

7. Kaufkomponenten

7.1 Linsenherstellung

7.2 Toleranzen, Spezifikationen

7.3 Arten von Linsen: Sphären, Asphären, Diffraktiv

7.4 Material & Beschichtung

TECHSPEC[®] Plano-Convex Lens 1.0mm Dia. x 1.0mm FL, MgF2 Coating



Artikelnr. #65-258 Lagernd: ✓

[Legende](#)

€70.78

1 - 5 für €70.78

6 - 25 für €56.62

26 oder mehr [Angebotsanfrage](#)

Menge

[IN DEN WARENKORB](#)

[ANGEBOTSANFRAGE](#)

[← gesamte Produktfamilie](#) | [Live-Chat](#) | [Zur Wunschliste hinzufügen](#)



Technische Informationen zum Download

[Hilfe zum Download](#)

Kurve IGES PDF Zeichnung STEP Zemax



[IGES](#)

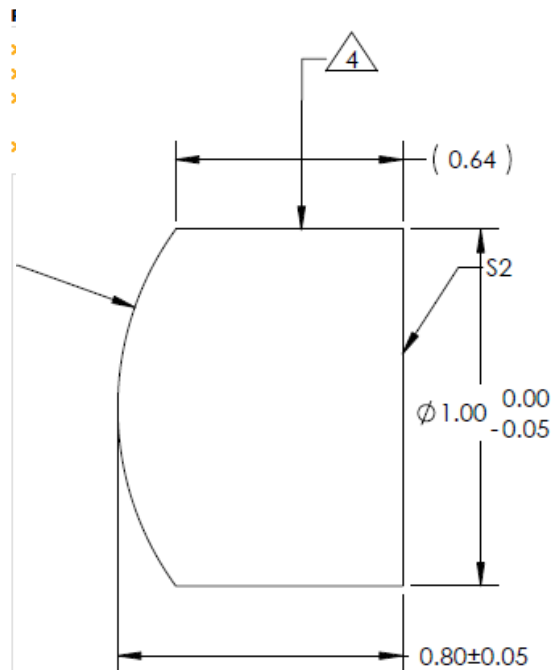


[STEP](#)



Spezifikationen

Durchmesser (mm)	1.0
Toleranz Durchmesser (mm)	+0.0/-0.05
freie Apertur CA (mm)	0.5
Brennweite EFL (mm)	1.0
hintere Brennweite BFL (mm)	0.57
Toleranz Brennweite (%)	±1
Radius R ₁ (mm)	0.85
Randdicke ET (mm)	0.64



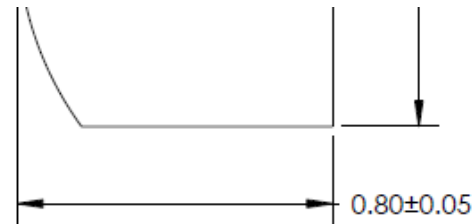
	S1	S2			
SHAPE	CONVEX	PLANO	EFL (AT 587.6nm)	1.00	
RADIUS	0.85	INFINITY			
SURFACE QUALITY	20-10	20-10	BFL (AT 587.6nm)	0.57	
CLEAR APERTURE	≥0.9	≥0.9	ALL DIMS IN	mm	
BEVEL MAX FACE	NONE	NONE			
					TITLE
					LENS PCX 1mm DIA X 1mm FL MgF2
					DWG NO
					PRNT_65258

Entscheidend für die Kosten und Verfügbarkeit von Kauflinsen (off-the-shelf Linsen) sind folgende Kriterien:

Linsen-**Form**

e.g. Plano-Convex Lens 1.0mm Dia.

