

Korrektionsmethoden

Inhalt: Korrektionsmethoden

28.06.2008

1. Einführung
2. Öffnungsfehler
3. Symmetrieprinzip
4. Koma
5. Astigmatismus und Bildfeldwölbung
6. Farbfehler
7. Feldlinsen
8. Blendenlage und Verzeichnung
9. Anspannung und Ansatz

Korrektionsmethoden

Inhalt:

1. Einführung
2. Öffnungsfehler
3. Symmetrieprinzip
4. Koma
5. Astigmatismus und Bildfeldwölbung
6. Farbfehler
7. Feldlinsen
8. Blendenlage und Verzeichnung
9. Anspannung und Ansatz

Korrektionsmethoden

Correction Effectiveness

- Effectiveness of correction features on aberration types

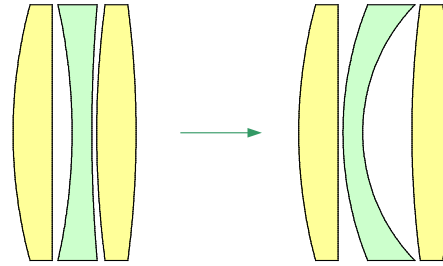
	Makes a good impact.
	Makes a smaller impact.
	Makes a negligible impact.
	Zero influence.

		Aberration											
		Primary Aberration					5th	Chromatic					
		Spherical Aberration	Coma	Astigmatism	Petzval Curvature	Distortion	5th Order Spherical	Axial Color	Lateral Color	Secondary Spectrum	Spherochromatism		
Action	Lens Parameters	Lens Bending	(a)	(c)		e	(f)						
		Power Splitting											
		Power Combination	a	c			f		i	j		(k)	
		Distances				(e)						k	
		Stop Position											
	Material	Refractive Index	(b)	(d)			(g)	(h)					
		Dispersion							(i)	(j)		(l)	
		Relative Partial Disp.											
		GRIN											
	Special Surfaces	Cemented Surface	b	d			g	h	i	j		l	
		Aplanatic Surface											
		Aspherical Surface											
		Mirror											
		Diffraction Surface											
	Struc	Symmetry Principle											
		Field Lens											

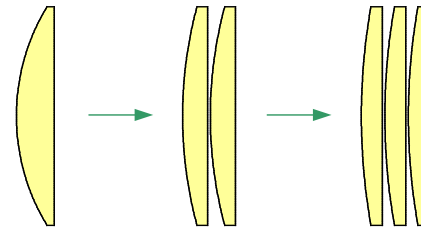
Korrektionsmethoden

Correction Methods

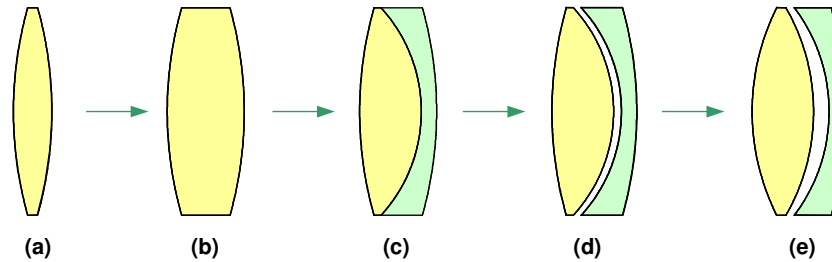
- Lens bending



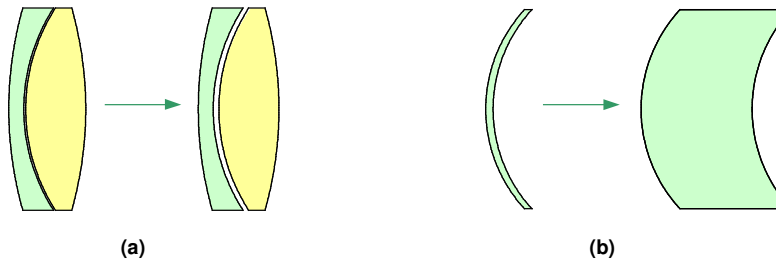
- Lens splitting



- Power combinations



- Distances



Korrektionsmethoden

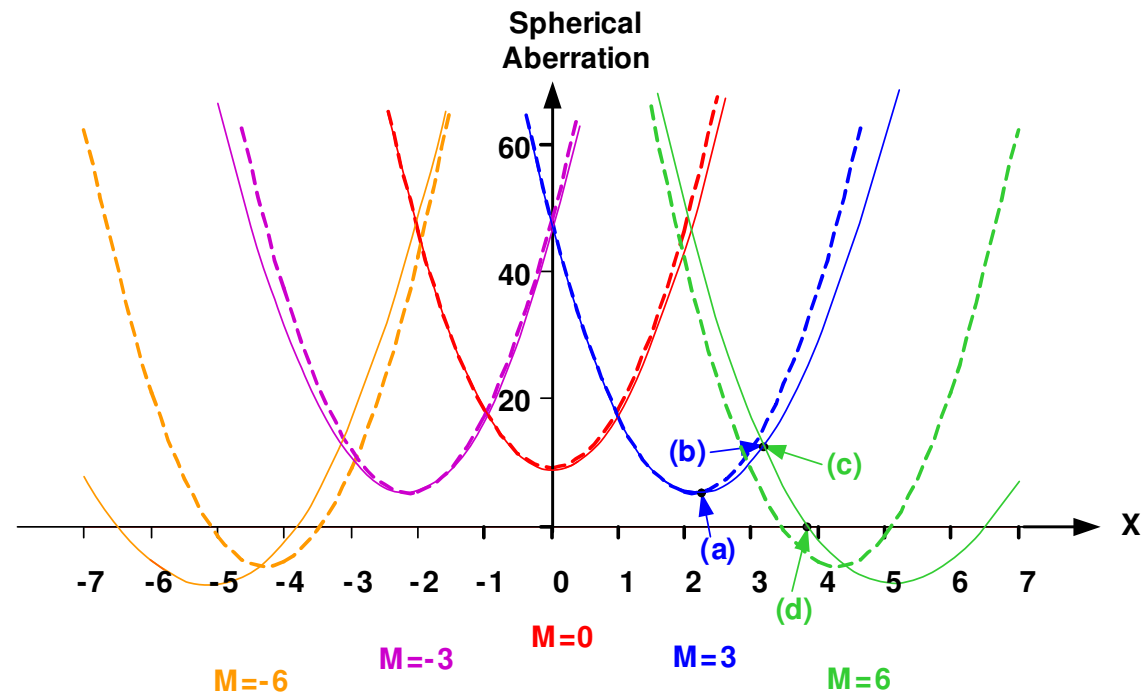
Inhalt:

1. Einführung
2. Öffnungsfehler
3. Symmetrieprinzip
4. Koma
5. Astigmatismus und Bildfeldwölbung
6. Farbfehler
7. Feldlinsen
8. Blendenlage und Verzeichnung
9. Anspannung und Ansatz

Korrektionsmethoden

Lens Bending

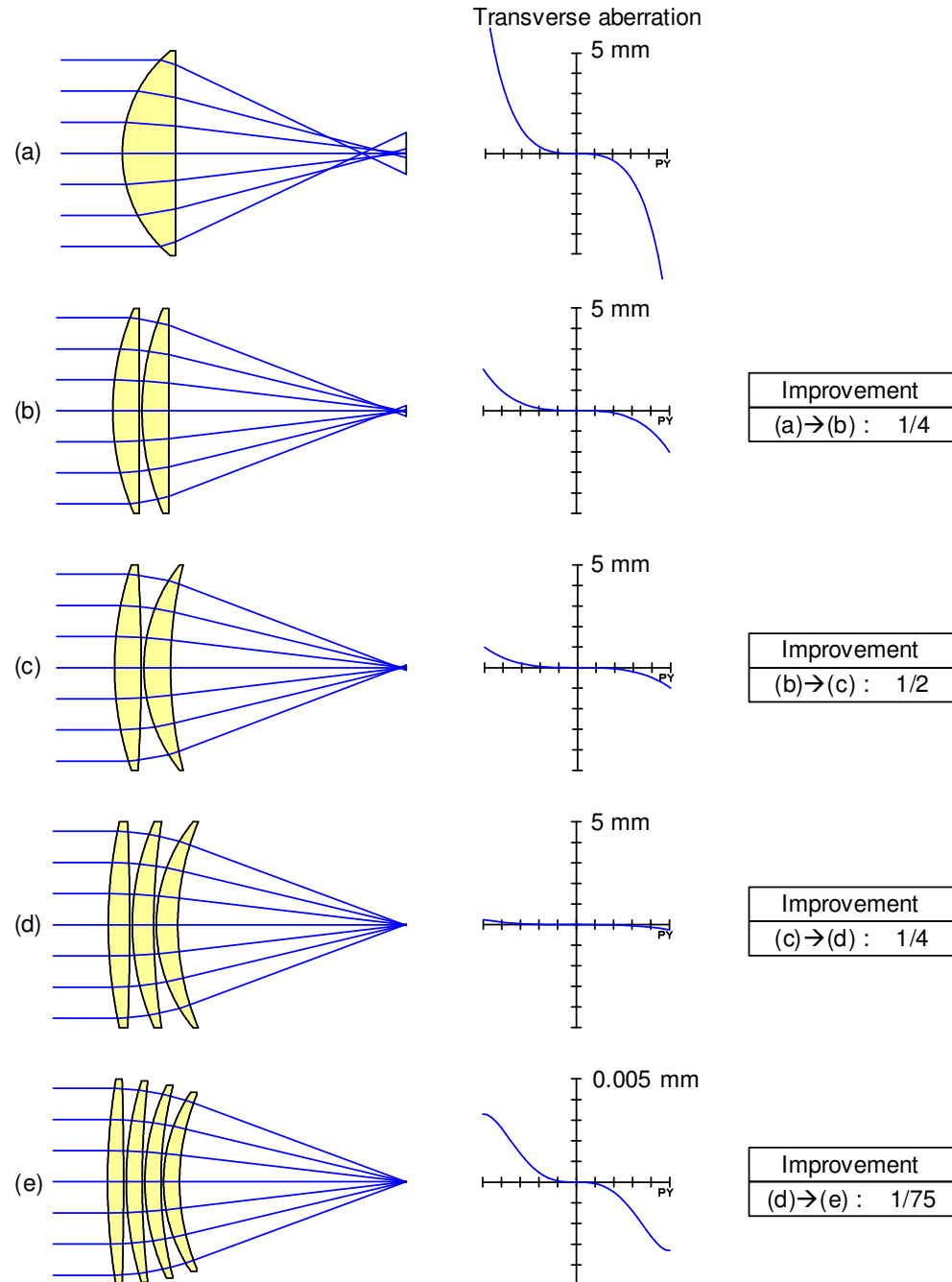
- Effect of bending a lens on spherical aberration
- Optimal bending:
Minimize spherical aberration
- Dashed : thin lens theory
Solid : thick lenses
- Vanishing SPH for $n=1.5$
only for virtual imaging



