuchtungssystem :



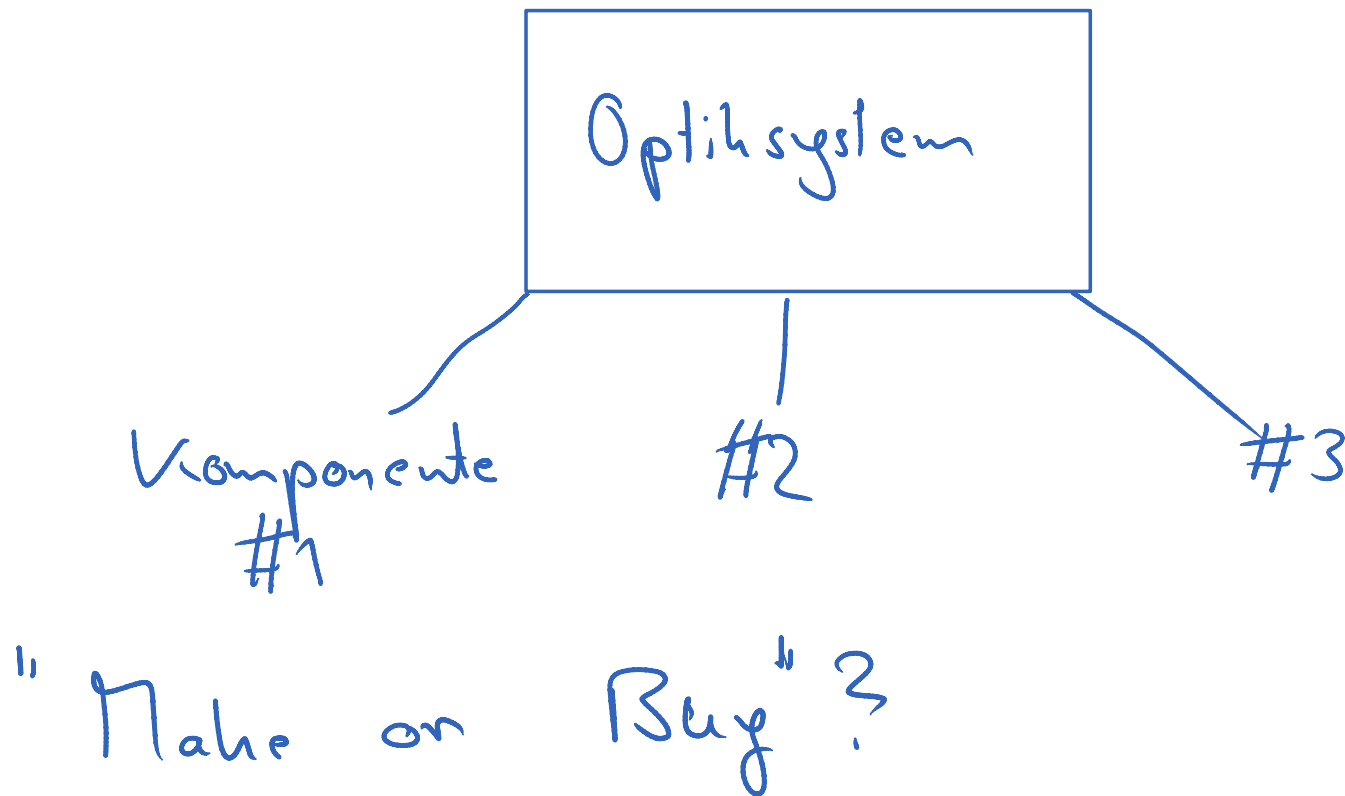
|
Größe $\times$ Winkel
└──────────┘
Etendue