Linsen-**Toleranzen**
und **Geometrie**

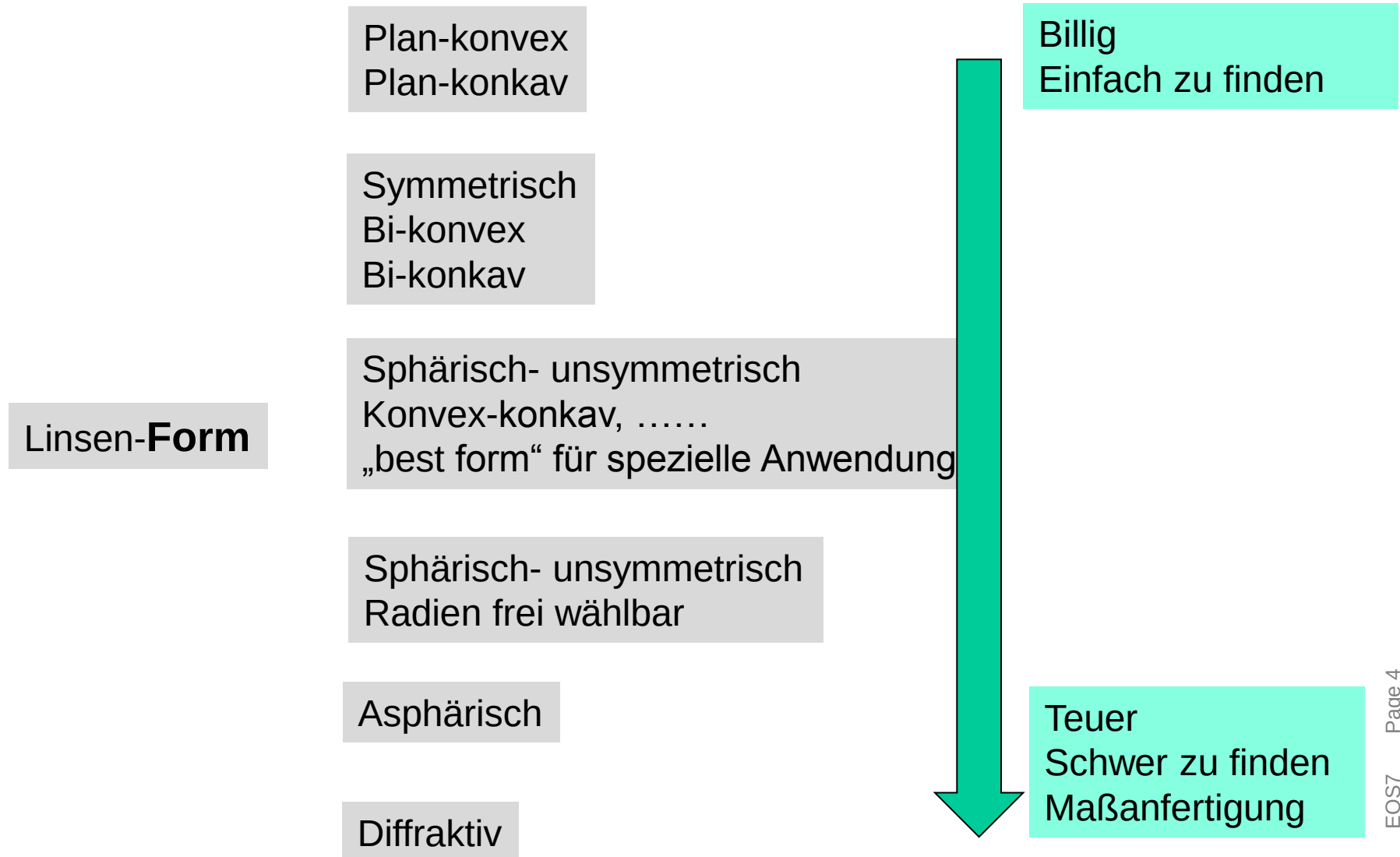


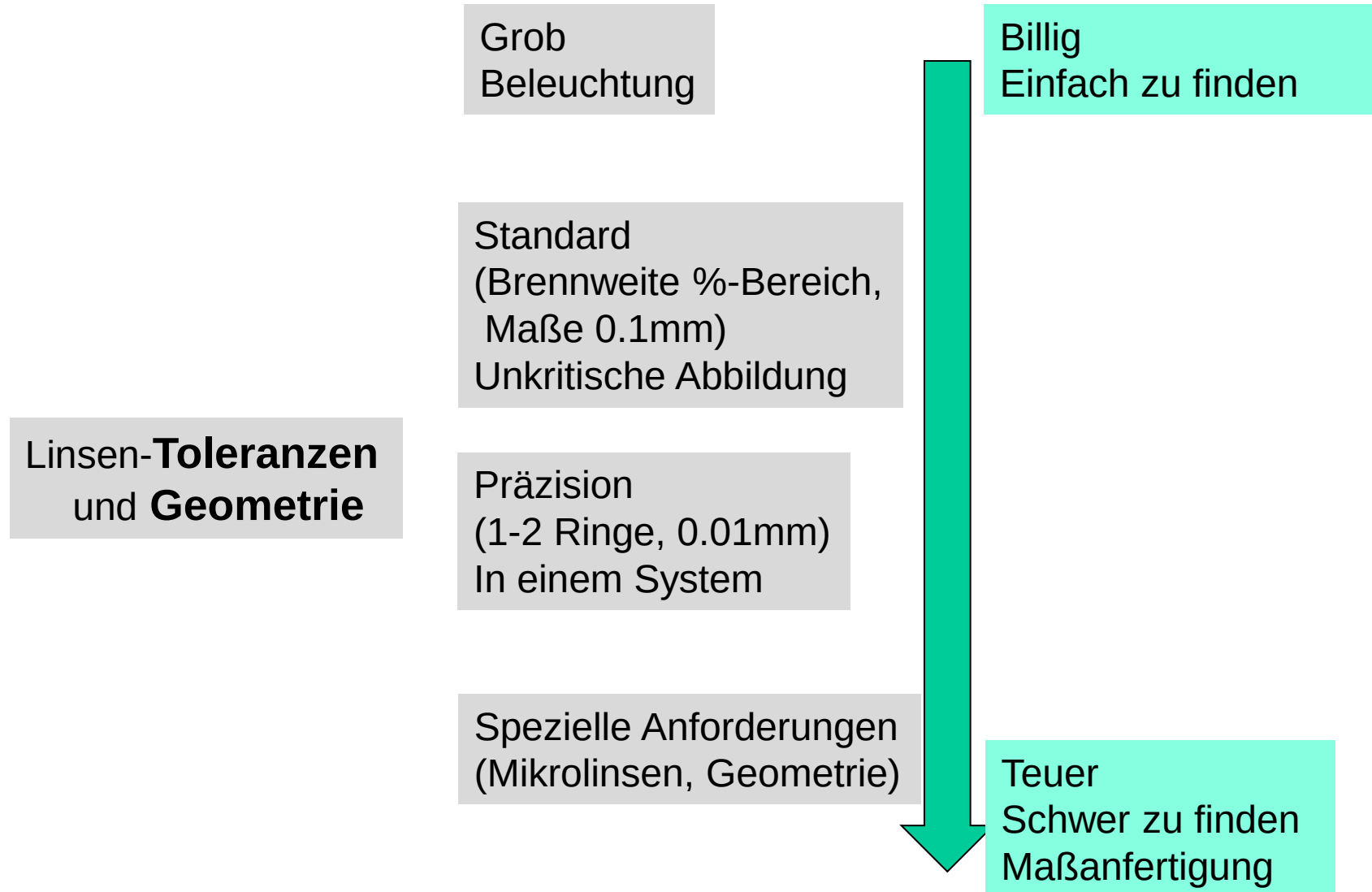
Linsen-**Material**

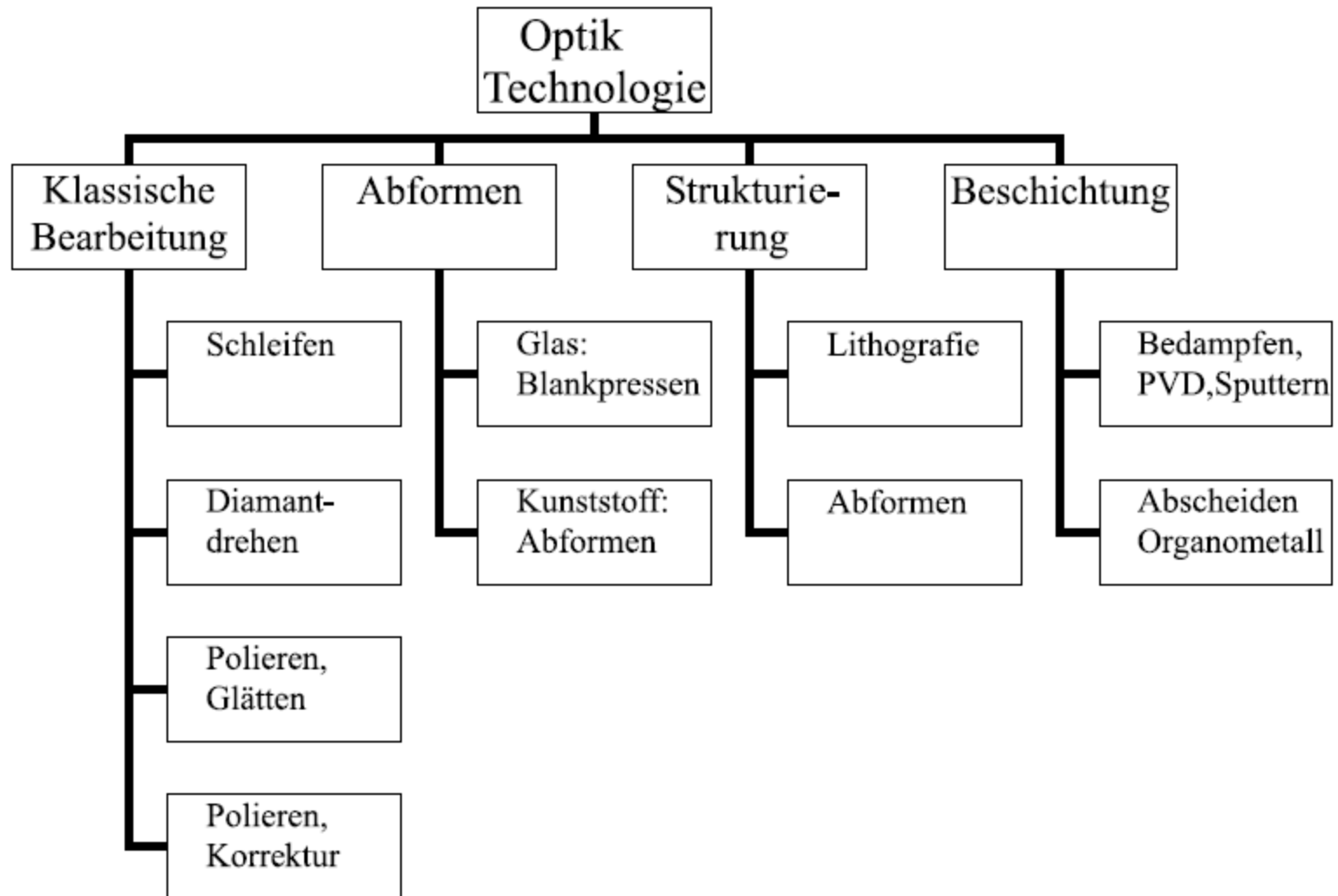
Substrat: N-LaSF9

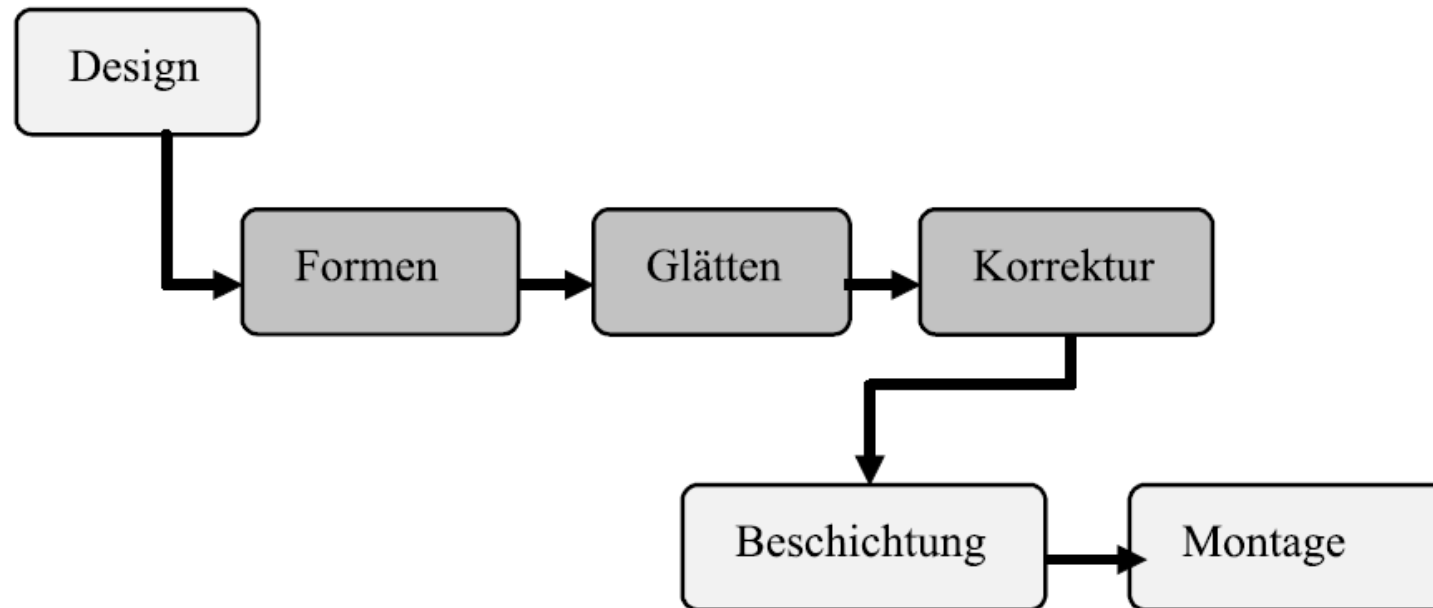
Linsen-**Beschichtung**

Beschichtung MgF_2 : $\frac{1}{4}\lambda$ @ 550nm, $R_{\text{avg}} \leq 1.75\%$ @ 400 - 700nm







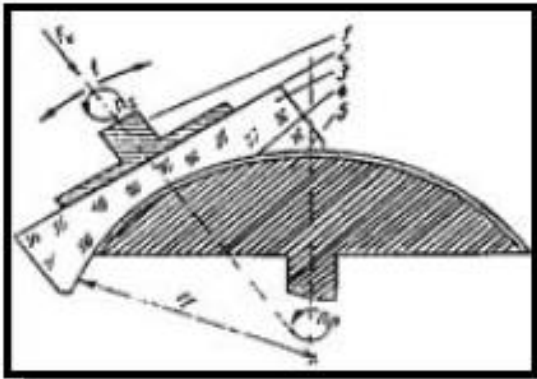


Bearbeitungsschritte Klassische Optikherstellung



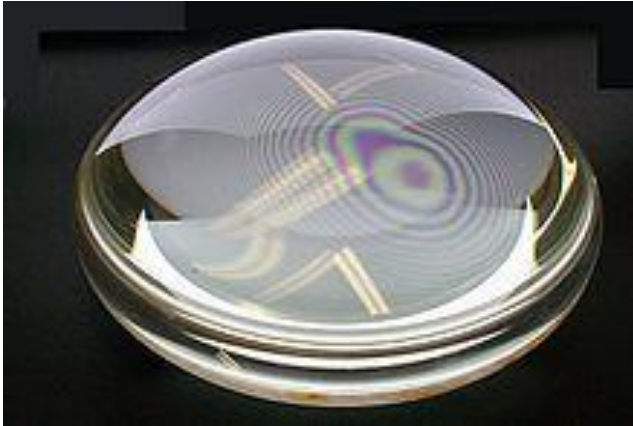
	Formen	Glätten	Korrektur
Prinzip			
Ziel des Schrittes	Erzeugung Komponentenform	Beseitigung Tiefenschäden Verkleinern Rauhigkeit	Erreichen Formgenauigkeit über lokal unterschiedlichen Abtrag
Materialabtrag	mehrere Millimeter	mehrere Mikrometer	mehrere Nanometer
Formgenauigkeit	1 μm bis 100 μm	1 μm bis 10 μm	1 nm
Einzeltechnologien	Sägen, Trennen, Diamantdrehen	Feinstschleifen Polieren	Computergesteuerte Politur, magneto- rheologisches Polieren

Konventionelle Formen: Kugelflächen



dd-optik.de

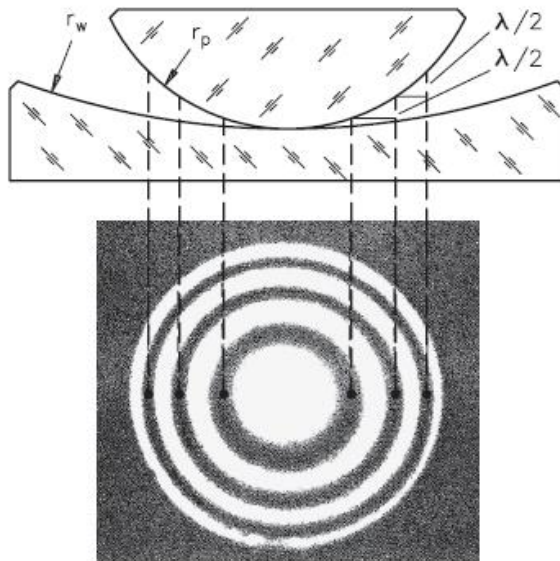




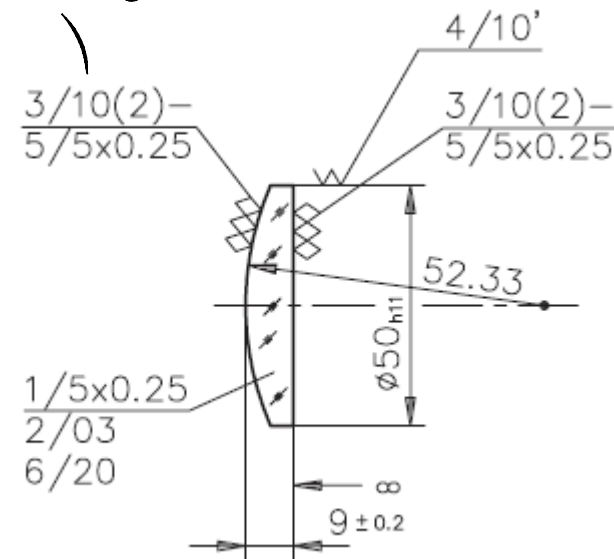
Typische Linsenzeichnung
mit Toleranzen:

Kennzahl 3 beschränkt die zulässige Formabweichung von den optisch wirksamen Oberflächen.

$$10 \text{ Ringe} = 10 \times \frac{\lambda}{2} \approx 2,5 \mu\text{m (Rond)}$$



Passeprüfung mit dem Probeglas



Pfeilhöhe bei sphärischen Linsen



Kreis / Kugel:

$$h^2 + z^2 = R^2$$

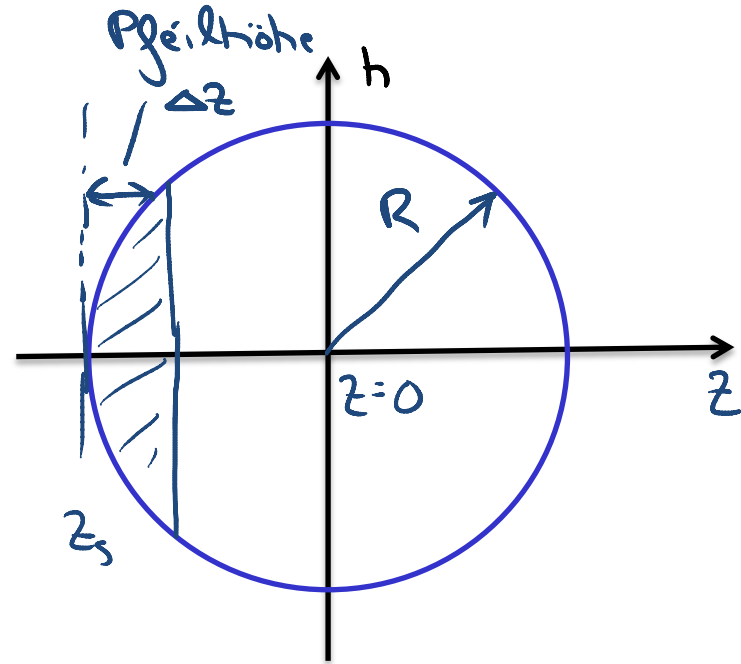
$$z = \pm \sqrt{R^2 - h^2}$$

$$\Delta z = (z_s - z)$$

$$= R - \sqrt{R^2 - h^2}$$

$$= \frac{(R - \sqrt{R^2 - h^2})(R + \sqrt{R^2 - h^2})}{R + \sqrt{R^2 - h^2}}$$

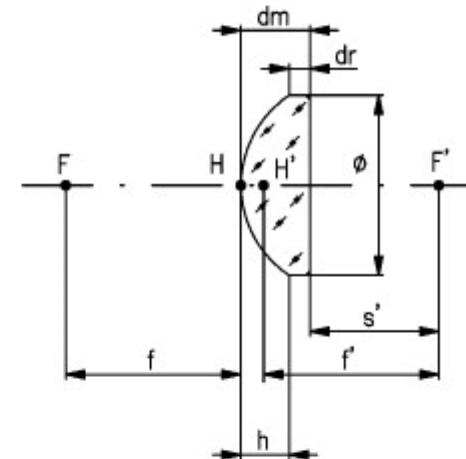
$$= \frac{h^2/R}{1 + \sqrt{1 - h^2/R^2}}$$



$$z = \frac{\frac{h^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - \frac{h^2}{R^2}}} \approx \frac{h^2}{2R}$$



- Alle relevanten Konstruktionsdaten wie Materialien, Radien und Mittendicken unserer Plankonvexlinsen finden Sie in der Datenbank der LINOS Software WinLens  siehe www.winlens.de.
- Unbeschichtet
- Toleranzen: Brennweite f : $\pm 2\%$, Bildentfernung s' : $\pm 2\%$
- Unsere Linsen sind auch mit folgenden Beschichtungen erhältlich:
 - VIS Bereich (ARB2: $R < 0,5\%$ pro Fläche, $AOI=0^\circ$, $\lambda=450-700\text{ nm}$).
 - NIR Bereich (ARB2: $R < 0,5\%$ pro Fläche, $AOI=0^\circ$, $\lambda=725-1050\text{ nm}$).
 - Nd:YAG Schwerpunkt (ARHS: $R < 0,2\%$ pro Fläche, $AOI=0^\circ$, Zentralwellenlänge 1064 nm)



f : Brennweite (objektseitig)
 f' : Brennweite (bildseitig)
 s' : Brennpunktschnittweite (bildseitig)
 $\varnothing$: Linsendurchmesser
 dm : Mittendicke
 dr : Randdicke
 h : Pfeilhöhe der Vorderfläche ($h=dm-dr$)
 F, F' : Brennpunkte
 H, H' : Hauptpunkte