Korrektionsmethoden

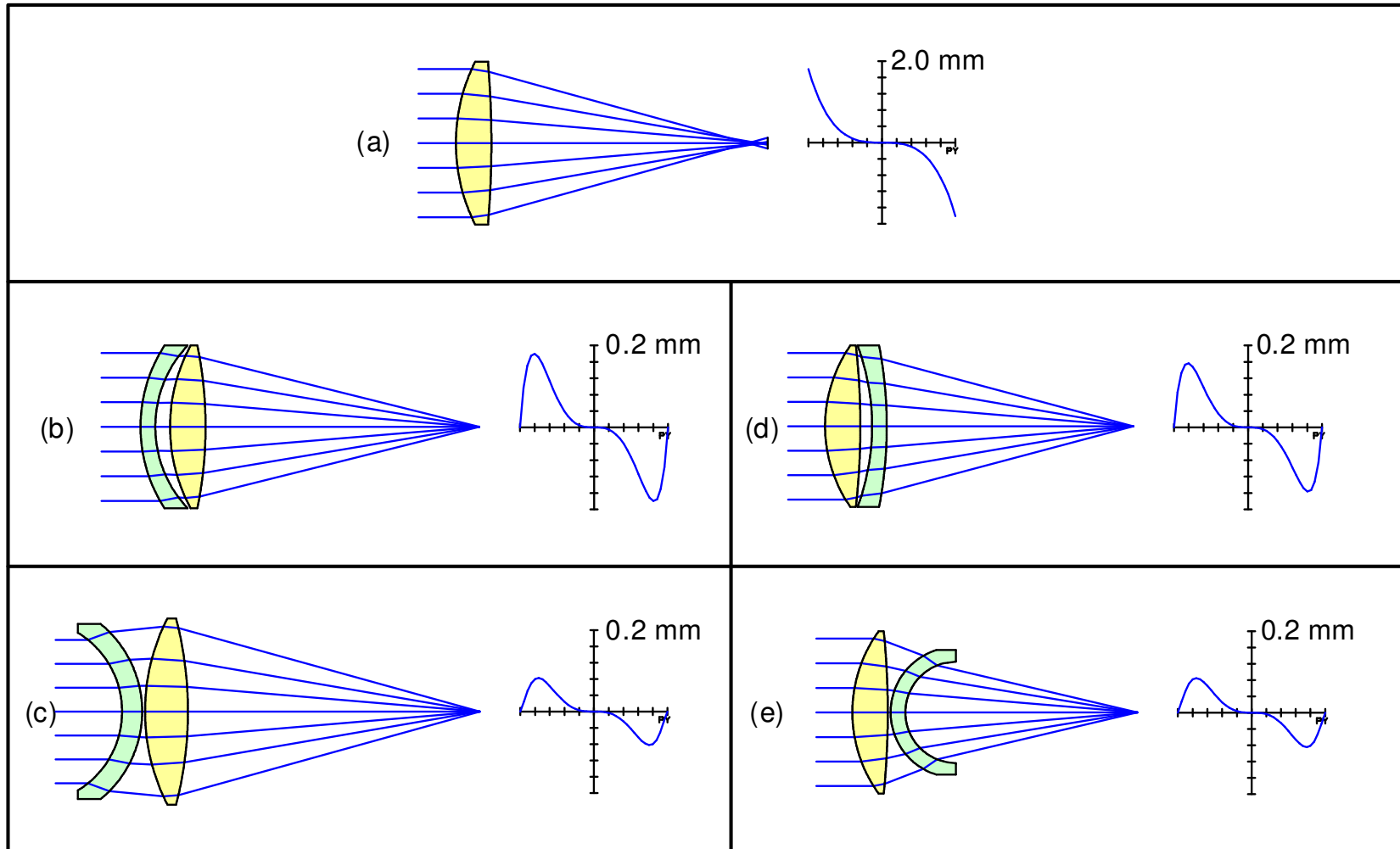
Lens Splitting

- Correction of spherical aberration:
Splitting of lenses
- Distribution of ray bending



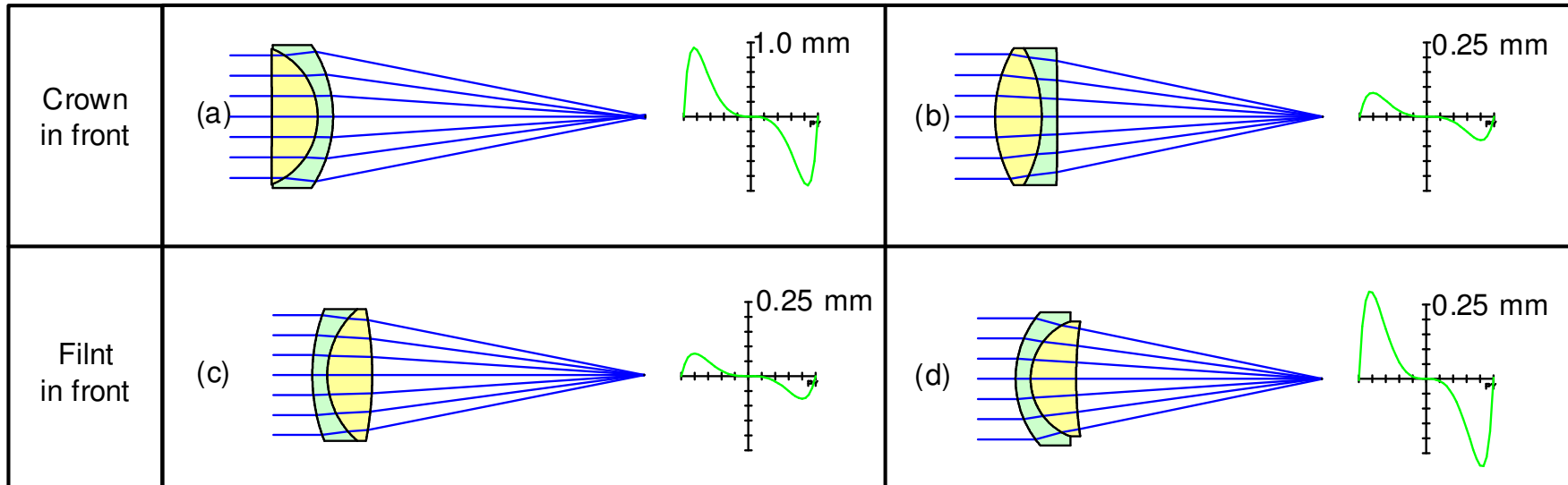
Korrektionsmethoden

Correcting Spherical Aberration : Power Splitting



Korrektionsmethoden

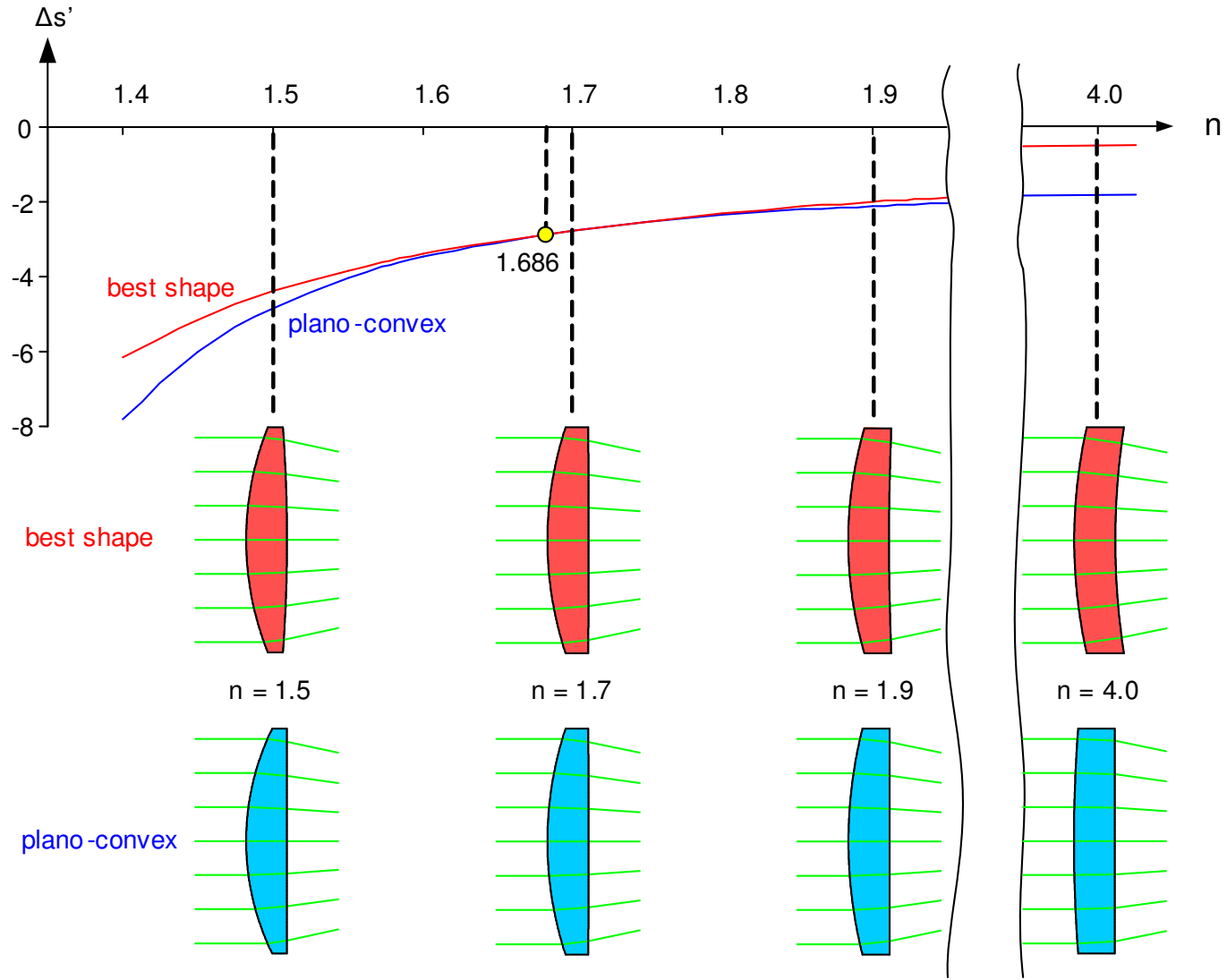
Correcting Spherical Aberration : Cemented Doublet