Feldgröße
Homogenität (Uniformity)
NA und Einfallswinkel

$\Rightarrow$ Abbildungsmaßstab, Misch-Elemente, NA

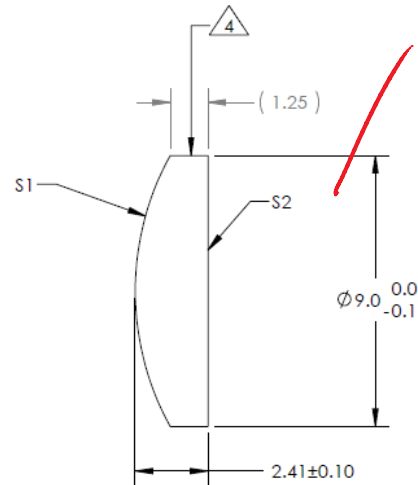


Je nach Komplexität, Toleranzen und Wirtschaftlichkeit (Kosten) werden optomechanische Systemkomponenten zugekauft („Buy“) oder selbst hergestellt („make“).





www.edmundoptics.de



Toleranzen



Primary Magnification:	0.25X
Working Distance ¹ :	161 - 186mm
Depth of Field ² :	±8.2mm at f10 (20% @ 20 lp/mm)
Length:	196.3mm
Filter Thread:	M72 x 0.75
Max. Sensor Format:	2/3"
Camera Mount:	C-Mount

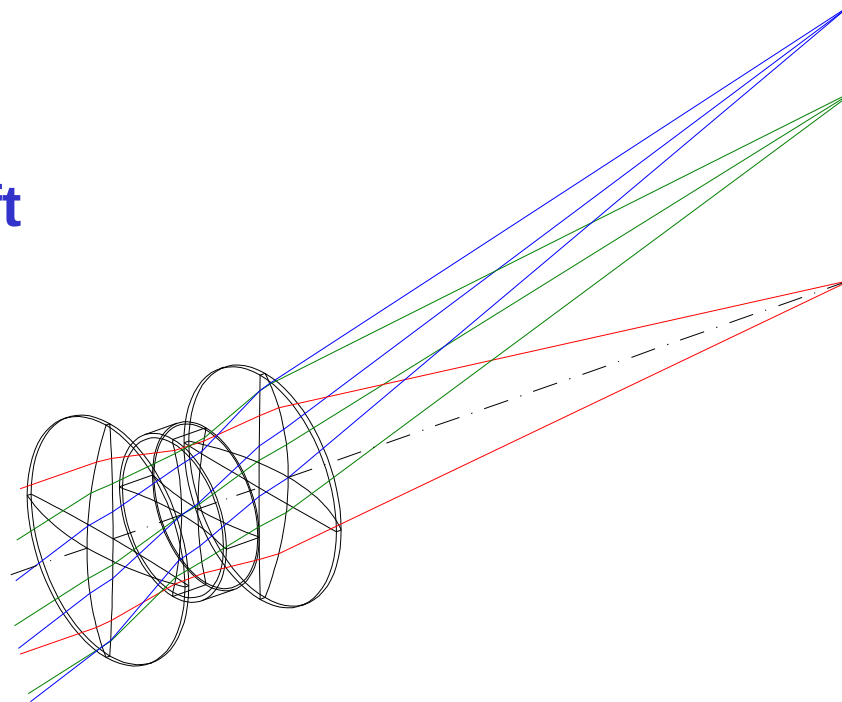
Telecentricity:	<0.1°
Distortion:	<0.5%
Resolution ² :	>55% @ 40 lp/mm
Aperture (f/#):	f6 - f25, lockable
Object Space NA:	0.021
Number of Elements (Groups):	10 (7)
AR Coating:	425 - 675nm BBAR
Weight:	1.6kg

Spezifikation

Falls keine geeignete Kaufkomponente erhältlich ist,
muss ein individuelles Optikdesign erstellt werden:

- Anforderungen
- Randbedingungen
- Toleranzen

→ „Unter“ – Lastenheft
→ Anforderungsliste
„Optikdesign“



Optisches Datenblatt



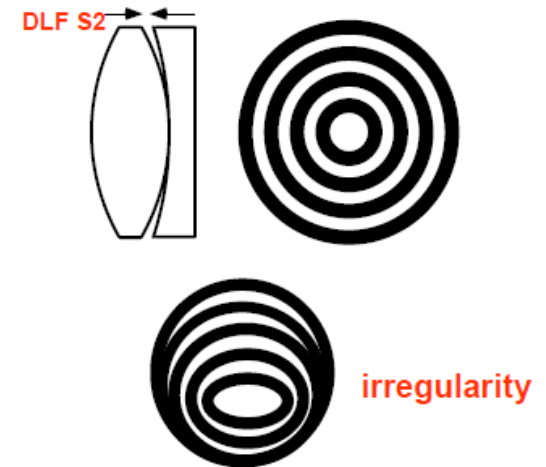
ZEISS										OBERKOCHEN: RECHNUNG VOM xxx										ABT. xxxxx																			
DATEN: BETA =-99.6 X1 =UNENDL. F2,3=+ 4.0MM F8,9 =-35. F1-16=+ 1.66MM X16'=-8.59MM F4,5=+102.3MM F9,10=+10. 0-0' =195.0MM 0-S16=38.21MM F6,7=+ 17.3MM F8-10=+15.										ZEICHNUNG : Ø										KOMIKRO																			
										MIKRO 63D13415										K8 HERAUSGEGEBEN AM 26.6.91										FO-EM-M/MUCH									
RADIUS			PLAN		PLAN		2.0700		2.6550		3.2210		13.428		6.3100																								
SKIZZE																																							
TEIL NR.																																							
2H			0.5		1.5		3.9		4.5		6.2		8.7		9.4																								
FREIER Ø			1.5		1.5		3.9		4.5		6.2		8.7		9.4																								
Ø																																							
GLASART			K5		IMOEL		K7				LAK11				PSK53A																								
SCHMELZE																																							
(587.6 nm)			1.52249		1.51500		1.51112				1.65830				1.62010																								
STUFE			±0.001 (4)		±0.0003 (2)		±0.0003 (2)				±0.0005 (3)				±0.0005 (3)																								
Vd			59.48		43.45		60.41				57.26				63.48																								
STUFE			±0.8 % (4)		±0.5 % (3)		±0.5 % (3)				±0.5 % (3)				±0.3 % (2)																								
TOLERANZEN: KOMBINATIONSFREIE FERTIGUNG																																							
D			±0.04				±0.03		±0.05		±0.02		±0.01		±0.02																								
KITT																																							
Ø) KLEHLUNG			20				20				20				20																								
1) BLASEN							1X0.1				1X0.1				1X0.1																								
2) SCHLIEREN			-, 2				-, 2				-, 2				-, 2																								
3) PASSE					5.0(1.0)		2.0(0.4)		2.0(0.4)		3.0(0.6)		1.0(0.2)		1.0(0.2)																								
4) ZENTR.					9'		6'		8'		6'		2'		2'																								
5) UNSAUB.	34 15						1X0.04		1X0.1		1X0.1		1X0.1		1X0.16		1X0.16																						

gezeichnet

Gloss

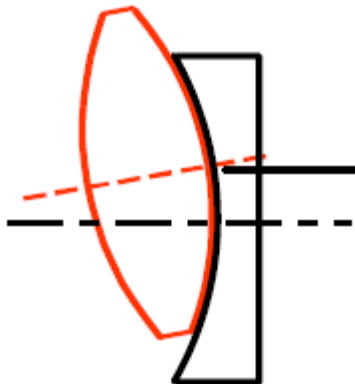
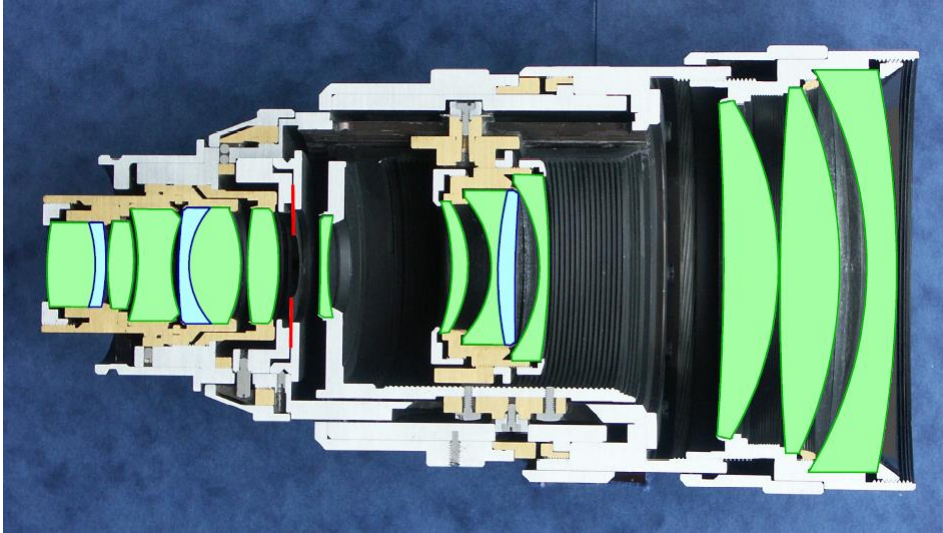
Toleranzen