Toleranzen:
 Brennweite f : $\pm 2\%$,
 Schnittweite s' : $\pm 2\%$

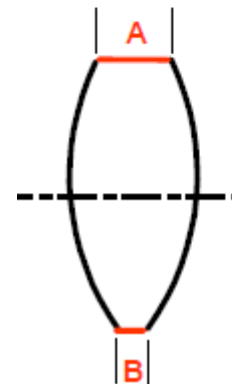
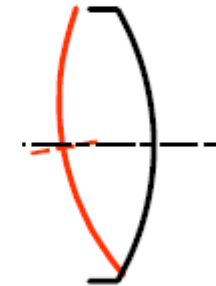
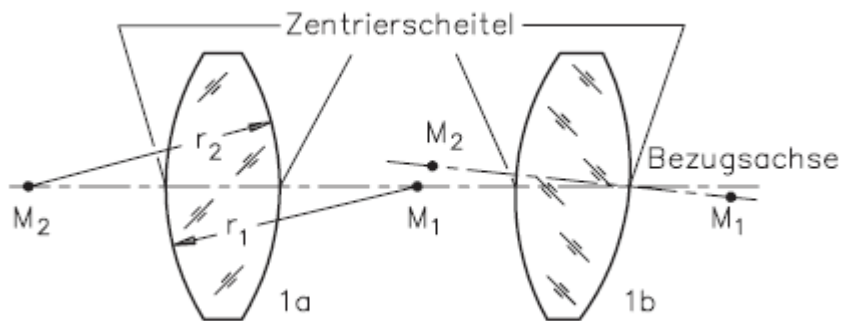
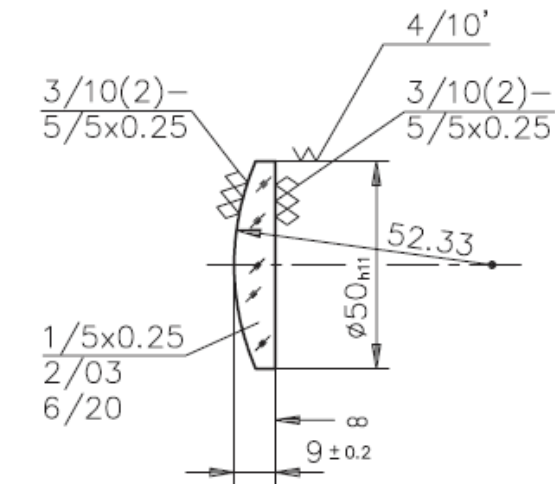
Standardlinse - Toleranzen



Toleranzen: Brennweite f' : $\pm 2 \%$, Bildentfernung s' : $\pm 2 \%$

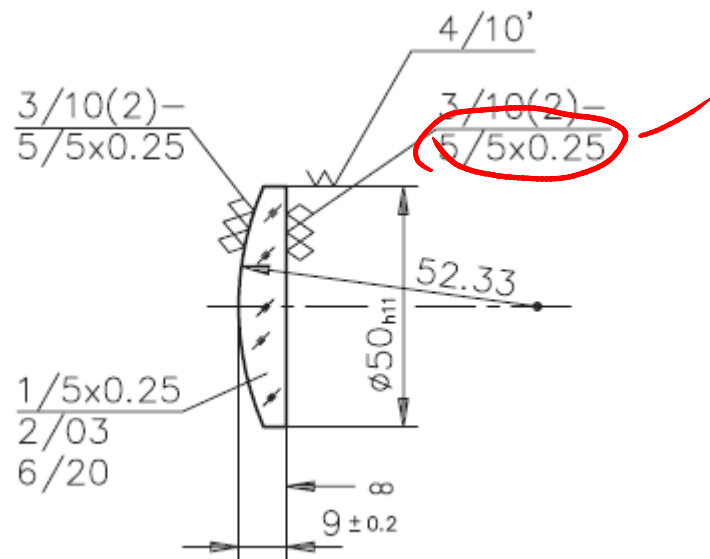
Artikel-Nr.	Brennweite (mm)	Optik-Ø (mm)	Material	Zentriergenauigkeit	Sauberkeit nach ISO 10110	dm (mm)	dm Toleranz (mm)	dr (mm)	Ø Toleranz (mm)	$s'_{588 \text{ nm}}$ (mm)	$f'_{546 \text{ nm}}$ (mm)
G312003000	2.5	3	N-LaSF9	6'	3x0.063	1	± 0.02	0.38	-0.02	1.96	2.48
G312004000	3	3	N-BK7	6'	3x0.063	1.5	± 0.02	0.34	-0.02	2.01	2.99
G312006000	4	4	N-BK7	6'	3x0.063	2	± 0.02	0.45	-0.03	2.68	3.99
G312007000	5	5	N-BK7	6'	3x0.1	2.5	± 0.02	0.57	-0.03	3.35	4.98
G312000000	1	1.5	N-LaSF9	9'	3x0.063	0.8	± 0.02	0.35	-0.02	0.57	0.99

Kennzahl 4 beschreibt den Zentrierfehler.



Kennzahl 5 gibt die Toleranzen für Oberflächenfehler an.

Unter Oberflächenfehlern werden Kratzer, Wischer und Löcher verstanden, die nach Anzahl und Größe klassifiziert werden. Je kleiner die Werte sind, desto sauberer ist die Oberfläche.



5 Unsauberkeit
(Flecken, Kratzer, etc.)

$0.25 \hat{=}$ Konturlänge
einer
quadratischen
Unsauberkeit

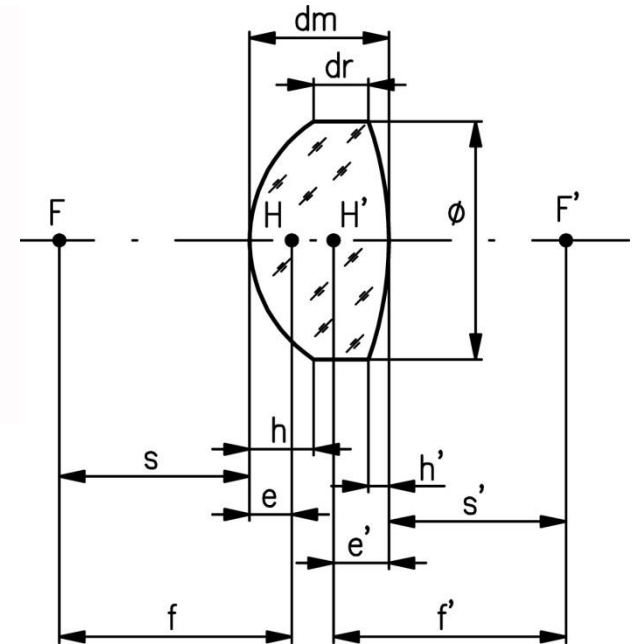
Linsen bester Form, ungefasst (Kronglas)



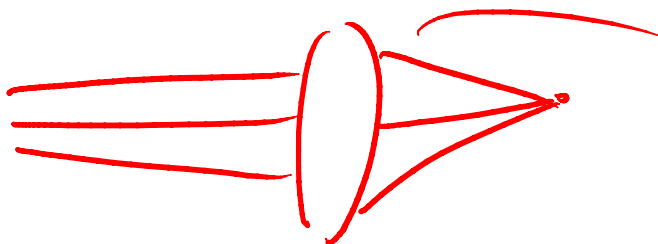
- Für unendliche Objektentfernung
- Sphärische Aberration (Öffnungsfehler) minimiert
- Linsen aus N-BK7 mit Breitband-Entspiegelung ARB2
- Breitband-Entspiegelung bei Linsen aus N-BK7 mit ARB2 für VIS ($R < 0.5\%$ für $\lambda = 450-700\text{ nm}$)
- Toleranzen: Brennweite f : $\pm 2\%$, Schnittweite s : $\pm 2\%$
- Sonderanfertigungen (andere Größen, Materialien, Beschichtungen für höhere Stückzahlen auf Anfrage. Unser Sales Team erstellt Ihnen gerne ein individuelles Angebot.



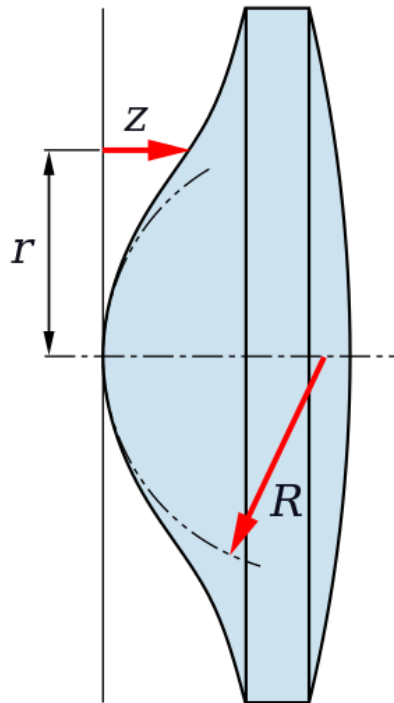
Quelle: Qioptiq



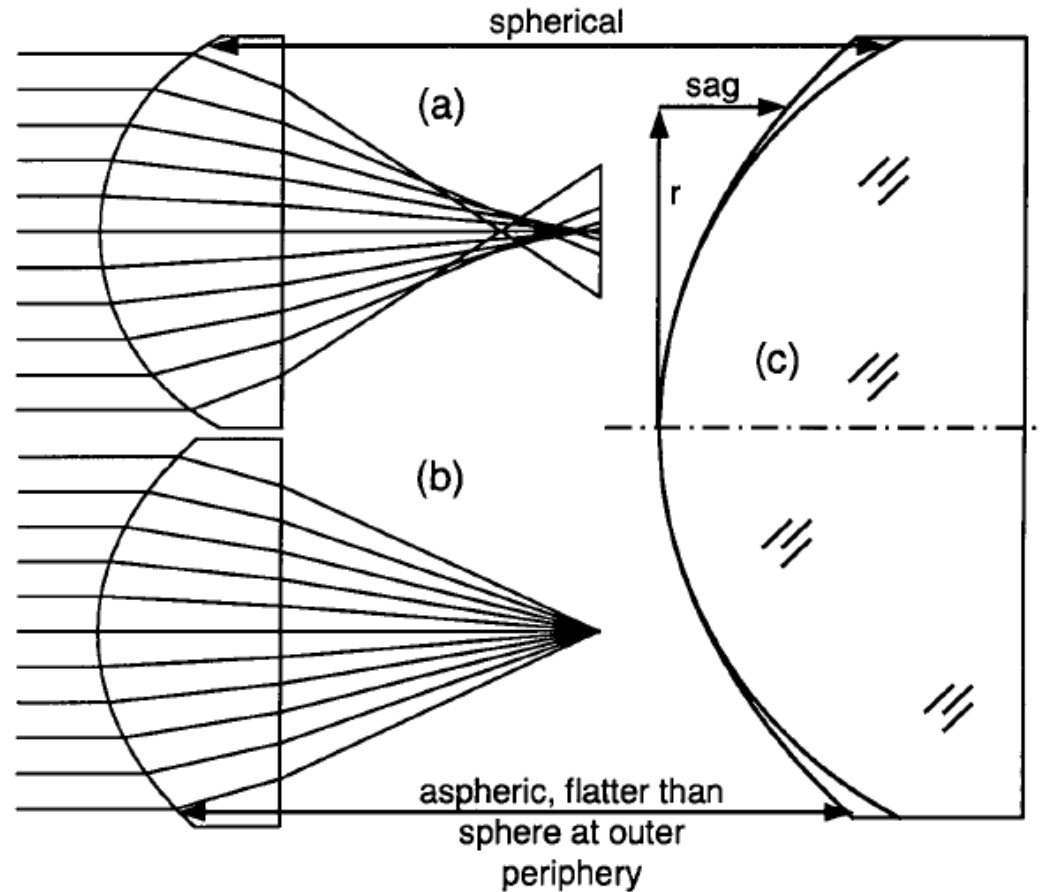
Hier ∞ - Objektentfernung



Optimierung von r_1 und r_2
 $\Rightarrow$ eindeutige Linsenform



Quelle: Wikipedia



- ➔ Exakte Abbildung auf einen Punkt möglich
- ➔ Oberfläche weicht von sphärischer Form ab

Quelle: Fischer „Optical Systems“

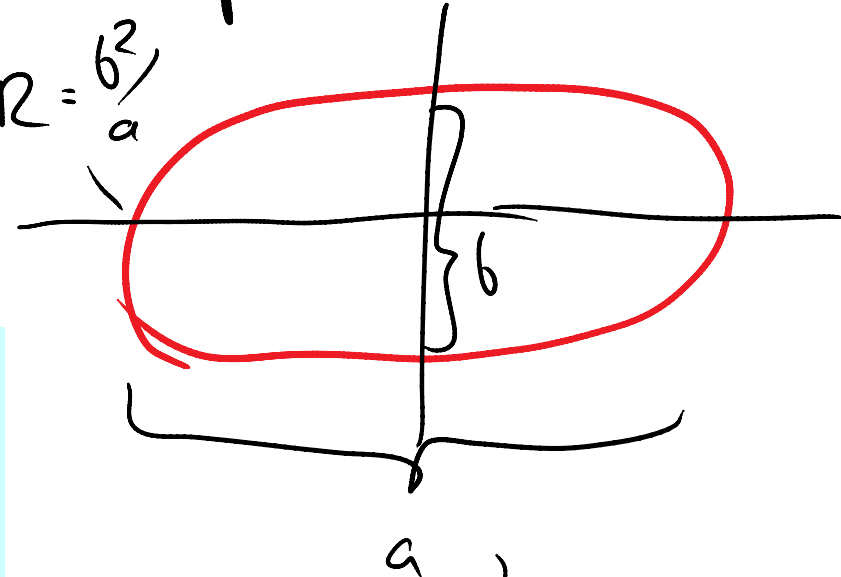
Pfeilhöhe Asphären



"Eingefachte" Asphären - Kegelschnitte (z.B. Ellipse)