Korrektionsmethoden

Correcting Spherical Aberration : Refractive Index

- Better correction for high index



Korrektionsmethoden

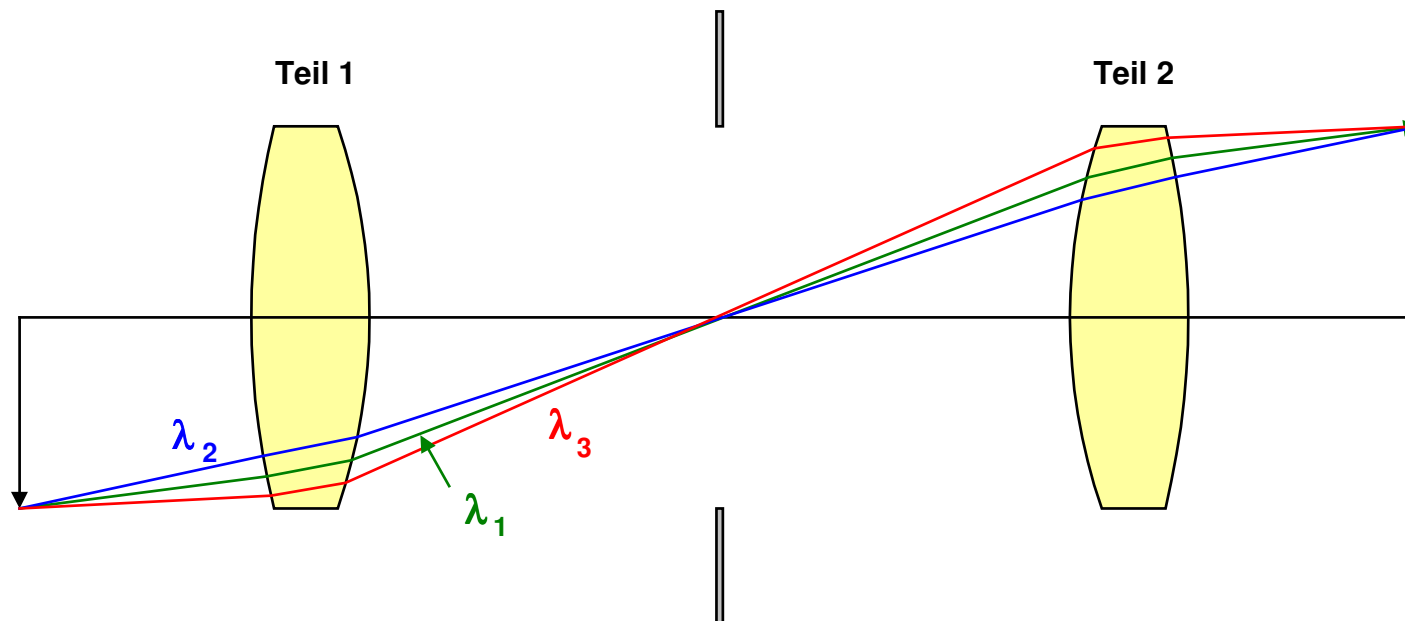
Inhalt:

1. Einführung
2. Öffnungsfehler
3. Symmetrieprinzip
4. Koma
5. Astigmatismus und Bildfeldwölbung
6. Farbfehler
7. Feldlinsen
8. Blendenlage und Verzeichnung
9. Anspannung und Ansatz

Korrektionsmethoden

Symmetrieprinzip

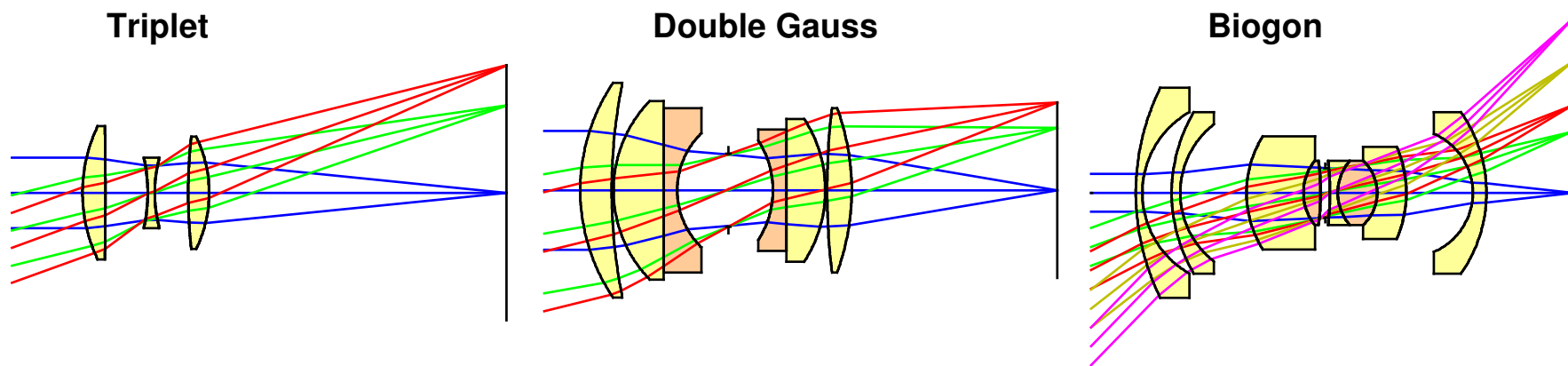
- Ideal symmetrisches System: Vergrößerung $m = -1$
- Öffnungsblende im Symmetriezentrum
- Symmetrische Anteile der Wellenaberration verdoppeln sich (sphärisch)
- Asymmetrische Anteile der Wellenaberration verschwinden $W(-x) = -W(x)$
- Damit Korrektur von:
Koma, Verzeichnung, chromatische Vergrößerungsdifferenz



Korrektionsmethoden

Symmetrieprinzip

- Grundprinzip der Symmetrie wird in fotografischen Systemen angewandt
- Spezielle Probleme der asymmetrischen Bildfehler durch großes Bildfeld entspannen sich
- Auch angenäherte Symmetrie hilft erheblich bei der Korrektur



Korrektionsmethoden

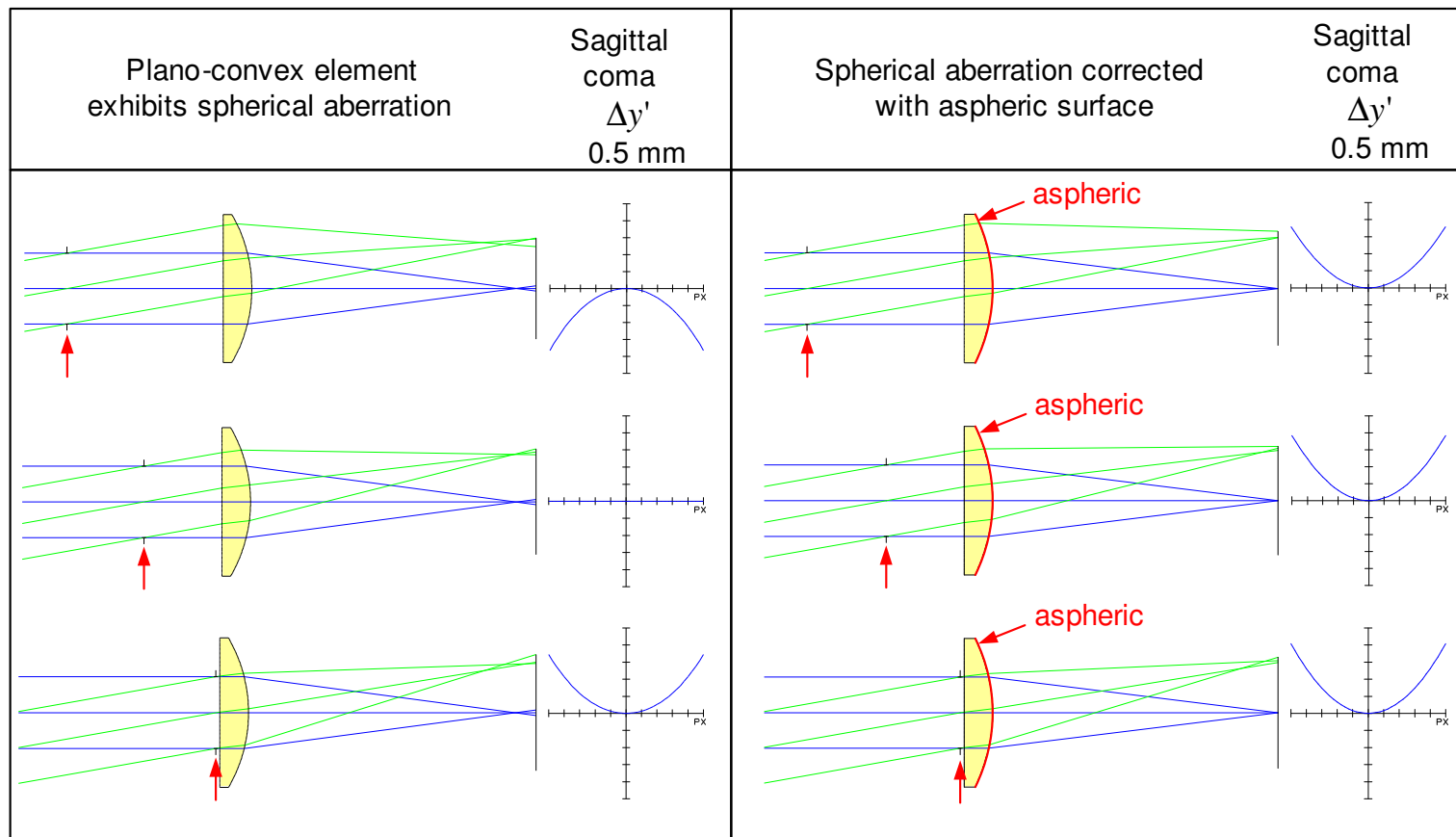
Inhalt:

1. Einführung
2. Öffnungsfehler
3. Symmetrieprinzip
4. Koma
5. Astigmatismus und Bildfeldwölbung
6. Farbfehler
7. Feldlinsen
8. Blendenlage und Verzeichnung
9. Anspannung und Ansatz

Korrektionsmethoden

Coma Correction: Stop Position and Aspherical Shape

- Combined effect, Aspherical case prevent correction



Korrektionsmethoden

Coma Correction: Achromat

- Bending of achromate
- Splitting achromate
- Aplanatic glass choice

Achromat bending	Image height:	$y' = 0 \text{ mm}$		$y' = 2 \text{ mm}$	
	Pupil section:	meridional	meridional	meridional	sagittal
	Transverse Aberration:	$\Delta y'$ 0.05 mm	$\Delta y'$ 0.05 mm	$\Delta y'$ 0.05 mm	$\Delta y'$ 0.05 mm
(a)					
(b)					
(c)					
Achromat, splitting					
(d)					
Achromat, aplanatic glass choice					
(e)					
		Wave length :	0.486	0.588	0.656