1. Oberflächenqualität :
Kratzer, Flecken, Sauberkeit, Rauigkeit
2. Oberflächengenauigkeit :
Radius, Passetoleranz, Formgenauigkeit, Runder und astigmatischer Anteil, Asphärizität
Asphärenform, Tangentensteigungsfehler, Welligkeit
3. Dicken :
Glasdickentoleranz, Toleranz Lufträume
4. Brechzahltoleranz :
n-Stufe, Grundwert, Homogenität, Doppelbrechung
5. Abbezahltoleranz :
v-Stufe
6. Materialhomogenität :
Blaseneinschlüsse
7. Zentrierung :
Keilwinkel von Platten und Linsen, Einbaulage von Komponenten im System, Prismenwinkel
8. Baugrößen :
Durchmesser von Linsen, Kantenlängen von Prismen

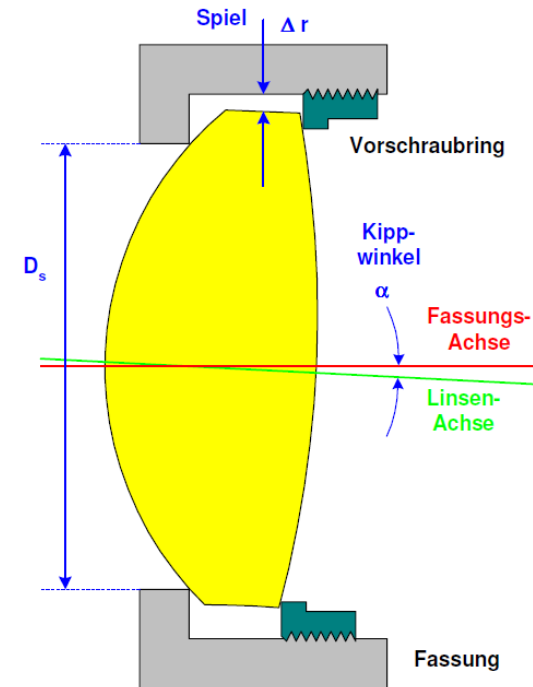