$$\frac{z^2}{a^2} + \frac{h^2}{b^2} = 1$$

$$R = \frac{b^2}{a}$$

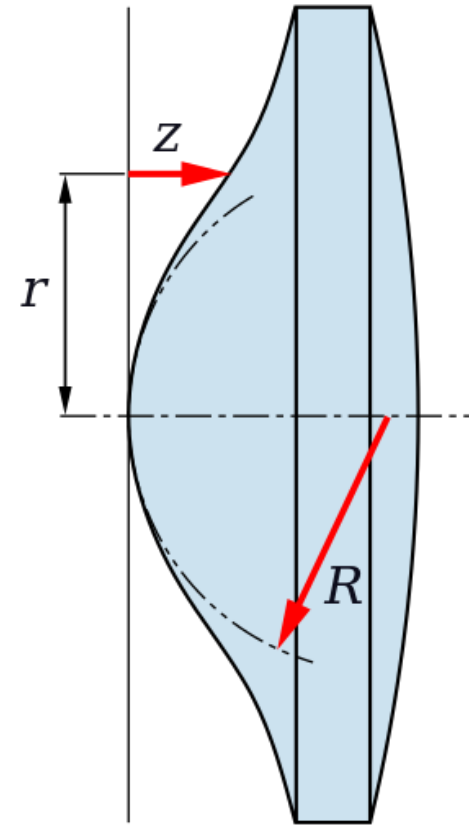
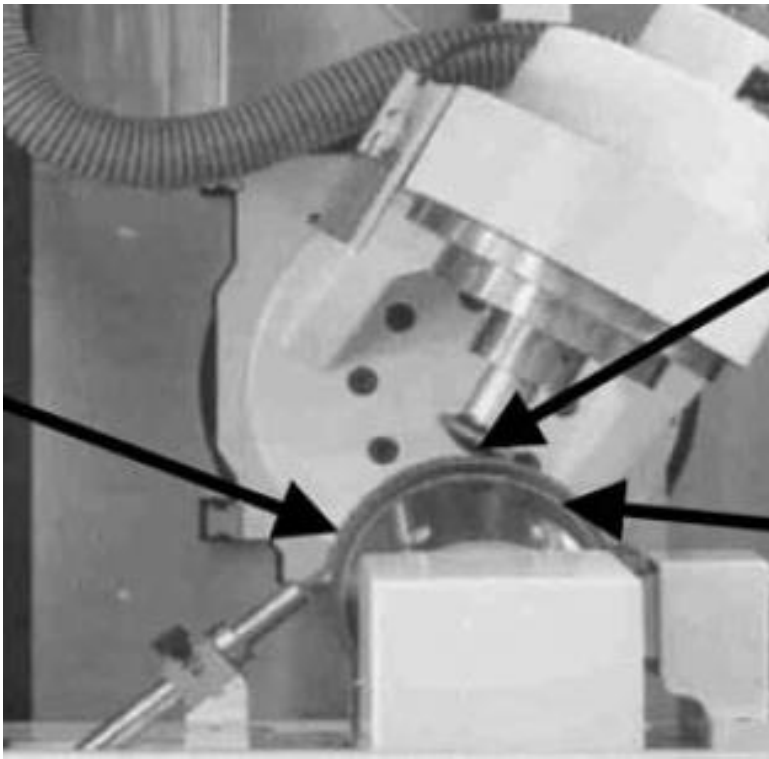


$$z = \frac{\frac{h^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1+k) \frac{h^2}{R^2}}} + A_4 \cdot h^4 + A_6 \cdot h^6 + \dots$$

$$z^2 = 1 - \frac{b^2}{a^2}$$

Conic Constant k	Surface Type
0	Sphere
$k < -1$	Hyperboloid
$k = -1$	Paraboloid
$-1 < k < 0$	Ellipsoid
$k > 0$	Oblate ellipsoid

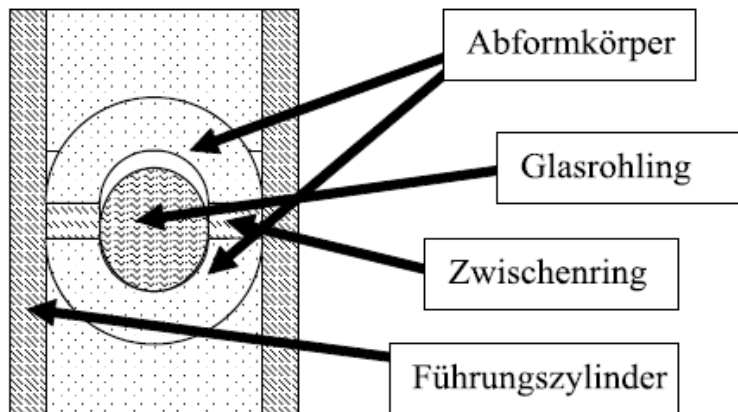
⇒ Lokale Bearbeitung



Quelle: Wikipedia

Blankpressen

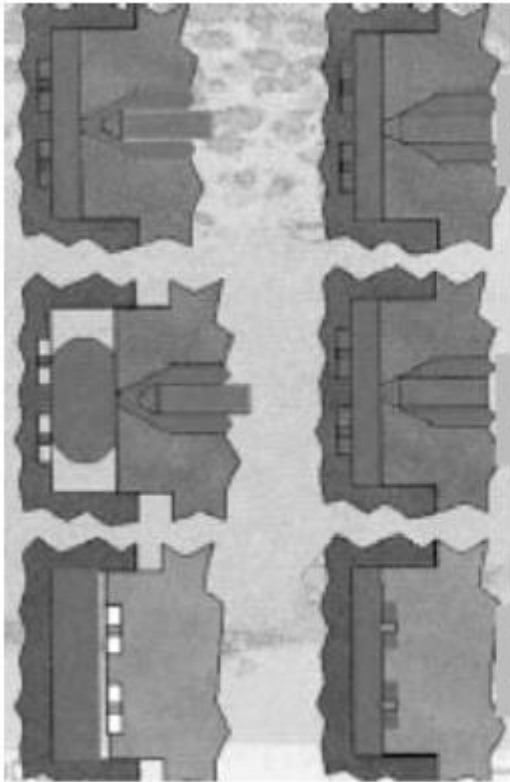
Beim Blankpressen wird ein erwärmter Glasrohling zwischen zwei Abformteilen (Master) unter *hohem Druck* zu einer Linse gepresst (Abb. 2.10).



Ekbert Hering, „Photonik“ Springer, 2006



Abb. 2.11. Herstellverfahren für blankgepresste Optik. Von links nach rechts: 1. Erwärmen des Glases im Ofen. 2. Fertige Linse nach dem Öffnen des Umformwerkzeuges. 3. Abkühlen der Linsen außerhalb des Umformwerkzeuges (Werkfoto: Docter Optics)



Spritzgießen

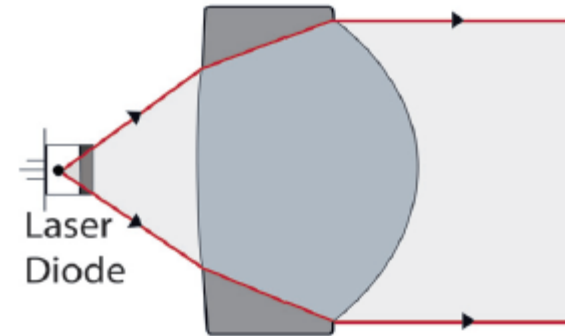
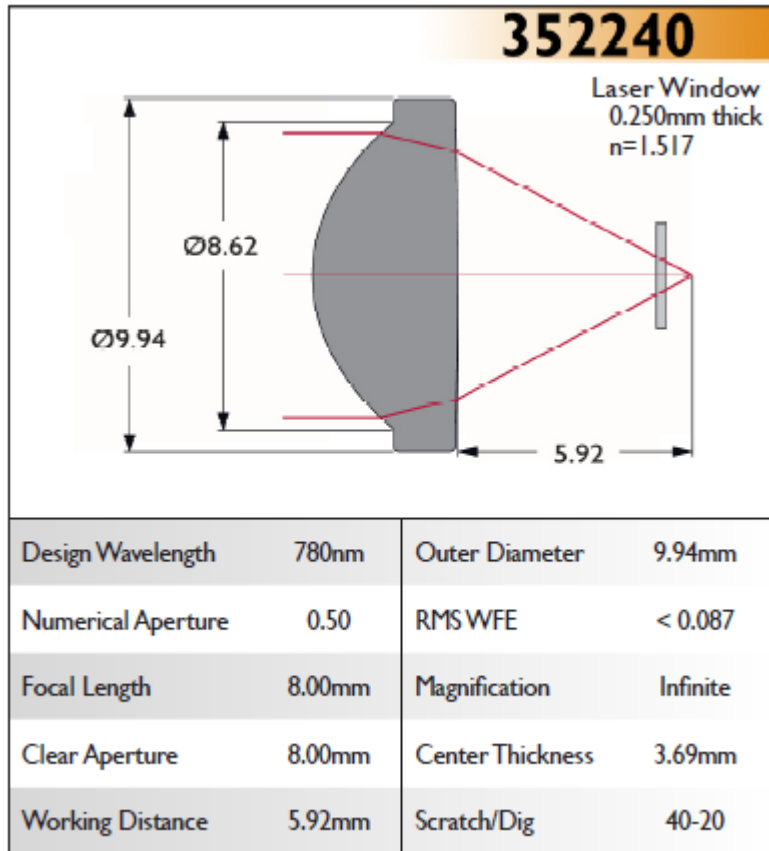
Spritzprägen

Heißprägen

LightPath[®]
TECHNOLOGIES

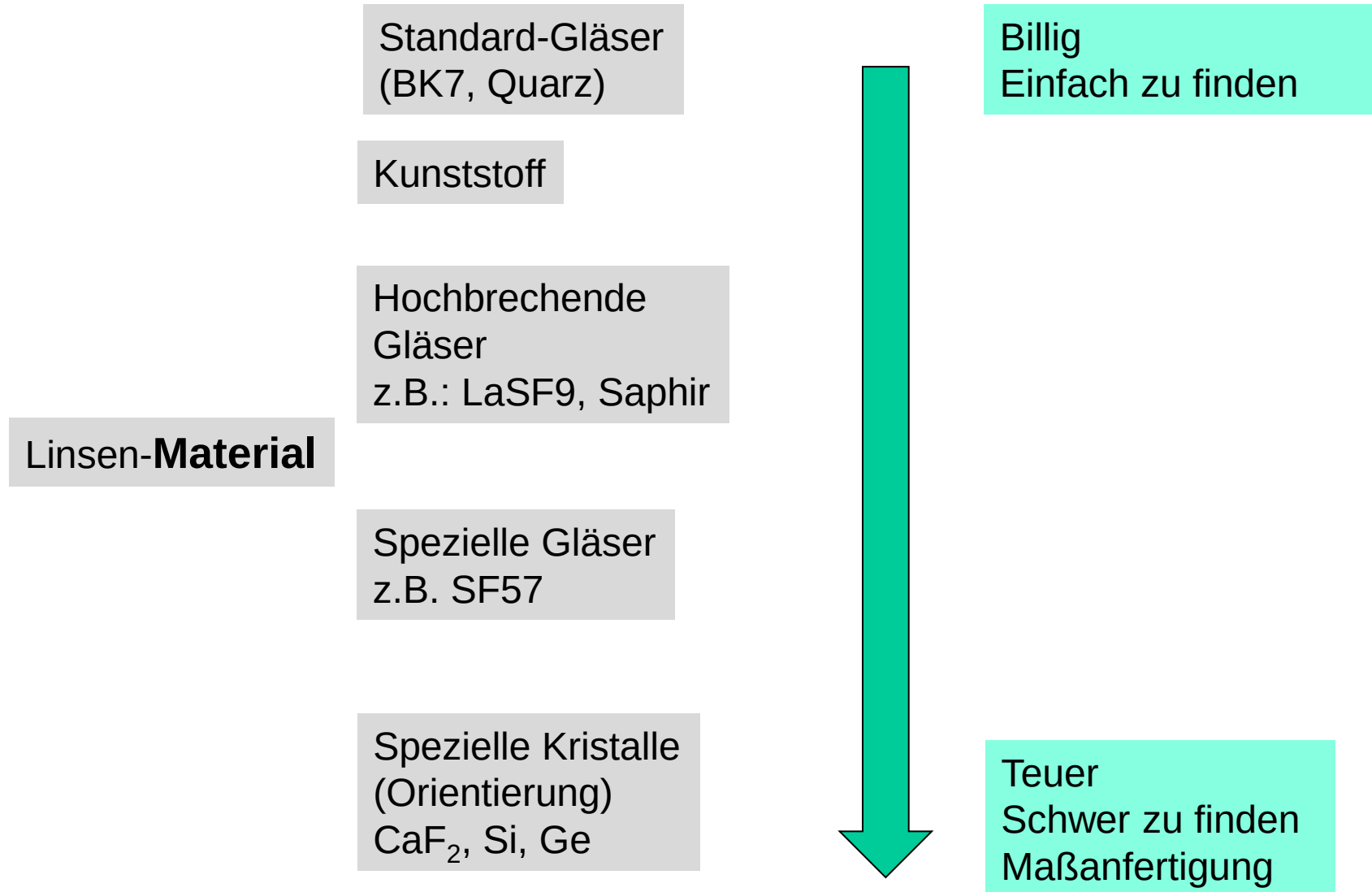


Asphären sind meist für genau ein Problem optimiert



<http://www.lightpath.com/images/productliterature/New%20Aspheres%20Brochure%202014%20web%2032414.pdf>

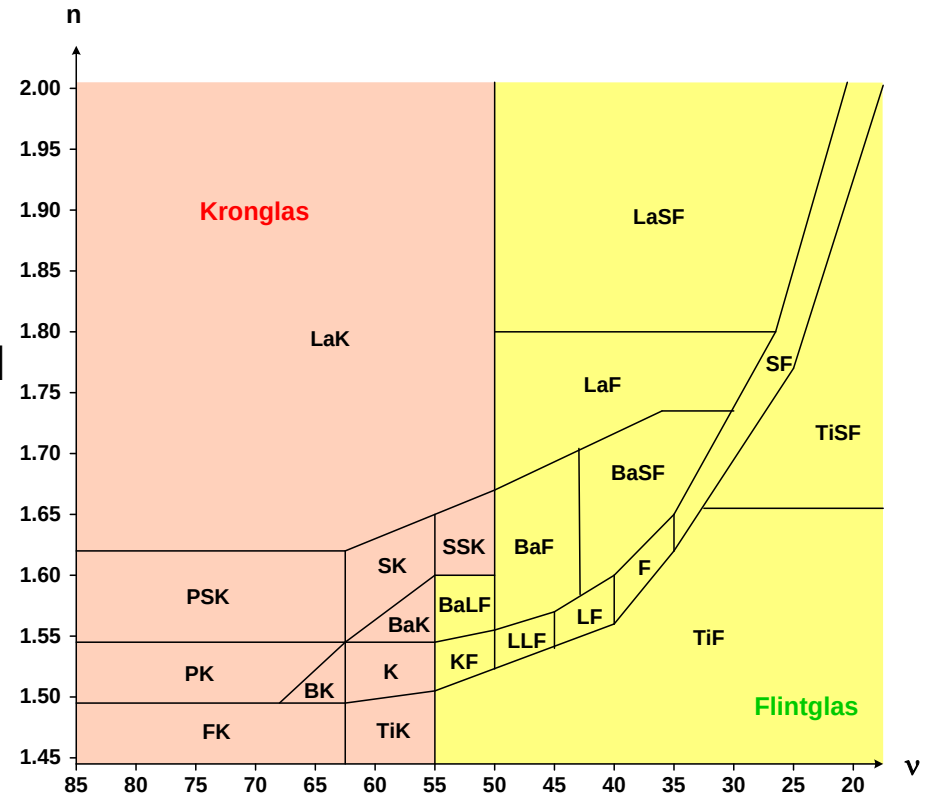
Lieferanten: Geltech (Lightpath), Asphericon