Korrektionsmethoden

Coma Correction: Symmetry Principle

- Perfect coma correction in the case of symmetry

Symmetry principle	Image height:	$y' = 19 \text{ mm}$		
	Pupil section:	meridional	sagittal	
	Transverse Aberration:	$\Delta y'$ 0.5 mm	$\Delta y'$ 0.5 mm	
(a)				
(b)				

Korrektionsmethoden

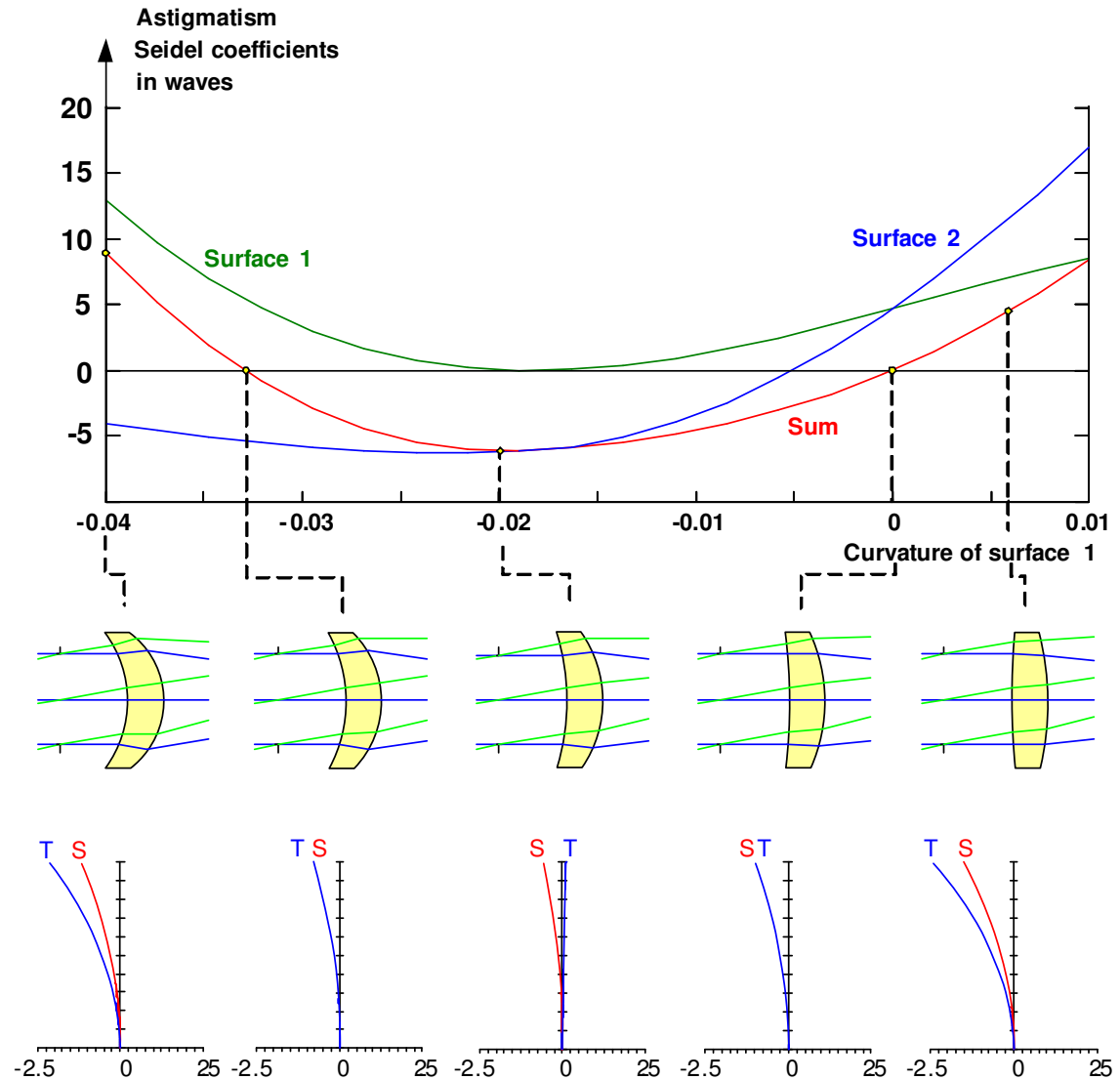
Inhalt:

1. Einführung
2. Öffnungsfehler
3. Symmetrieprinzip
4. Koma
5. Astigmatismus und Bildfeldwölbung
6. Farbfehler
7. Feldlinsen
8. Blendenlage und Verzeichnung
9. Anspannung und Ansatz

Korrektionsmethoden

Astigmatism: Lens Bending

- Bending effects astigmatism



Korrektionsmethoden

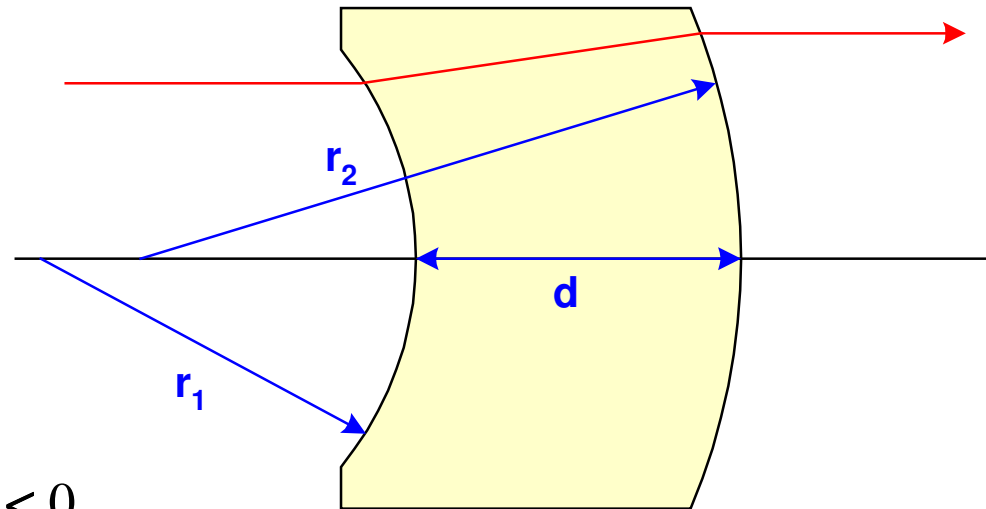
Ebnende Menisken

- Ebnung der Bildfeldwölbung entsprechend Petzvalsatz:

Dicke Menisken:

1. Hoeghscher Meniskus: gleiche Radien, Petzvalsomme verschwindet
2. Konzentrischer Meniskus, negative Petzvalsomme
3. Verschwindende Brechkraft

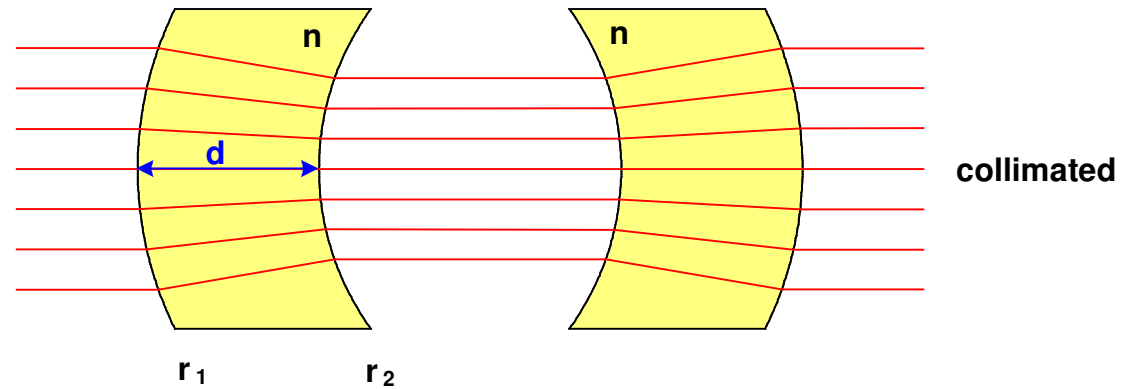
$$r_2 = r_1 - d \cdot \frac{n-1}{n}$$
$$P = \sum_k \frac{n_k' - n_k}{n_k \cdot n_k' \cdot r_k}$$
$$= \frac{n-1}{n} \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_1 - (n-1) \cdot d / n} \right) < 0$$