⇔ Optik - Toleranzen

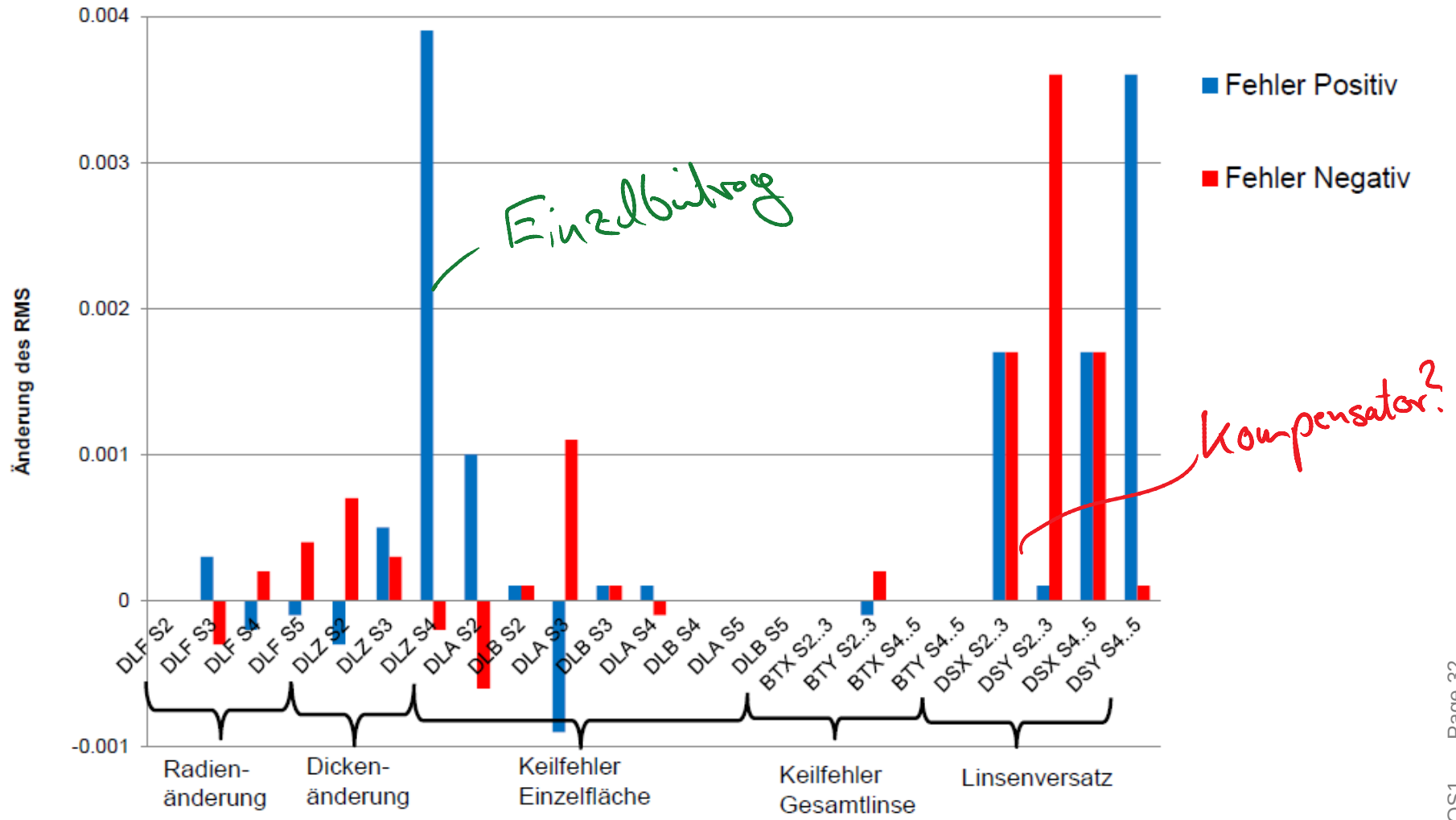
Fassung und Fassungs-Toleranzen



Mechanik -
Toleranzen

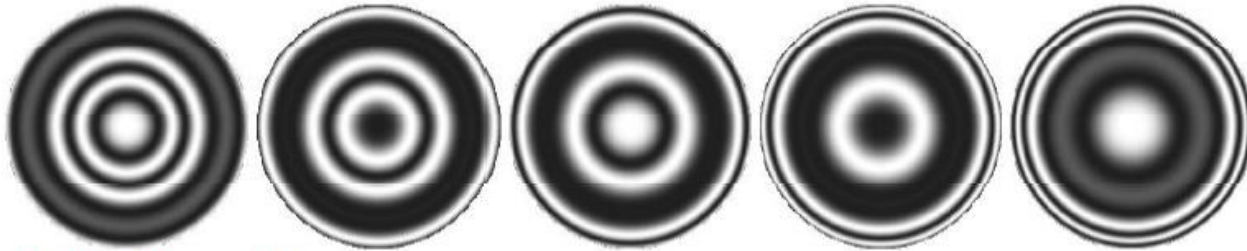


Fehler-Budget

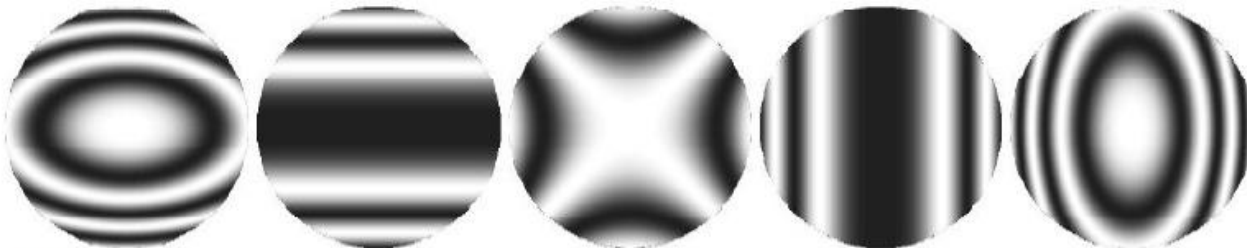


Interferometrische Prüfung

Sphärische Aberration 1λ



Astigmatismus 1λ



Koma 1λ



-1

-0.5

0