Parameter zur **Glaswahl**:

- Brechzahl und Dispersion (**Korrektion**)
- Transmission
- Temperaturabhängigkeit der Brechzahl
- Wärmeausdehnung des Glases
- Dichte (Gewicht)
- Härte, chemische Eigenschaften
- Spannungsdoppelbrechung
- Freiheit von gesundheitsgefährdenden Stoffen (z.B. Blei)
- **Preis**



Achromat:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$$

Achromasiebedingung:

$$0 = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 = \frac{\varphi_1}{v_1} + \frac{\varphi_2}{v_2}$$

Anwendungsbereiche:

- Consumer-Optik mit
- großen Stückzahlen
 - hohem Preisdruck
 - Gewichtsproblemen

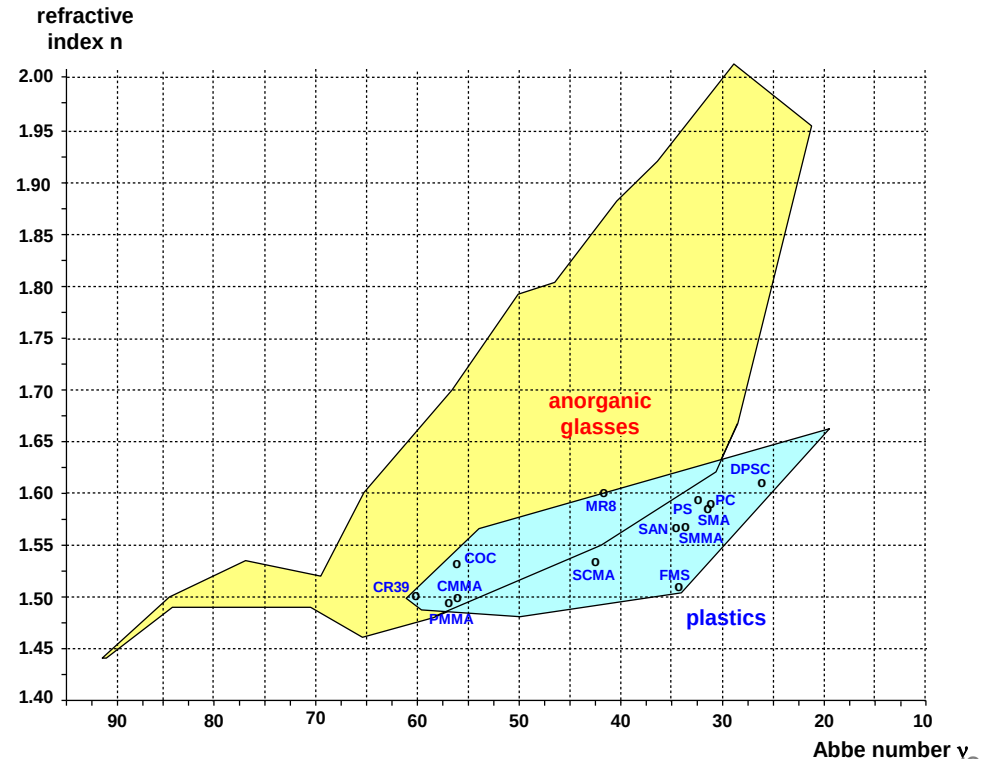
Beispiele:

- Brillengläser
- Ferngläser
- Photoobjektive
- Head-Mounted Displays
- Diodenkollimatoren (CD-Player)

Fertigungsverfahren:

- Gießen
- Pressen
- Spritzgießen
- Spritzprägen
- Schleifen / Polieren
- Diamantdrehen

Kunststoffe im $n - v$ – Diagramm:



Vorteile:

- einfache und billige Fertigung bei großen Stückzahlen
- billige Rohmaterialien
- optional Spritzgießen mit Fassung
- einfache Einhaltung von Luft- und Materialdicken
- kein Zusatzaufwand für asphärische Flächen

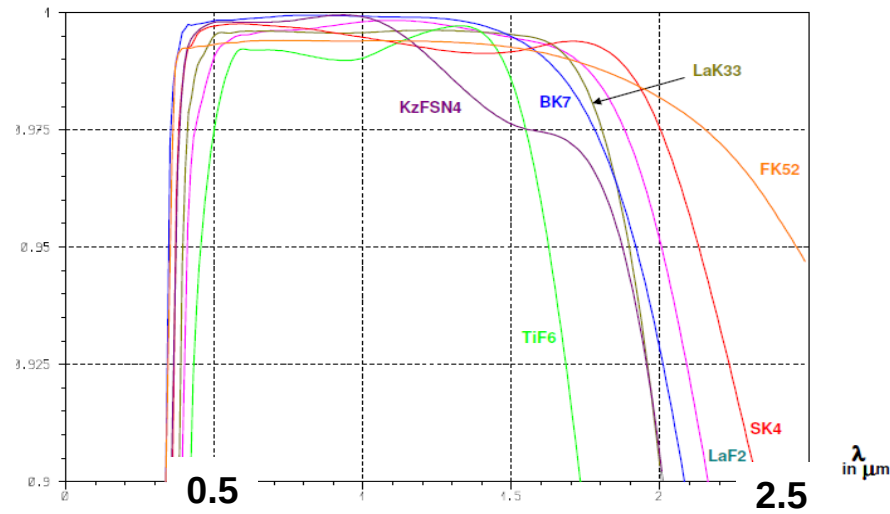
Nachteile:

- niedrige Brechzahlen
- geringe Variation der Brechzahlen
- weiche Materialien (Kratzer)
- starke thermische Ausdehnung (Faktor 10 gegenüber Glas)
- Planflächen sind schwer herstellbar
- zu teuer bei geringen Stückzahlen
- Neigung zu statischer Aufladung, Staub wird angezogen
- Beschichtung schwierig
- Kunststofflinsen können nicht verkittet werden
- Beeinflussung der Thermoplaste von der Luftfeuchtigkeit
- Alterung

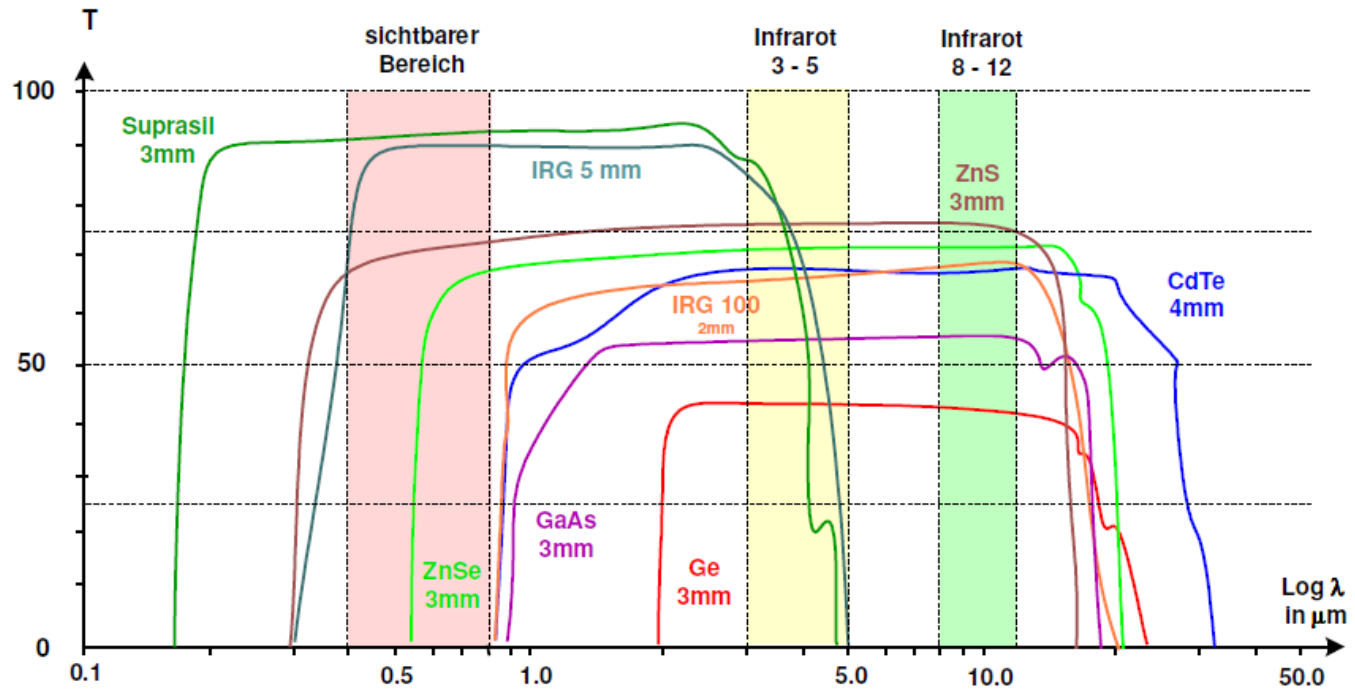
Transmission



Gläser



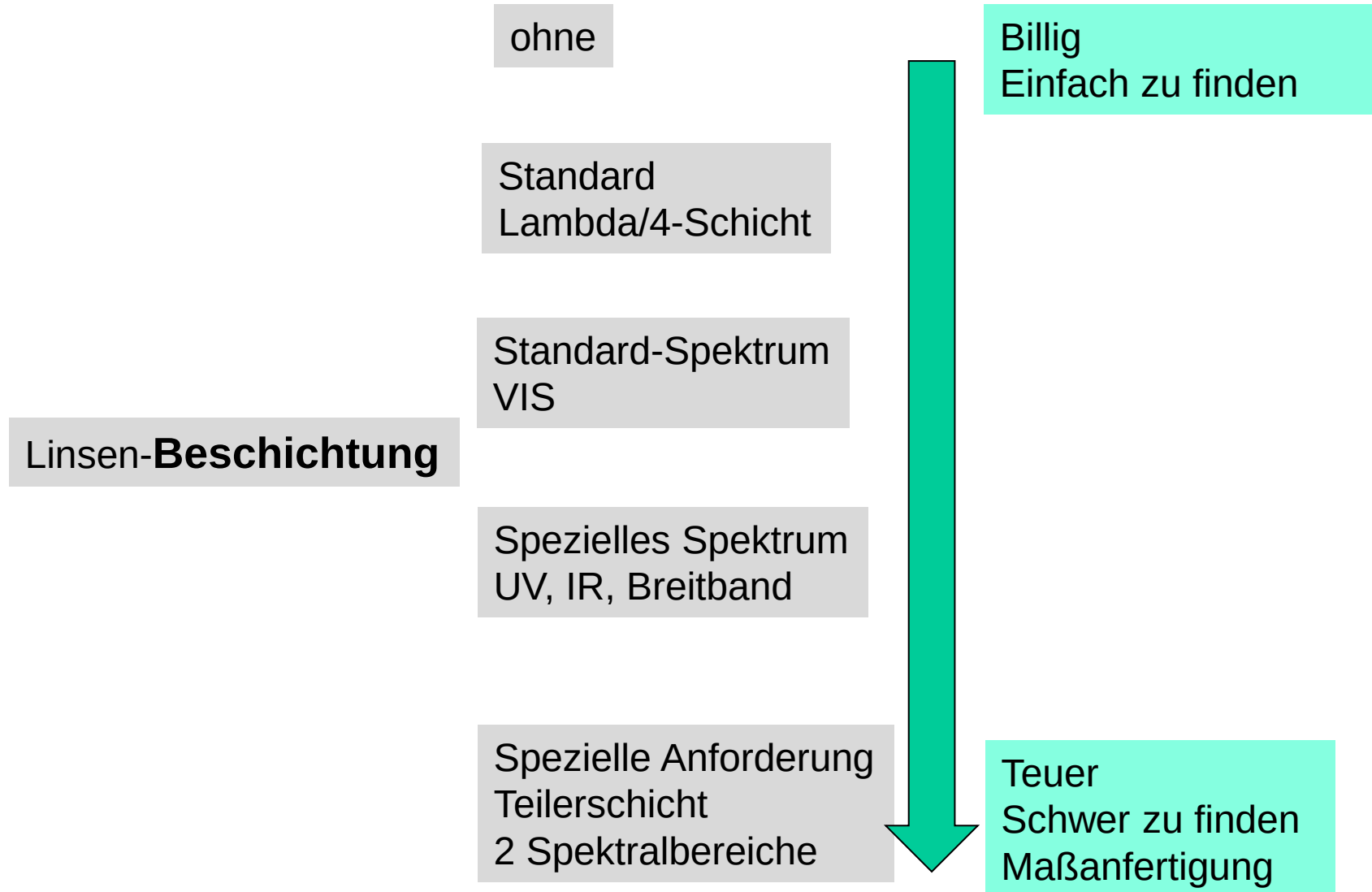
IR und UV-Materialien



Für spezielle Wellenlängenbereiche (UV, IR) sind spezielle Materialien notwendig:

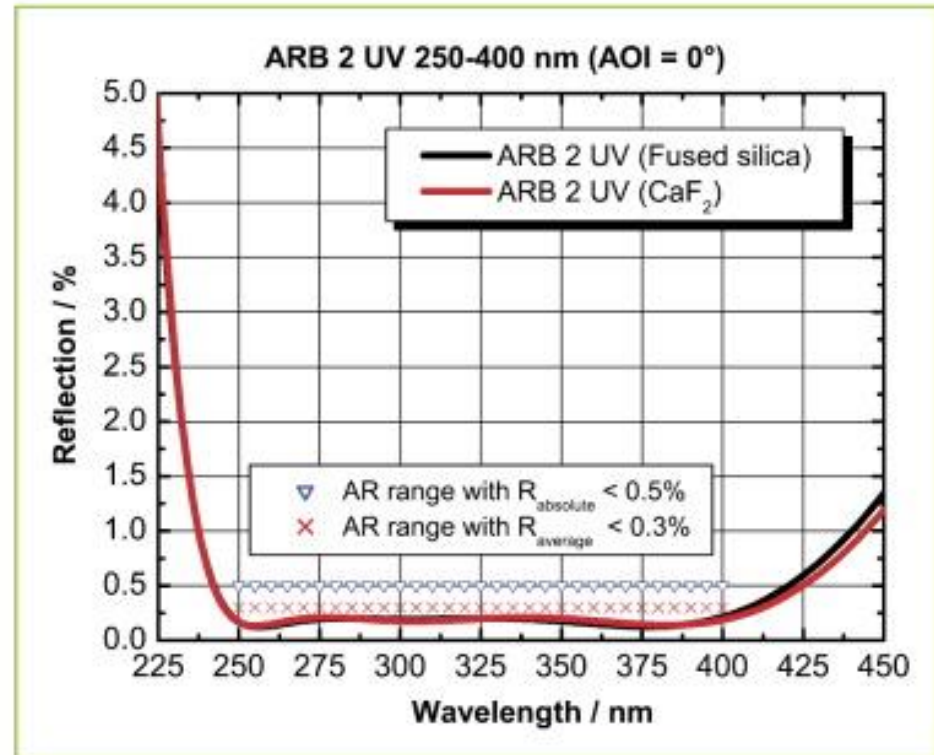
Material	Brechzahl	λ -Bereich (μm)	UV	IR	ν
MgF ₂	1.389	0.12 - 9.0	•	•	
ZnS	2.25	0.4 - 14.5		•	12.831
CaF ₂ , Flußspat	1.42	0.12 - 11.5	•	•	47.53
ZnSe	2.44	0.5 - 22.0		•	34.20
MgO	1.72	0.28 - 9.5		•	53.4
CdTe	2.70	0.9 - 31.0		•	
Diamant	2.375	0.25...3.7, 6.0...	•	(•)	2387
Germanium	4.003	2.0...15		•	701.42
Silizium	3.433	1.2...15		•	420.16
BaF ₂	1.474	0.18...12	•	•	81.7
SiO ₂ , Quarz	1.544	0.15...4.0	•	(•)	69.9
Al ₂ O ₃ , Saphir	1.769	0.17...5.5	•	(•)	6.626

Kauflinsen - Beschichtung



Breitband-Antireflexschicht ARB2 UV

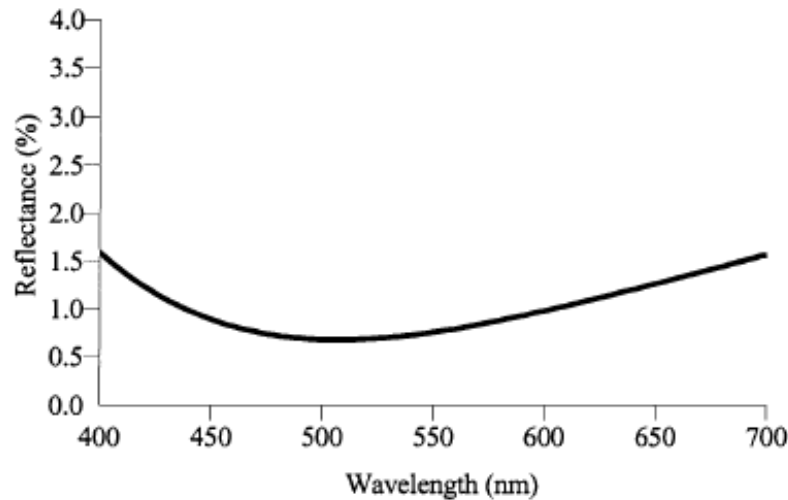
- Garantierte Restreflexion $< 0.5\%$ für Einfallswinkel $0^\circ \leq \text{AOI} \leq 15^\circ$ im AR-Bereich
- Typische mittlere Restreflexion $< 0.3\%$ für Einfallswinkel $0^\circ \leq \text{AOI} \leq 15^\circ$ im AR-Bereich
- Zerstörschwelle $H_w > 2 \text{ J/cm}^2$ für 9 ns-Laserpulse (s-on-1) bei 266 nm und 10 Hz
- AR-Bereich typisch: 250-400 nm
- Design anpassbar im Spektralbereich von $245 \leq \lambda \leq 450 \text{ nm}$ und für größere Einfallswinkel
- Substrate: Quarzglas, CaF_2



Kauflinsen – Beschichtung - Beispiele

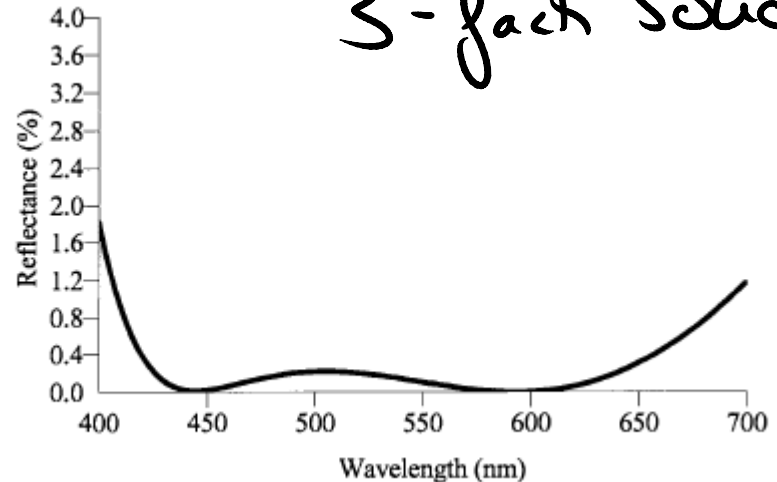


Figure 20.1
Computed
Reflectance at Nor-
mal Incidence of a
Single Surface of
SSK4 Glass ($n = 1.62$)
Coated with a Single
Layer of Magnesium
Fluoride ($n = 1.38$)
of Optical Thickness
One Quarter-Wave
at 510 nm. Design:
SSK4 | L | Air, AOI = 0°



Eingel-schicht
($\lambda/4$)

Figure 20.2
Three-Layer Antire-
flection Coating on
BK7 Glass ($n = 1.52$).
[Design: BK7 | MHL
| Air at 510 nm, AOI =
 0° , $n_H = 2.126$, $n_M =$
 1.629 , $n_L = 1.384$]



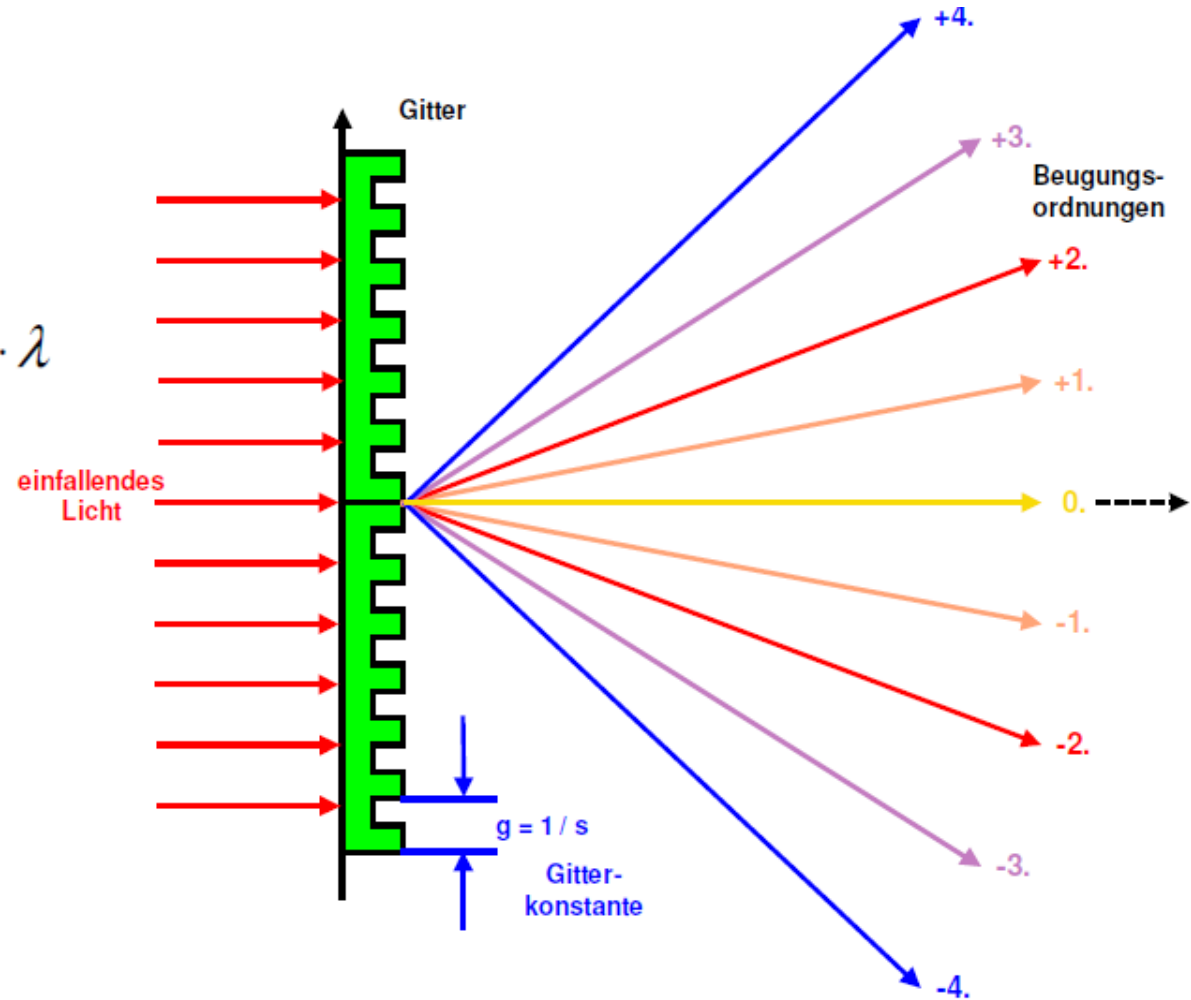
3-fach schicht

Quelle: Fischer „Optical Systems“

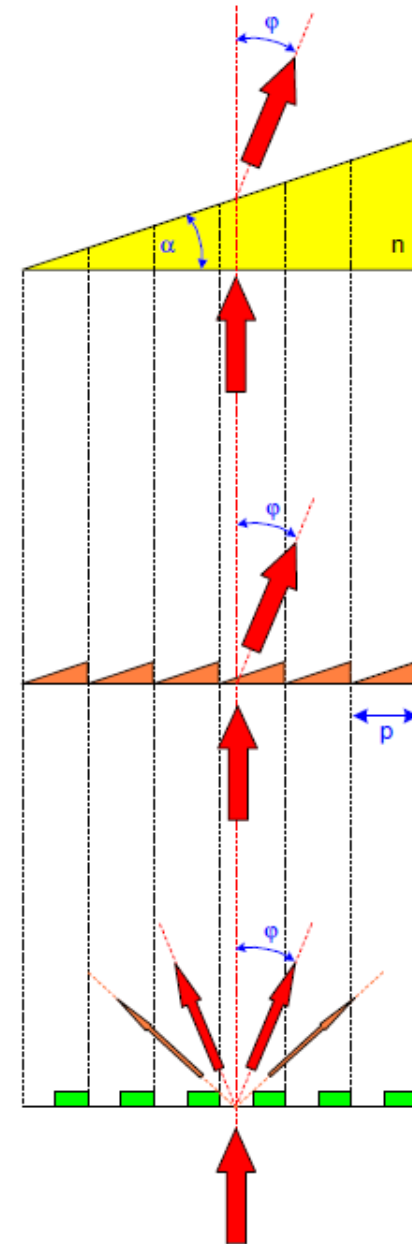
Einfaches Gitter

- Gittergleichung

$$g \cdot (\sin \theta - \sin \theta_o) = m \cdot \lambda$$



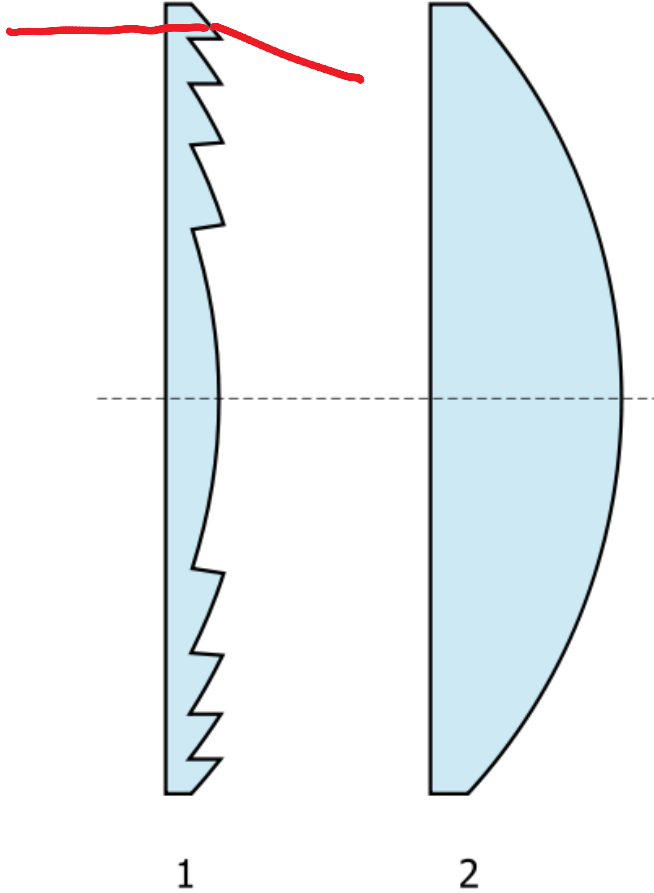
-
- The diagram illustrates the three regimes of grating behavior based on the size of the grating period (Λ) relative to the wavelength (λ).
- Refractive regime ($\Lambda \gg \lambda$)**
Refractive PRISM
 In this regime, the grating period is much larger than the wavelength. The grating surface is smooth, and light is refracted at an angle α . The grating period Λ is indicated.
- Intermediate regime ($\Lambda \sim \lambda$)**
Prism array
 In this regime, the grating period is comparable to the wavelength. The grating surface is composed of individual prisms, and light is refracted at an angle α and diffracted at an angle β . The grating period Λ is indicated.
- Diffraction regime ($\Lambda = \lambda$)**
Blazed grating
 In this regime, the grating period is equal to the wavelength. The grating surface is composed of individual prisms, and light is diffracted at an angle β . The grating period Λ is indicated.
- Size of prism (period of grating decreases (Λ))**
 The size of the prism (period of grating) decreases as the grating period Λ decreases, moving from the refractive regime to the diffraction regime.