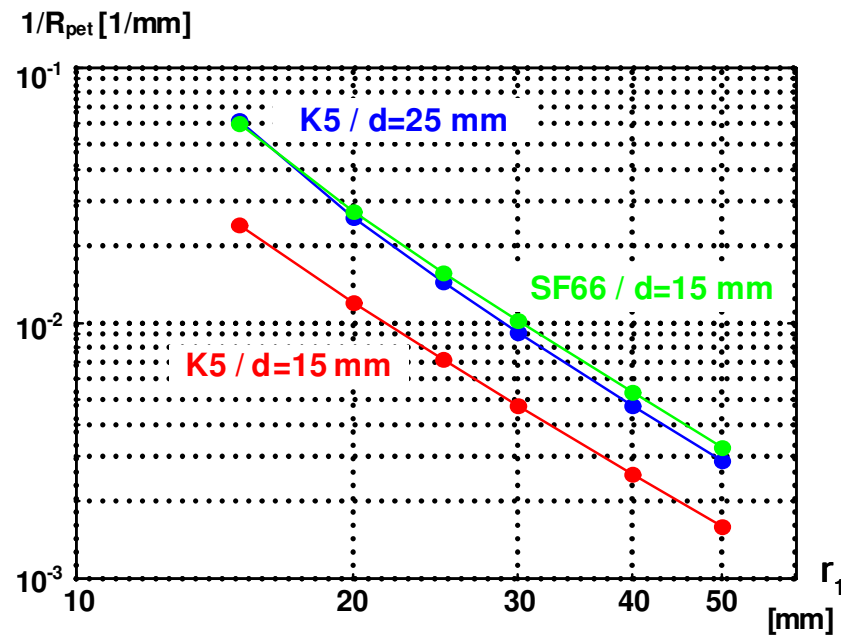
Korrektionsmethoden

Correcting Petzval Curvature

- Group of meniscus lenses



- Effect of distance and refractive indices

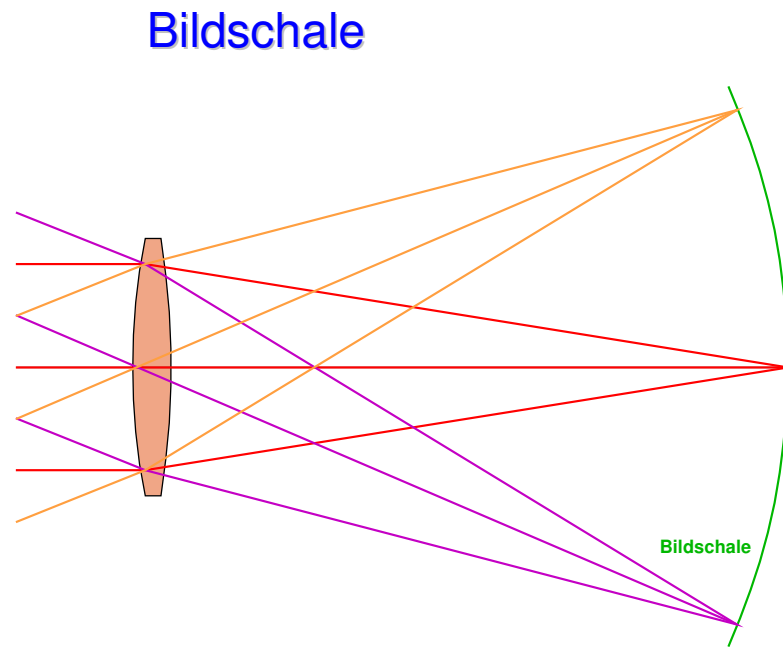


Korrektionsmethoden

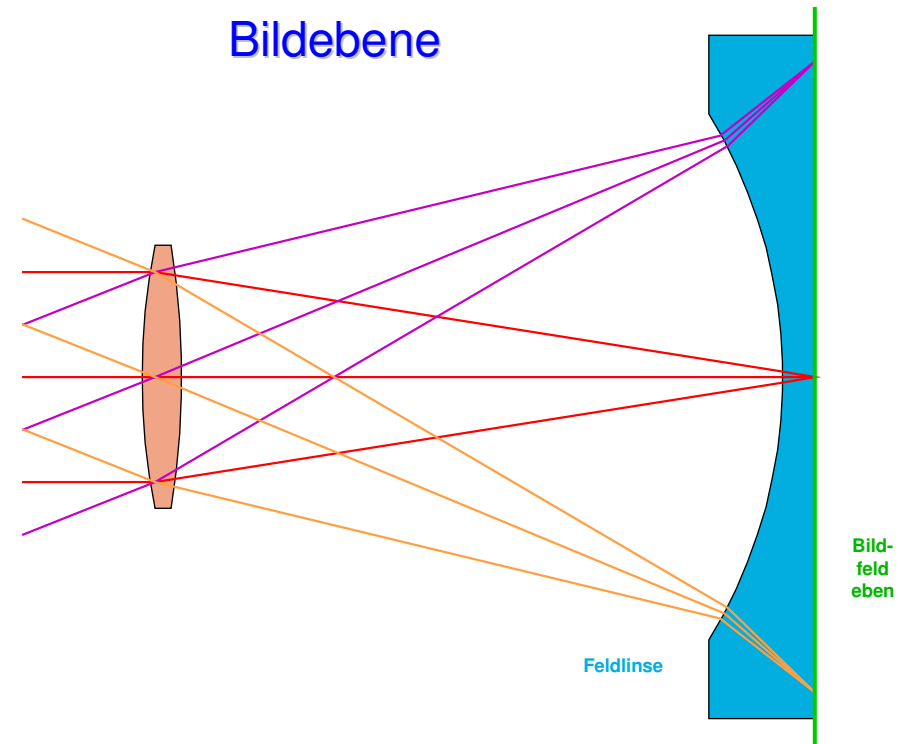
Bildfeldebahnung

Wirkung einer Feldlinse als Bildfeld-ebnende Komponente

1. Ohne Feldlinse



2. Mit Feldlinse



Korrektionsmethoden

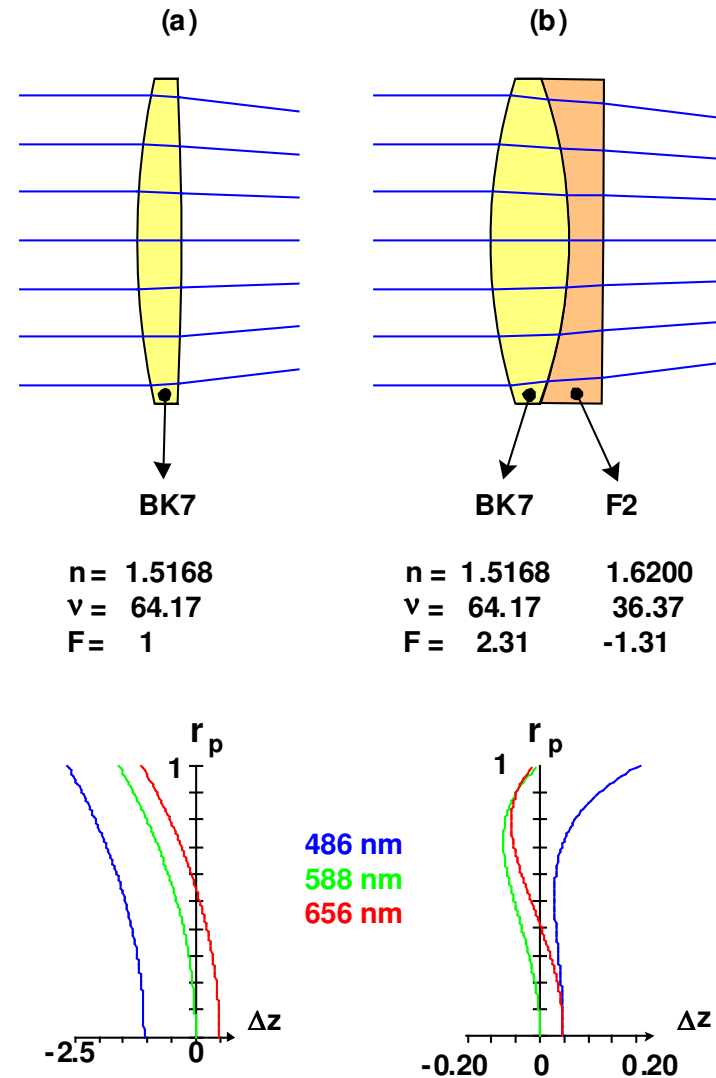
Inhalt:

1. Einführung
2. Öffnungsfehler
3. Symmetrieprinzip
4. Koma
5. Astigmatismus und Bildfeldwölbung
- 6. Farbfehler**
7. Feldlinsen
8. Blendenlage und Verzeichnung
9. Anspannung und Ansatz

Korrektionsmethoden

Axial Colour : Achromate

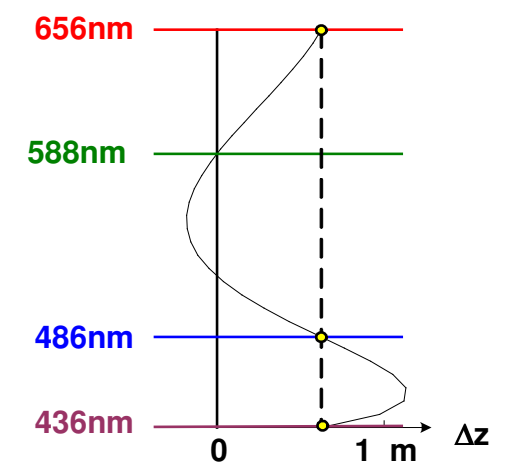
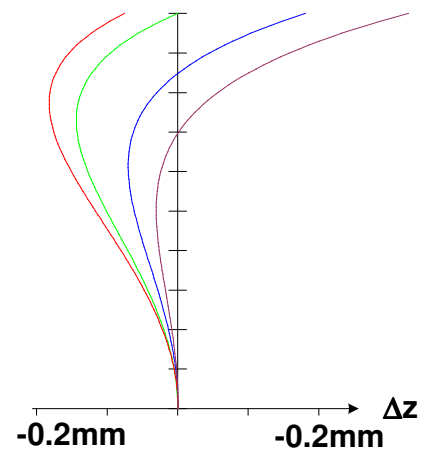
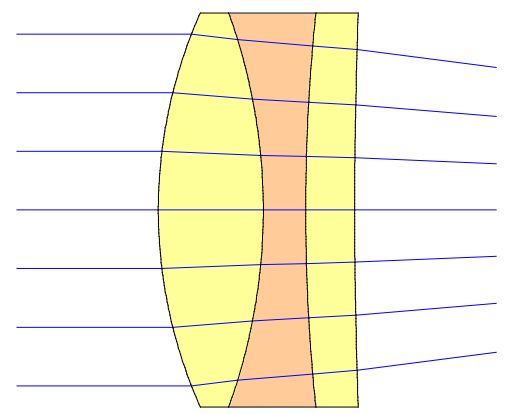
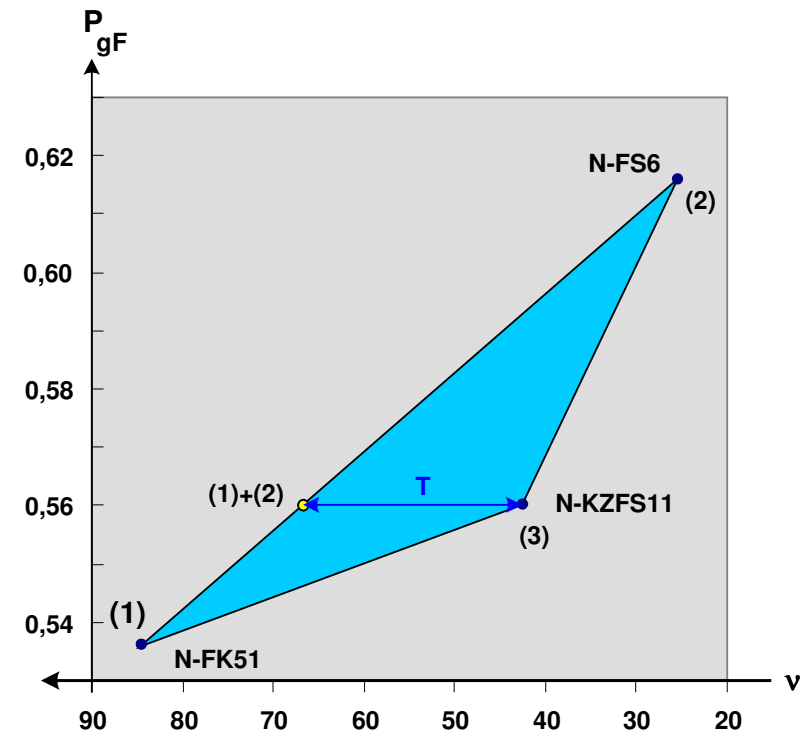
- Compensation of axial colour by appropriate glass choice