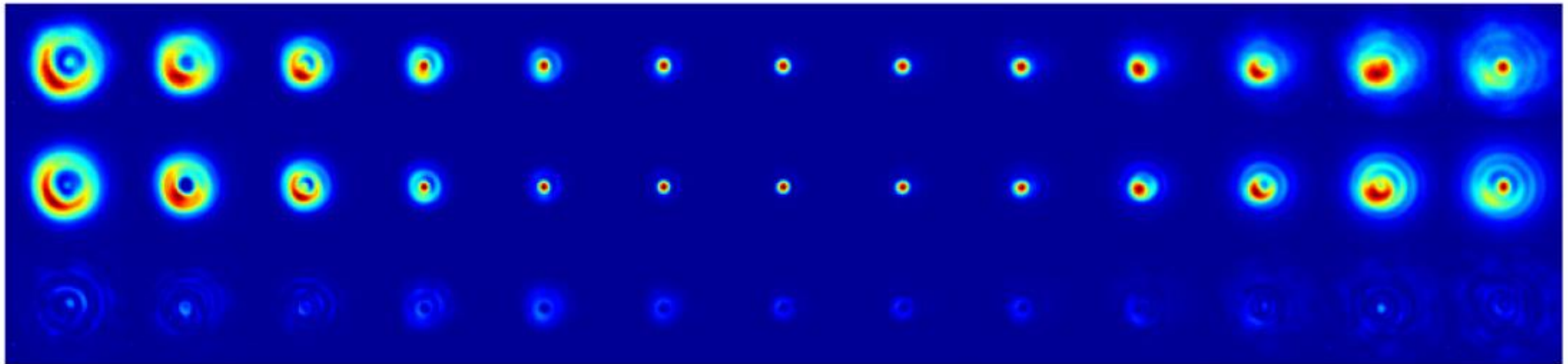
+0.5

+1

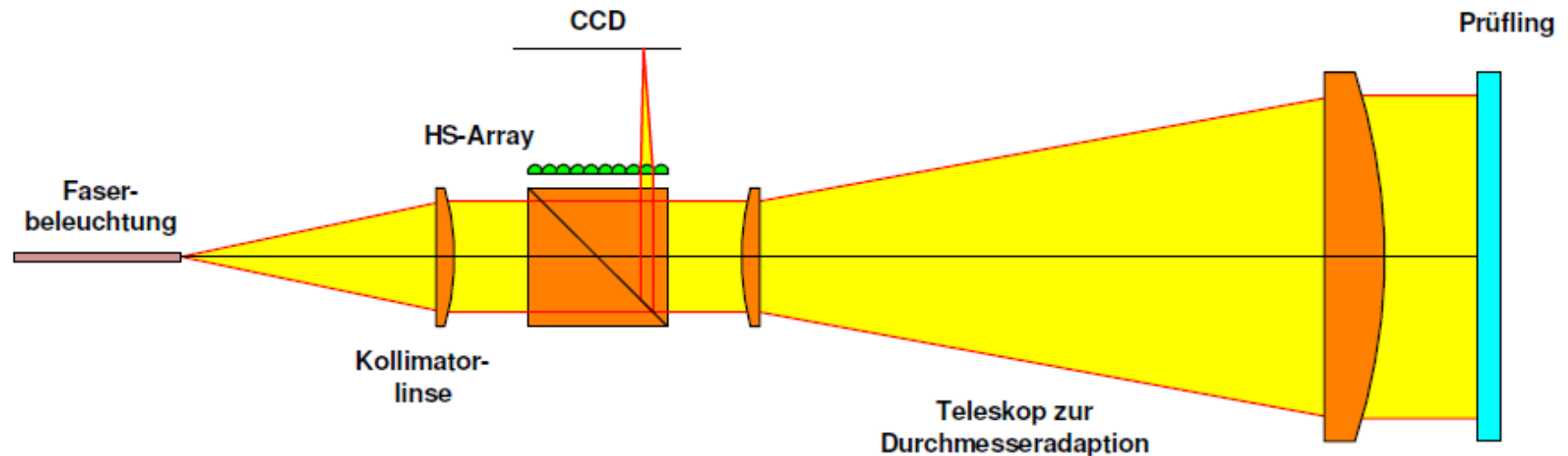
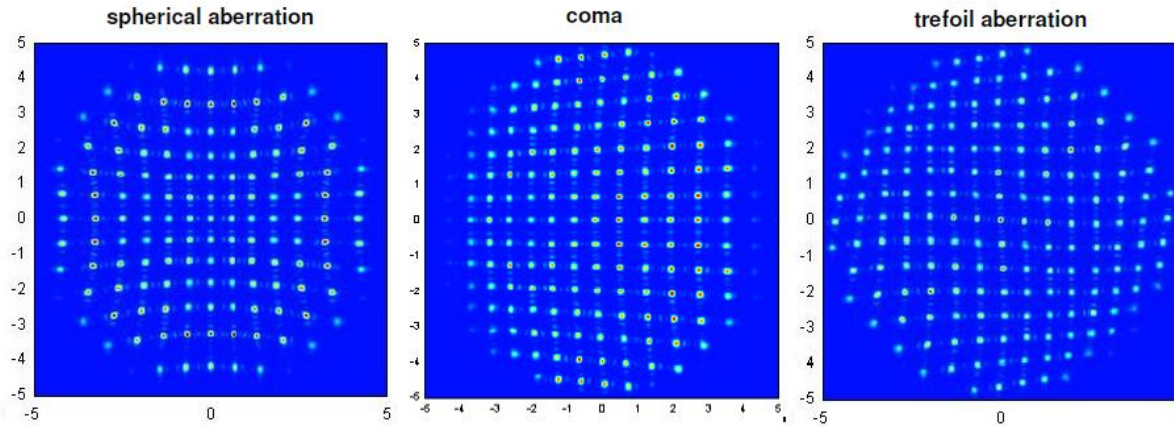
Defokussierung in λ

Punktbild

= Abbildung eines kleinen Lichtflecks



Hartmann-Schack-Wellenfrontsensor



Beim Bild ist das System nicht zu Ende!



Bildverarbeitung:

Rekonstruktion:

- Verzeichnungskorrektur
- Bildschärfe

Erhöhung der Funktionalität

- Extended Depth of focus
- Computational imaging



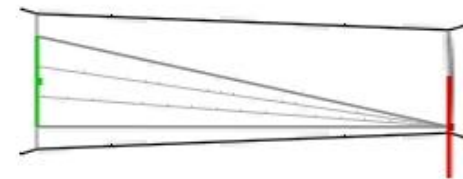
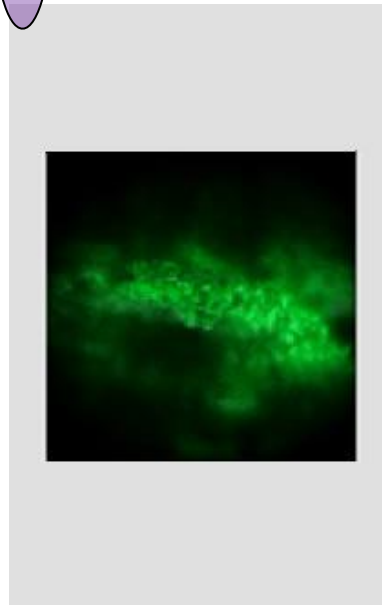
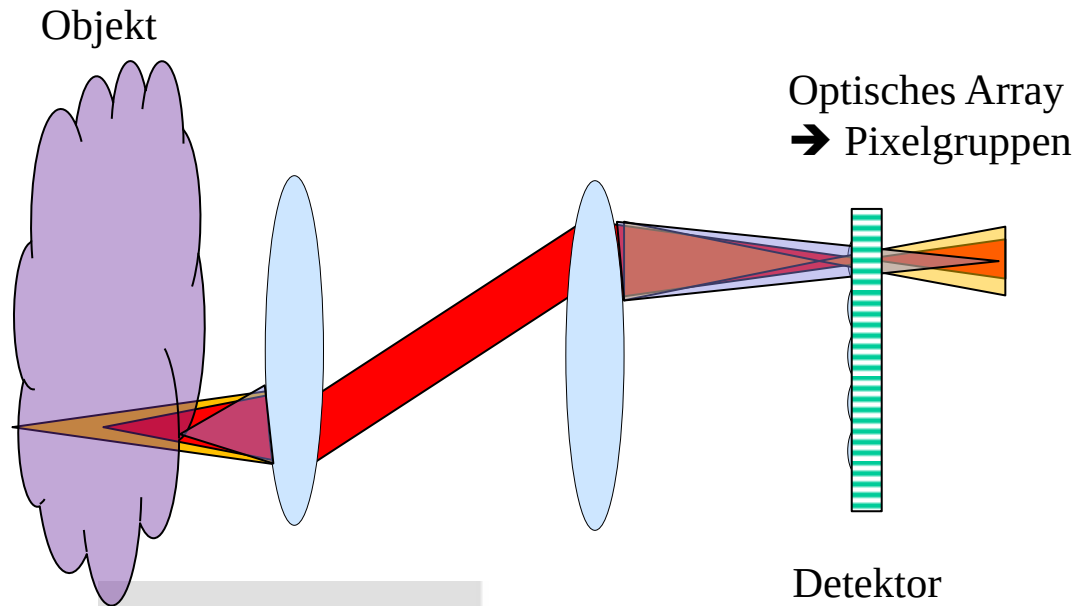
www.fotointern.ch

Digitale („computational“) Methoden



pictures from: M. Levoy – Stanford
<http://graphics.stanford.edu/projects>

- ➔ Pixel-Auswahl
- ➔ Digitaler Fokus
- ➔ Digitale Perspektive
- ➔ **Computational Imaging**



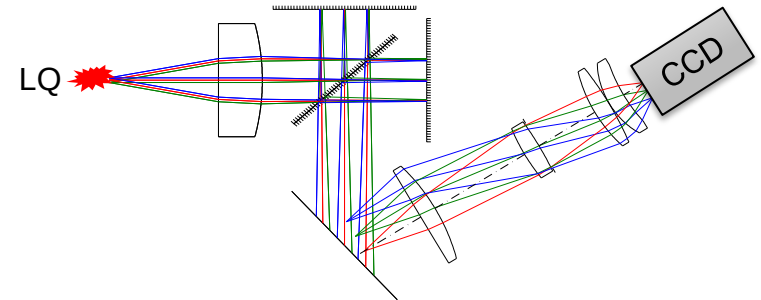
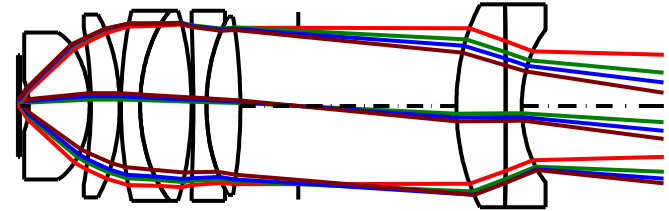
pictures from: M. Levoy – Stanford
<http://graphics.stanford.edu/projects>

Jedes Optiksystem ist anders



Beispiele:

- Abbildungssystem
- Beleuchtungssystem
- Spektralsystem
- Vis-System / Infrarot-System
- Sensor-System
- Mess-System
- Hilfssystem (Autofokus)



Welche Fähigkeiten/Kenntnisse braucht ein Optik-Entwickler?

Keine festen Formeln

Keine Standard-Abläufe

....aber

Methoden und Know-How

➔ Ziel dieser Veranstaltung