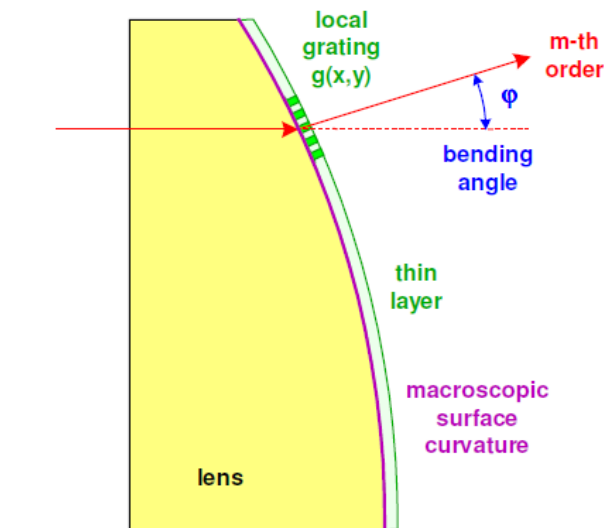
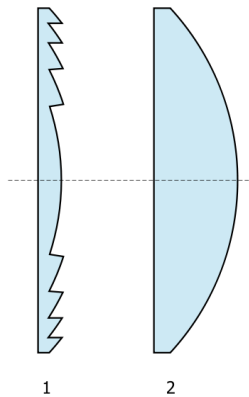
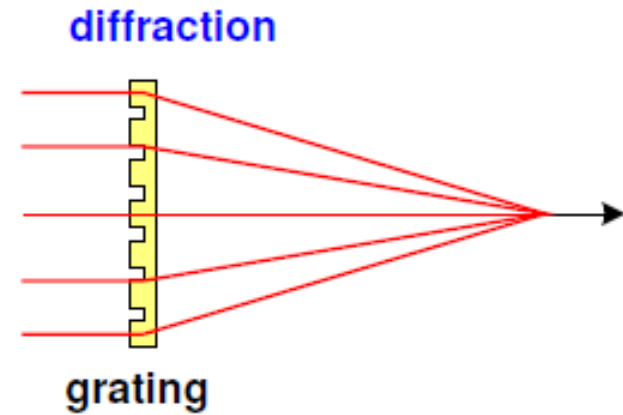
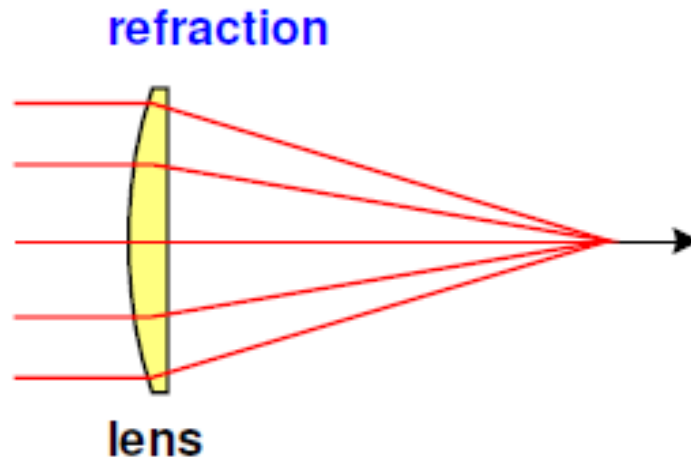
Fresnel Linsen

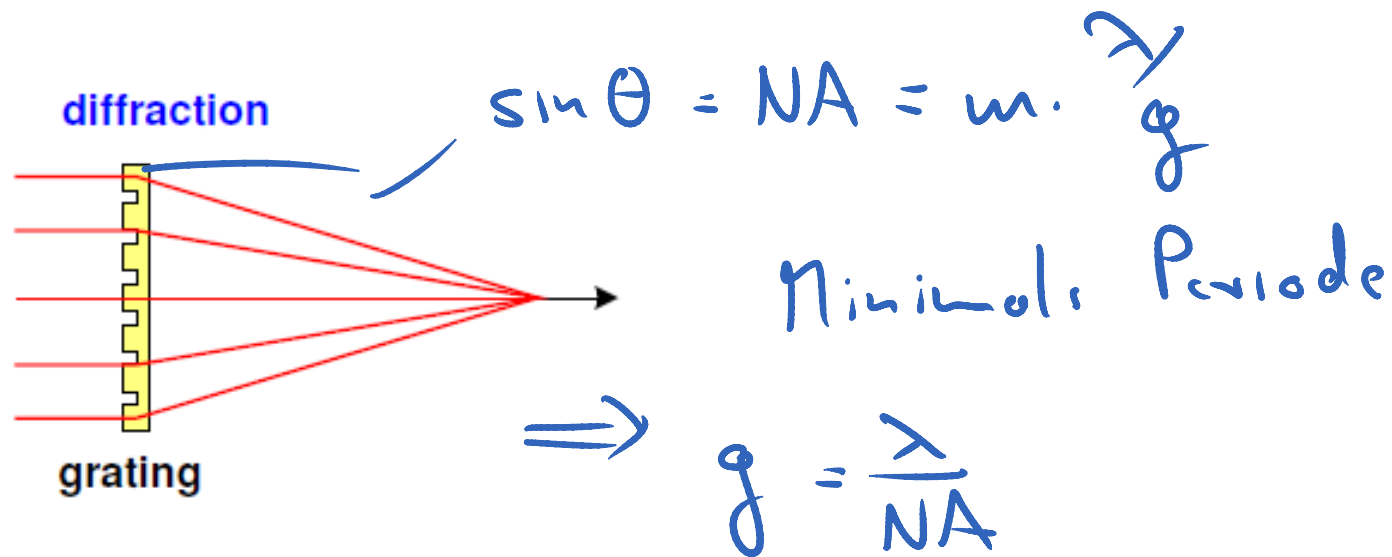
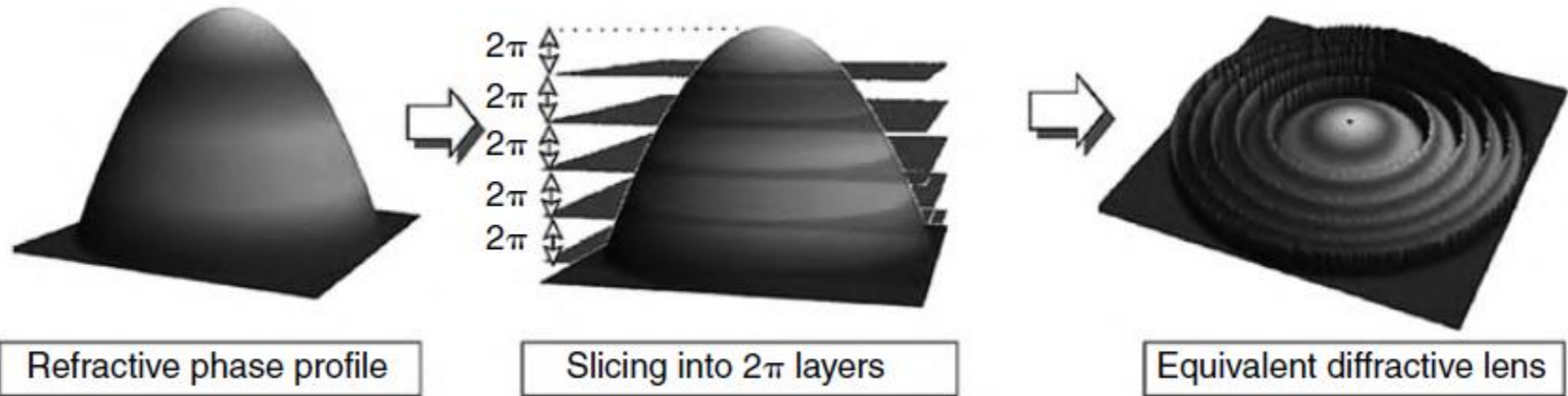


Brechungsgesetz $n \cdot \sin i = n' \sin i'$

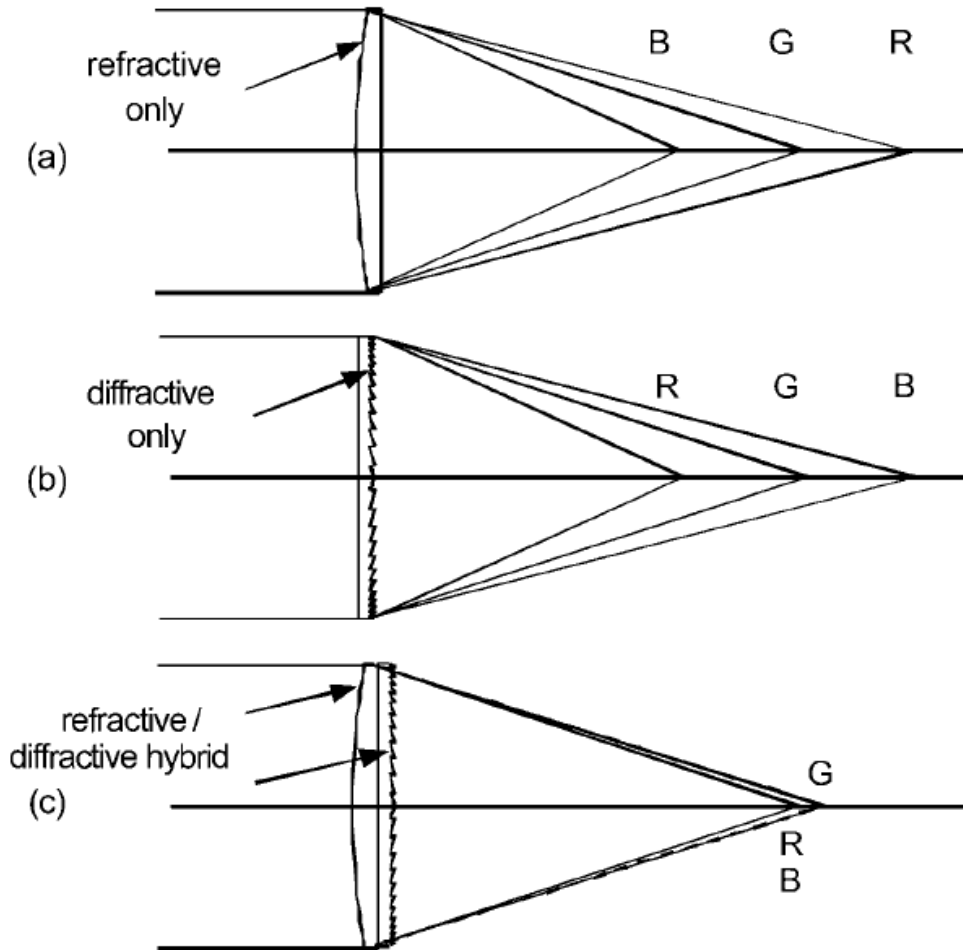


Diffraktive Linsen (DOE)





Hybride Linsen (DOE)