Korrektionsmethoden

Axial Colour : Apochromate

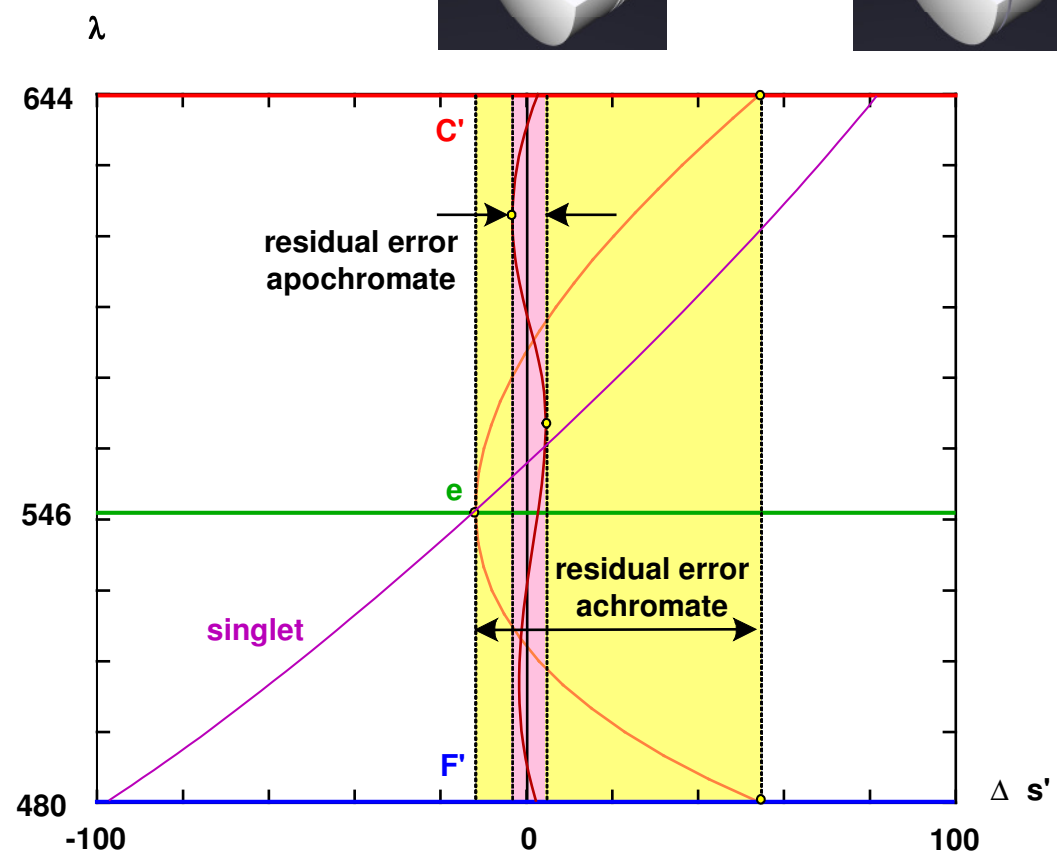
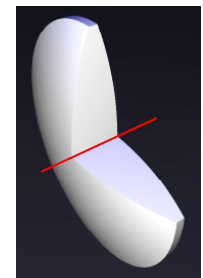
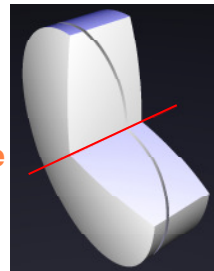
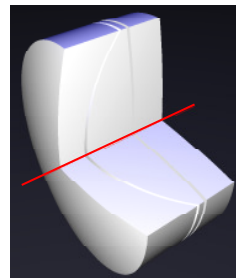
- Choice of at least one special glass
- Correction of secondary spectrum: anormal partial dispersion



Korrektionsmethoden

Axial Colour : Achromate and Apochromate

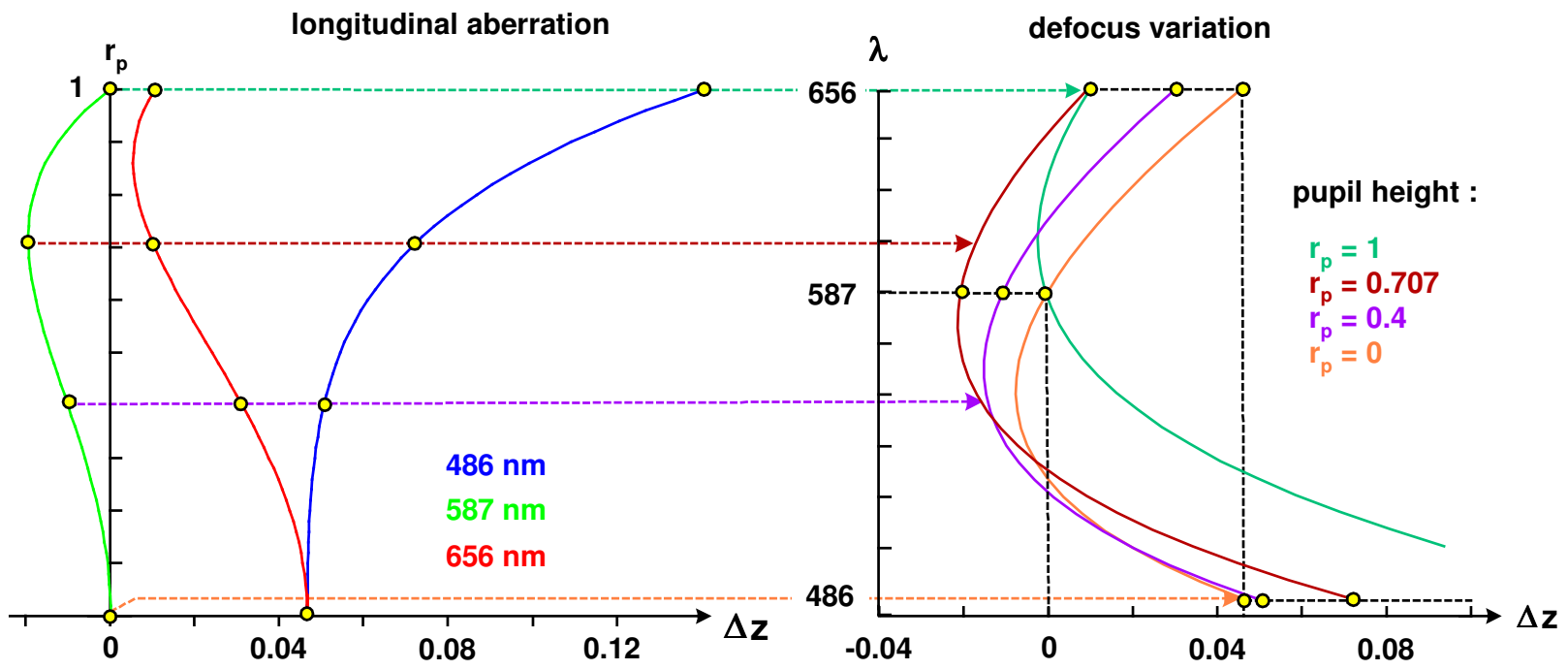
- Effect of different materials



Korrektionsmethoden

Spherochromatism: Achromate

- Residual spherochromatism of an achromate
- Representation as function of aperture or wavelength



Korrektionsmethoden

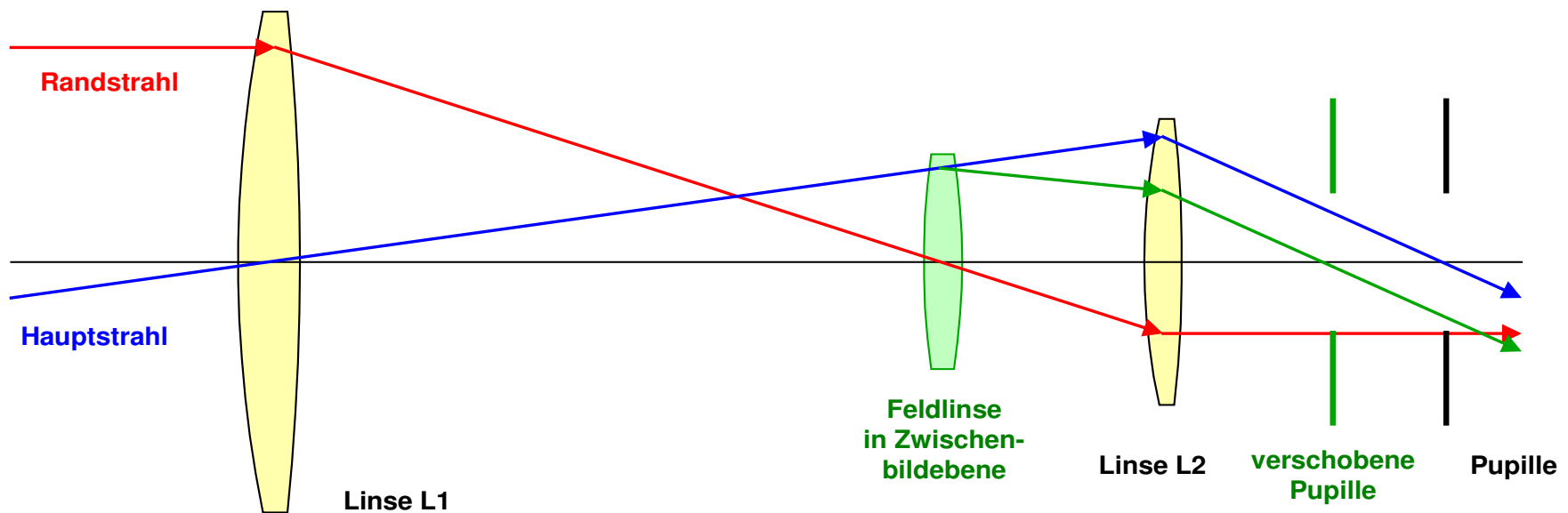
Inhalt:

1. Einführung
2. Öffnungsfehler
3. Symmetrieprinzip
4. Koma
5. Astigmatismus und Bildfeldwölbung
6. Farbfehler
- 7. Feldlinsen**
8. Blendenlage und Verzeichnung
9. Anspannung und Ansatz

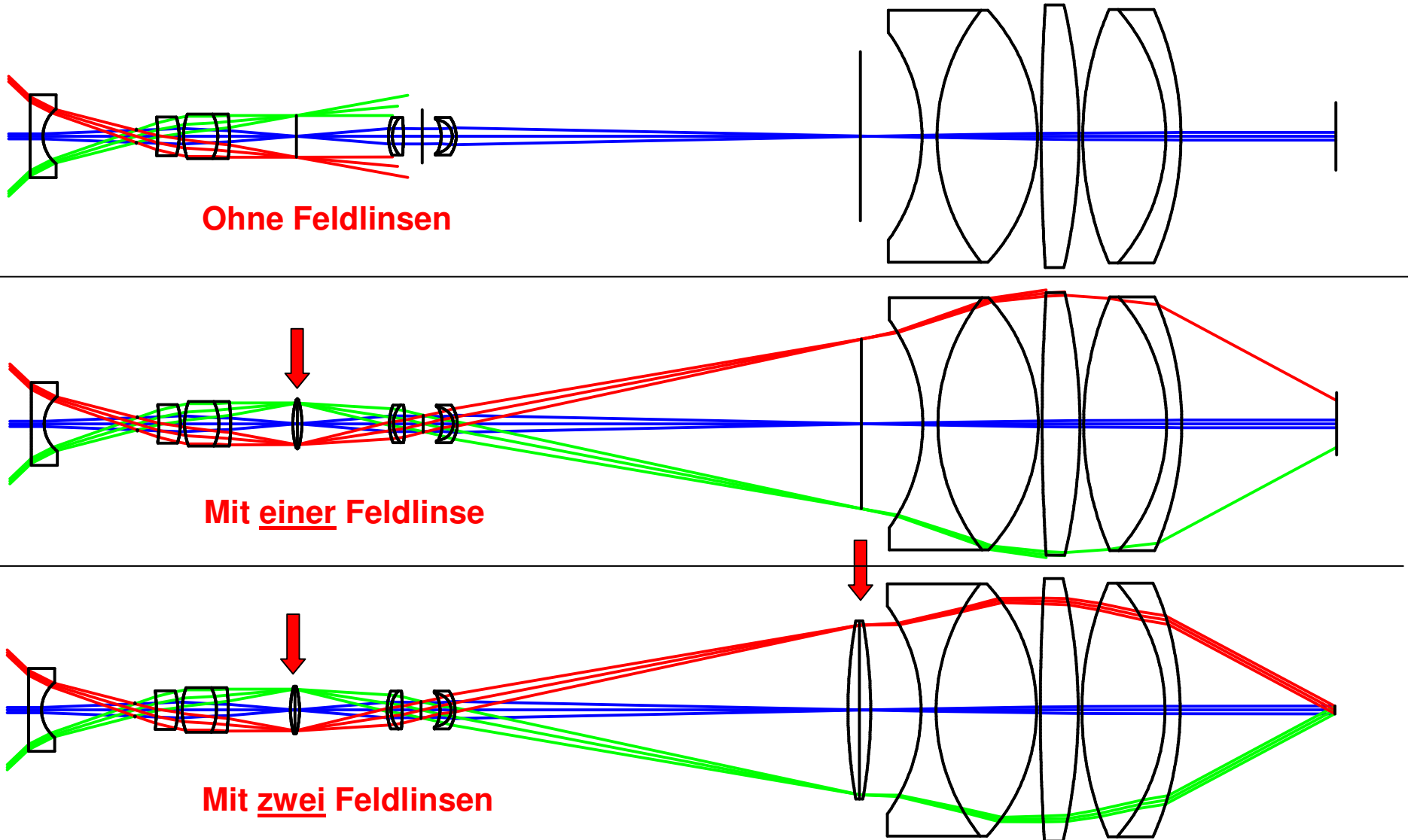
Korrektionsmethoden

Feldlinsen

- Feldlinse: in oder nahe Bildebene zur Beeinflussung des Pupillenstrahlengangs
- Nur Wirkung auf Hauptstrahl
- Kritisch: direkte konjugiert zum Bild, Unsauberkeiten scharf sichtbar



Korrektionsmethoden Feldlinsen im Endoskop



Korrektionsmethoden

Inhalt:

1. Einführung
2. Öffnungsfehler
3. Symmetrieprinzip
4. Koma
5. Astigmatismus und Bildfeldwölbung
6. Farbfehler
7. Feldlinsen
8. Blendenlage und Verzeichnung
9. Anspannung und Ansatz

Korrektionsmethoden

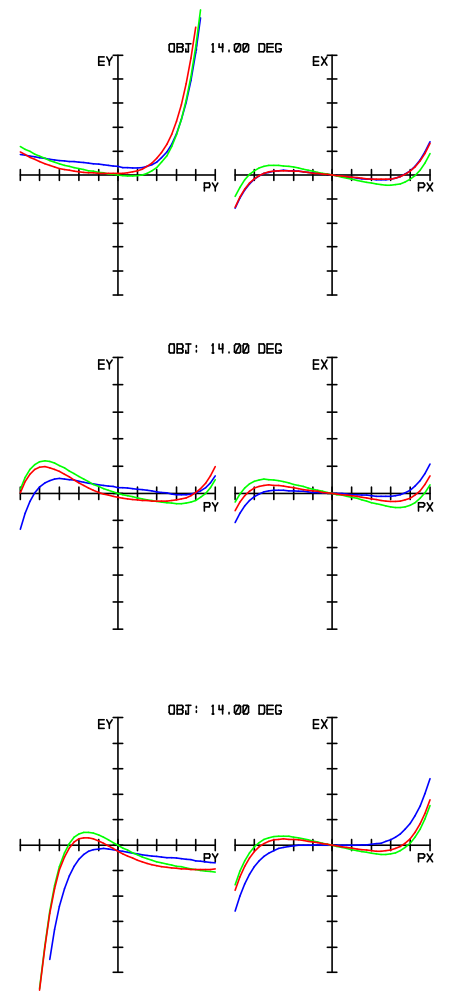
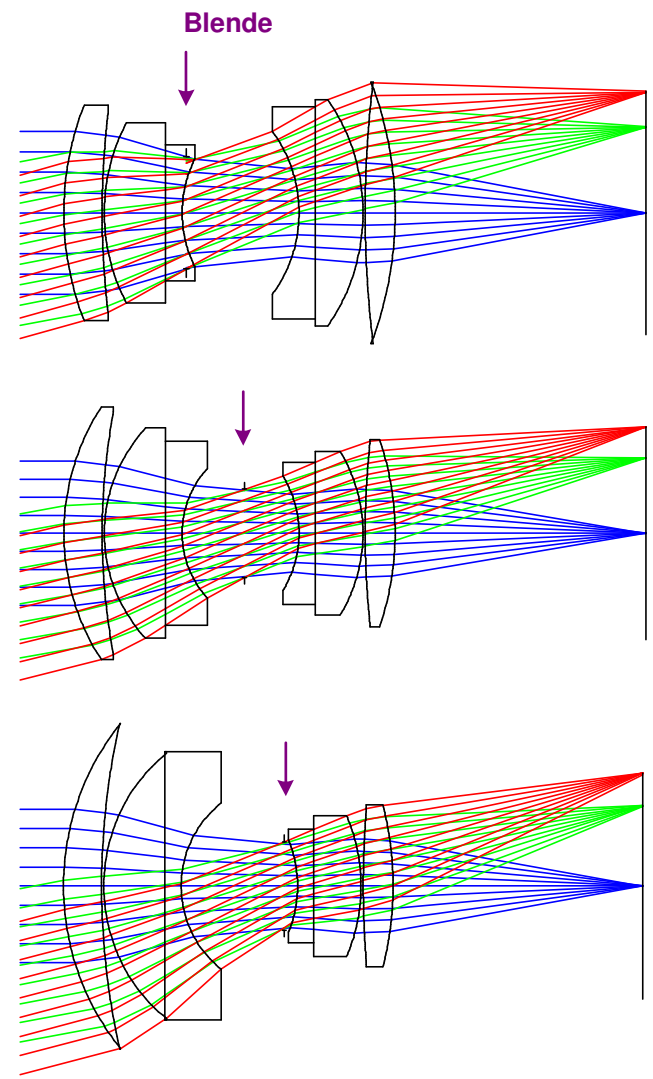
Blendenlage

- Die Position der wirksamen Blende im System legt den Hauptstrahlverlauf fest und wirkt daher sehr stark auf Koma, Verzeichnung, Astigmatismus und CHV
- Die sogenannte natürliche Blendenlage läßt die Koma 3. Ordnung verschwinden und liefert ein Asymmetriefehler-freies Bild
- Speziell Feldlinsen können dazu benutzt werden, um den Pupillentransport im System günstig zu gestalten und die Entstehung asymmetrischer Bildfehler zu vermeiden.

Korrektionsmethoden

Koma und Blendenlage

- Beispiel :
Photoobjektiv mit geringfügig verschobener Blende
- Starke Änderung der meridionalen Querabweichungen



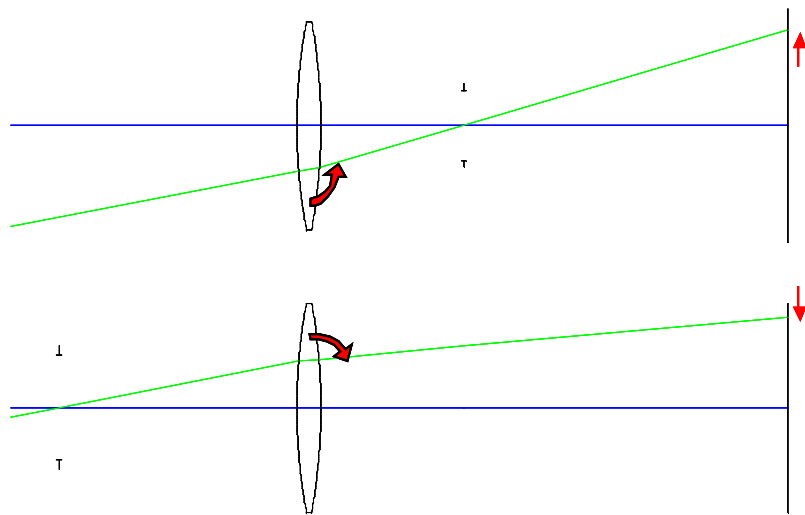
Korrektionsmethoden

Verzeichnung und Blendenlage

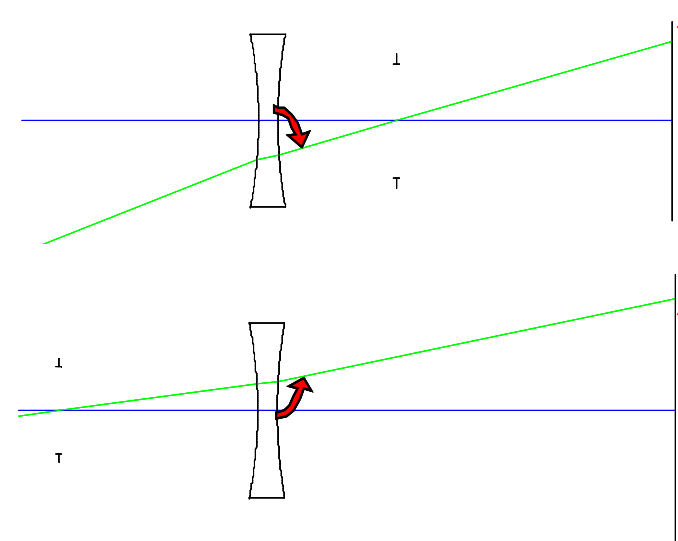
- Vorzeichen der Verzeichnung bei Einzellinsen je nach Blendenlage :
- Starke Hauptstrahlumlenkung liefert Verzeichnung