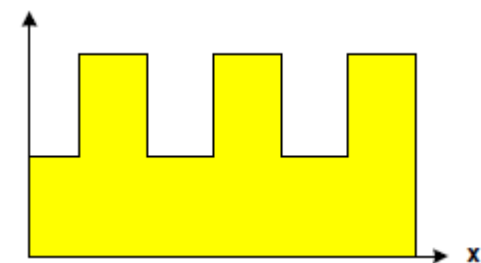
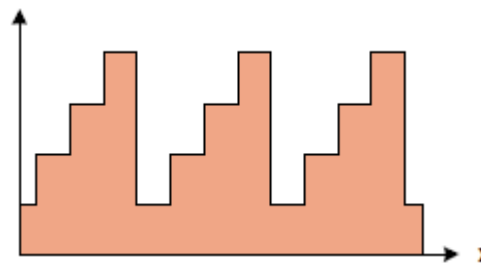
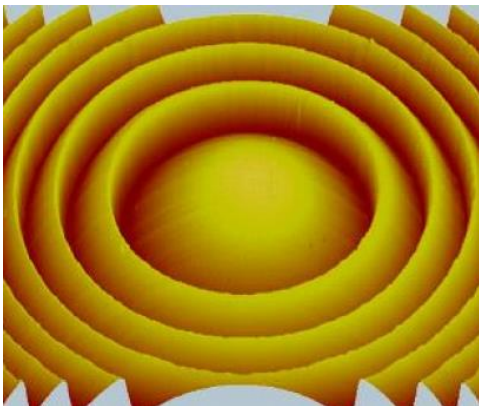
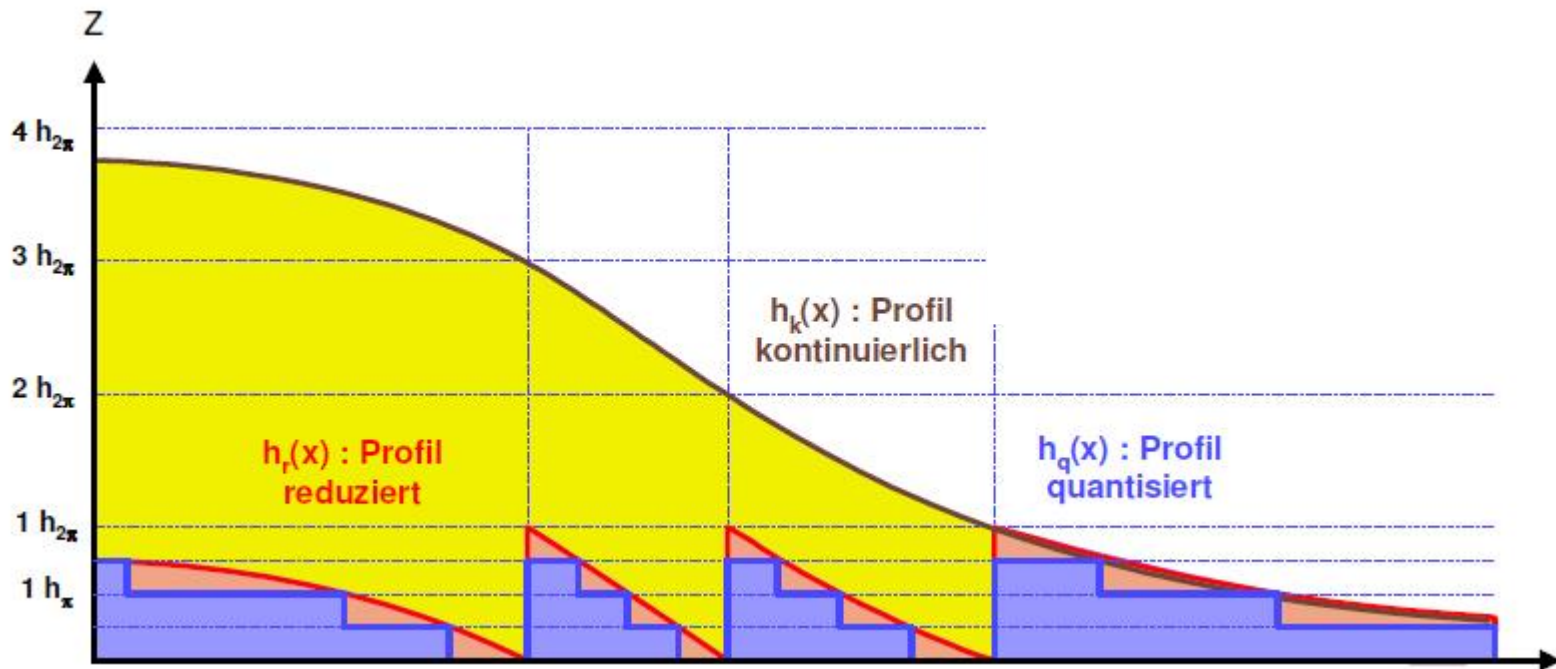
Brilloungslicht

Gittergleichung
 $\sin \theta = m \cdot \frac{\lambda}{g}$

→ Diffraktive Linsen haben umgekehrten Farbfehler als refraktive Linsen

→ Kombination= Hybride Linsen eignen sich gut zu Farbkorrektur

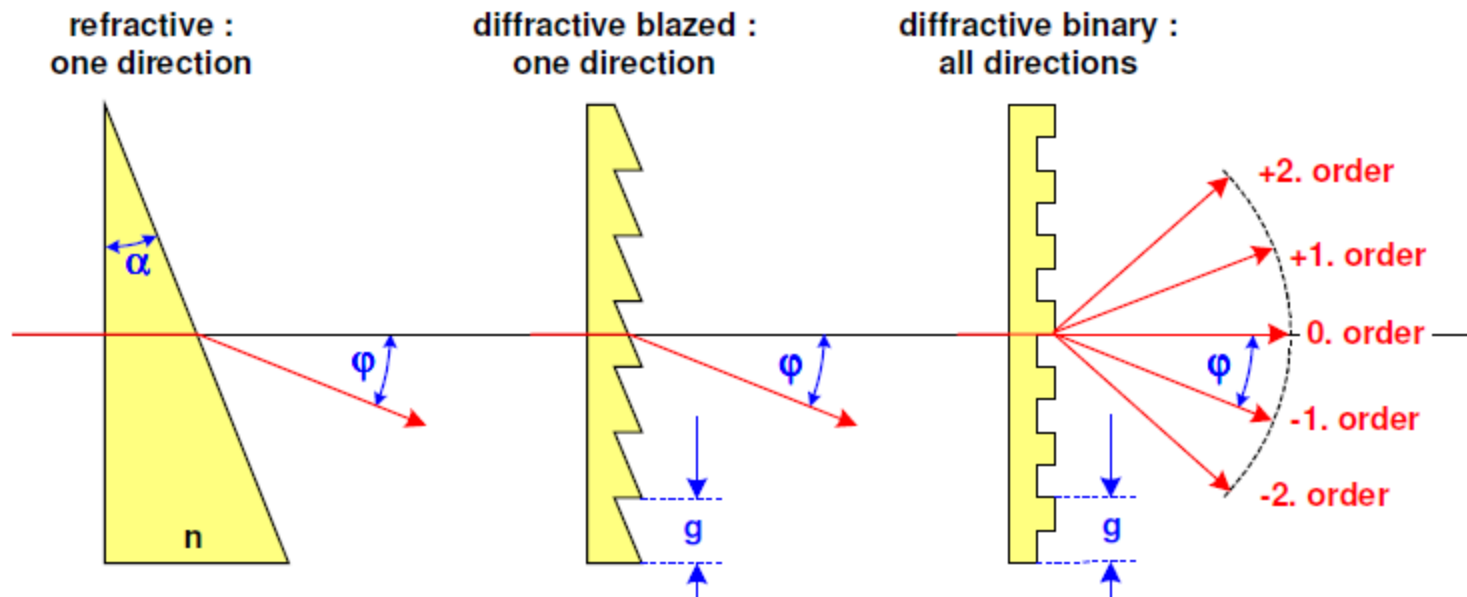
Herstellung und Arten von DOE



Übergang refraktiv zu diffraktiv



- **refraktiv**
keine Oberflächenstruktur
- **diffraktiv geblazed**
nur eine Beugungsordnung
- diffraktiv **binär**
mehrere Ordnungen



Herstellung von DOE



Herstellungsprozesse im
lithografischen Verfahren



Vorbereitung
Substrat



AR-Coating



Polymer-
Coating



Belichtung,
latentes Bild
im Lack



Entwicklung



Ionenätzen zur
Optimierung der
Profiltiefe

Herstellung von DOE



Element type

Fabrication
technology

Refractive
(100%-100%)

Blazed
(100%-90%)

Saw-tooth
(90%-85%)

Amplitude
(<10%-<8%)

Binary
(40.5%-35%)

Quartenary
(81.0%-70%)

Sinusoidal
(33.3%-25%)

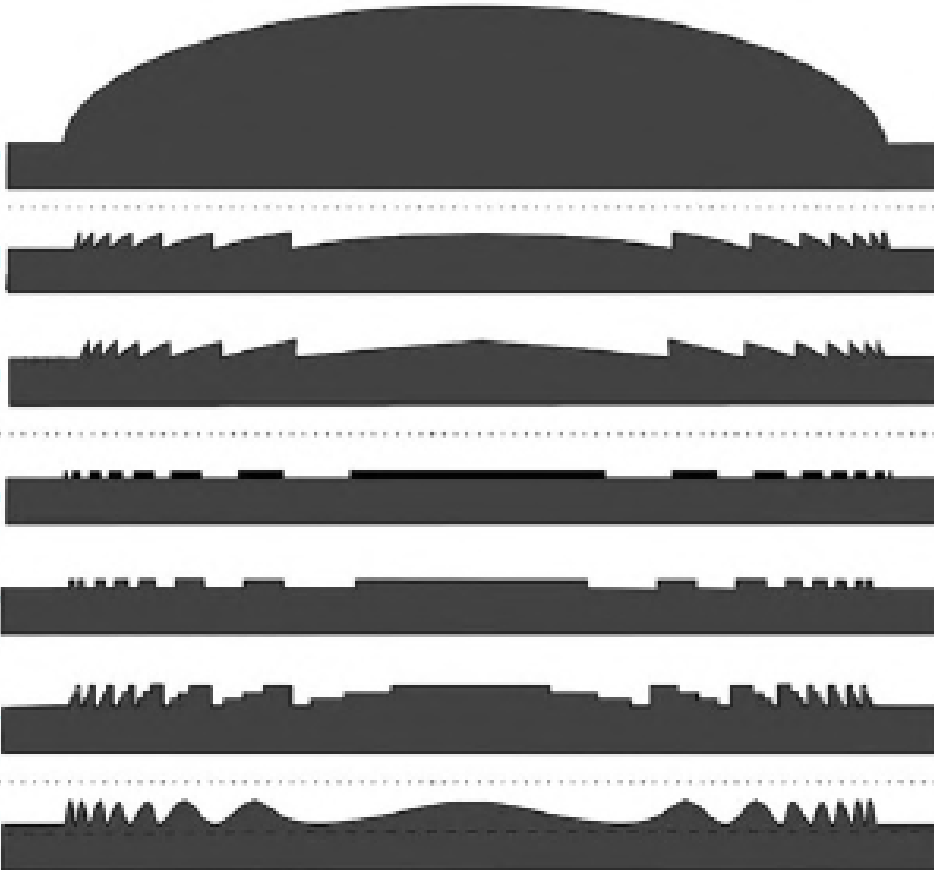
Diamond turning

Conv. Litho.

Conv. Litho.

Conv. Litho.

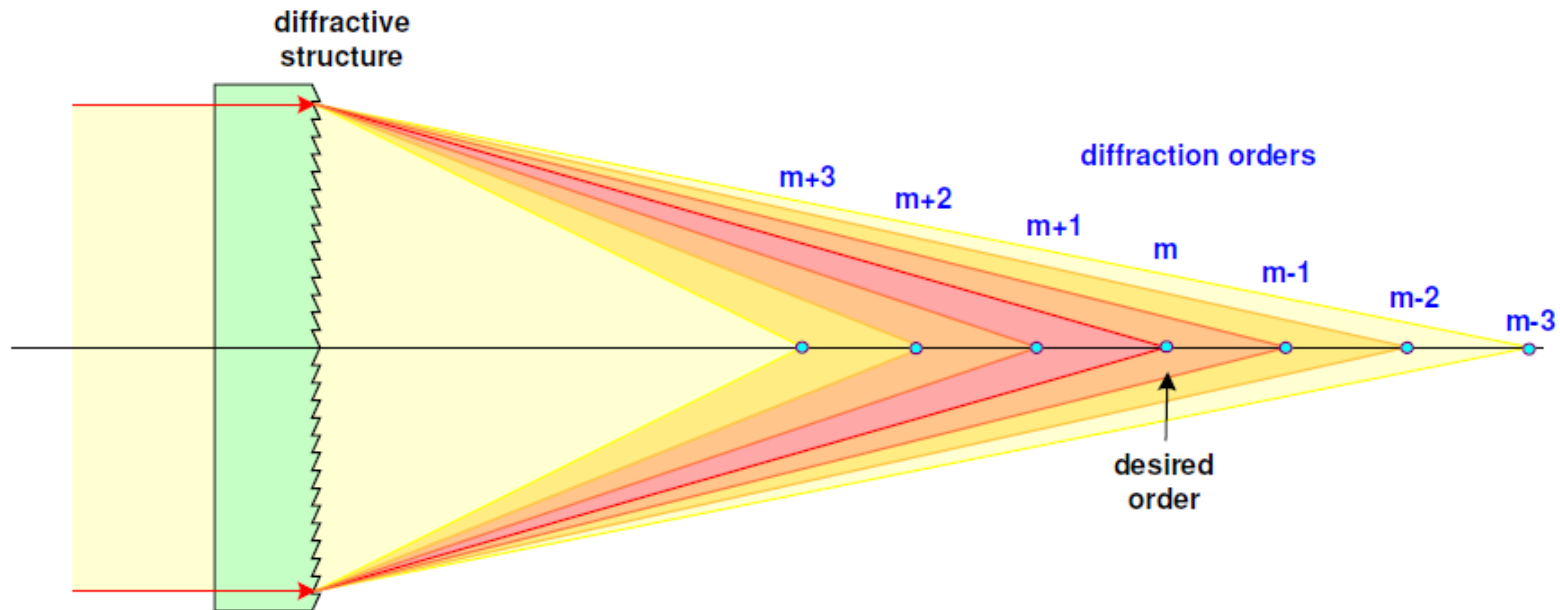
Holographic
exposure



Probleme mit Diffraktive Linsen (DOE)



- Es entstehen im allgemeinen stets **alle Beugungsordnungen** gleichzeitig
- Durch geblazte Strukturen kann man die störenden Ordnungen unterdrücken
- Nicht gewünschte Ordnungen sorgen für Stör- und **Streulicht** im System und senken die Effizienz



Wesentliche Kriterien von Kauflinsen sind

- ➔ Linsenform
- ➔ Geometrie und Toleranzen
- ➔ Material
- ➔ Beschichtung

Gängige Linsenformen sind

- ➔ Sphärische Linsen
- ➔ Asphärische Linsen
- ➔ Diffraktive Linsen

Wesentliche Toleranzen sind

- Formabweichung (Radius, Ringe)
- Zentrierung
- Unsauberkeit
- Geometrie

DOE

- basieren auf Gitterbeugung
- können binär, multi-level oder „blazed“ sein
- Probleme:

monochromatisch
Fehlorderungen