Linse	Blende	Verzeichnung	Beispiele
Positivlinse	Hinterblende	$V > 0$	Teleobjektiv Lupe
Negativlinse	Vorderblende	$V > 0$	
Positivlinse	Vorderblende	$V < 0$	Retrofokusobjektiv
Negativlinse	Hinterblende	$V < 0$	Umgedrehtes Okular

Positiv



Negativ



Korrektionsmethoden

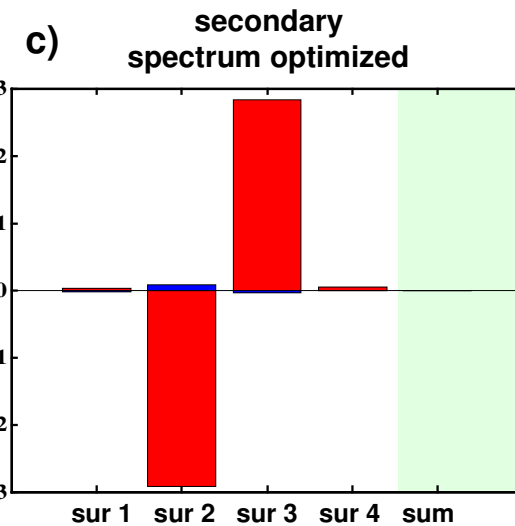
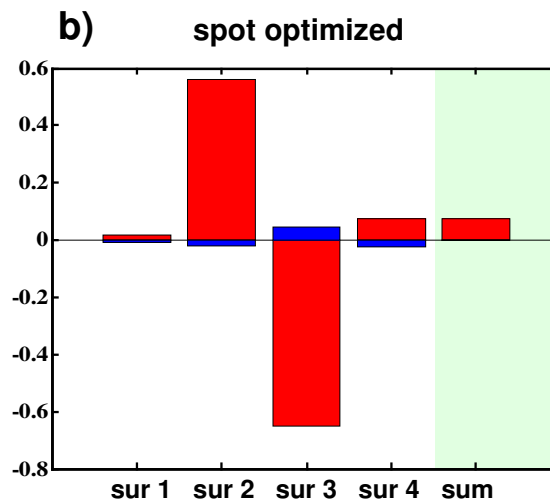
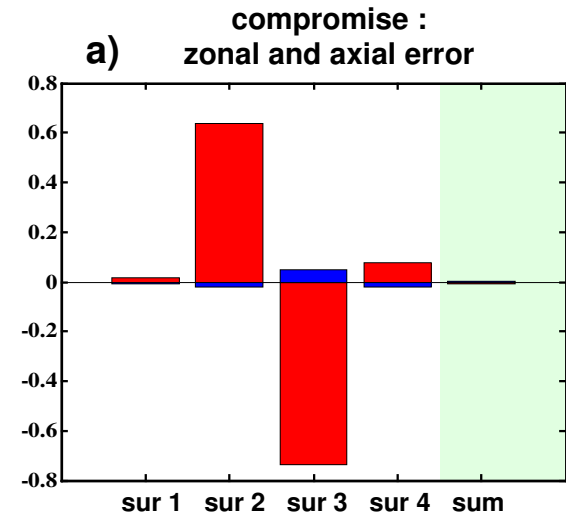
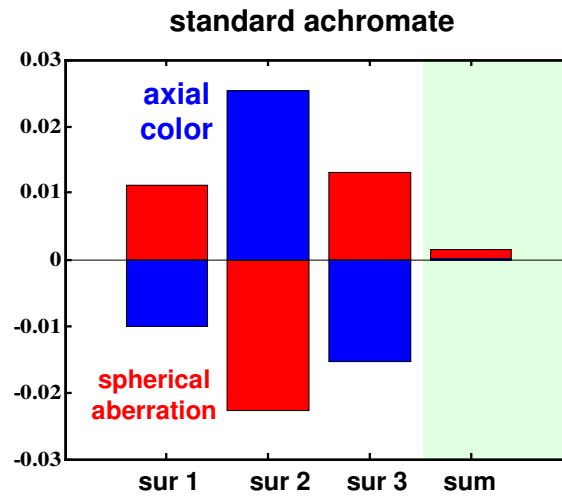
Inhalt:

1. Einführung
2. Öffnungsfehler
3. Symmetrieprinzip
4. Koma
5. Astigmatismus und Bildfeldwölbung
6. Farbfehler
7. Feldlinsen
8. Blendenlage und Verzeichnung
9. Anspannung und Ansatz

Korrektionsmethoden

Coexistence of Aberrations : Balance

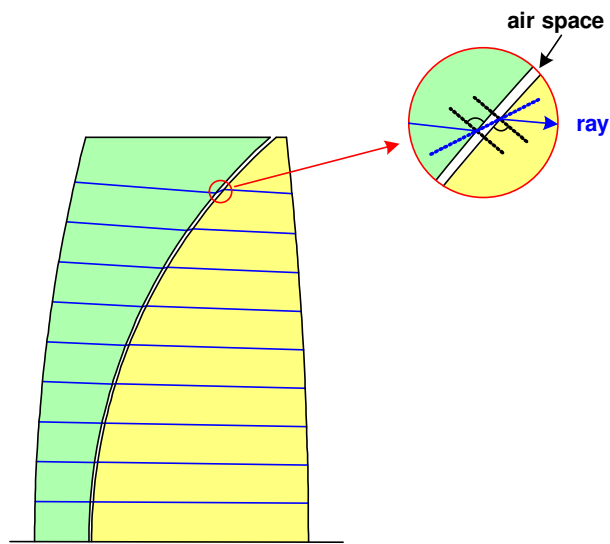
- Example: Achromate
- Balance :
 1. zonal spherical
 2. Spot
 3. Secondary spectrum



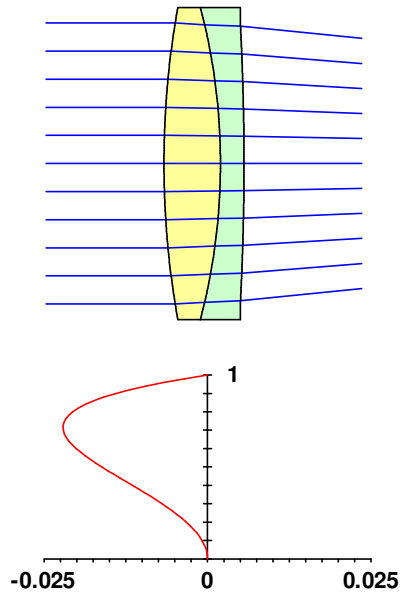
Korrektionsmethoden

Higher Order Aberrations : Achromate

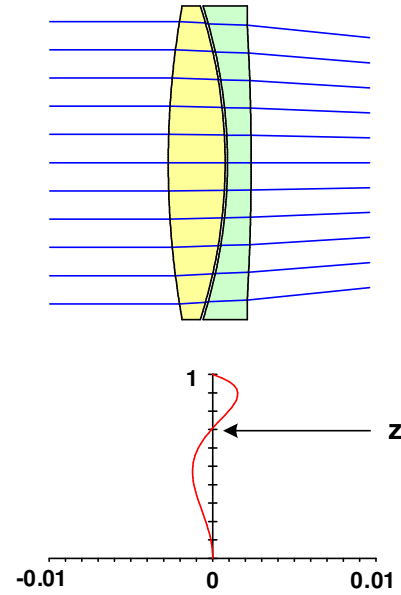
▪ Splitted achromate



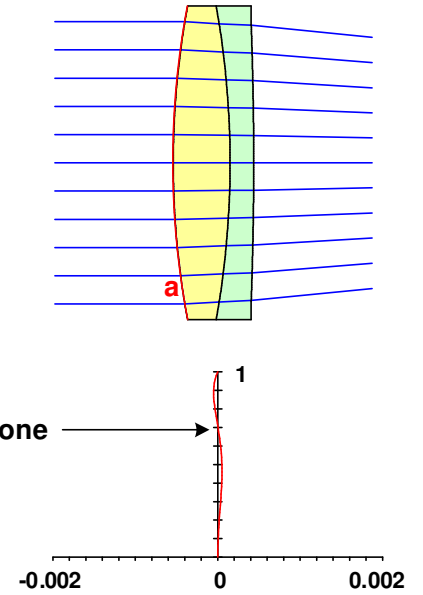
achromat



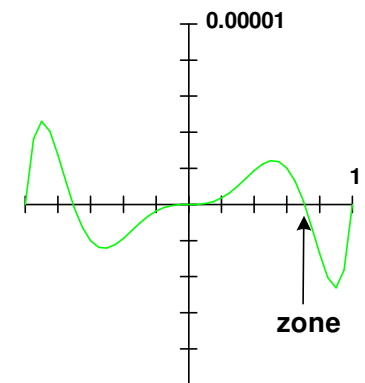
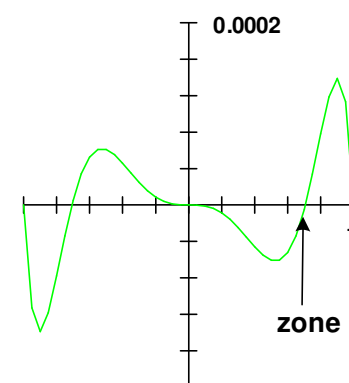
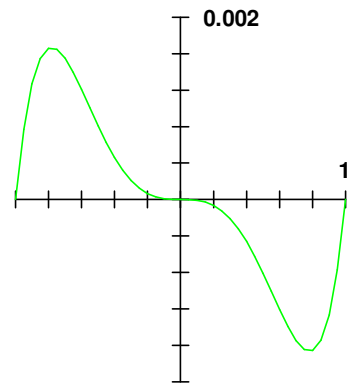
broken contact



aspheric



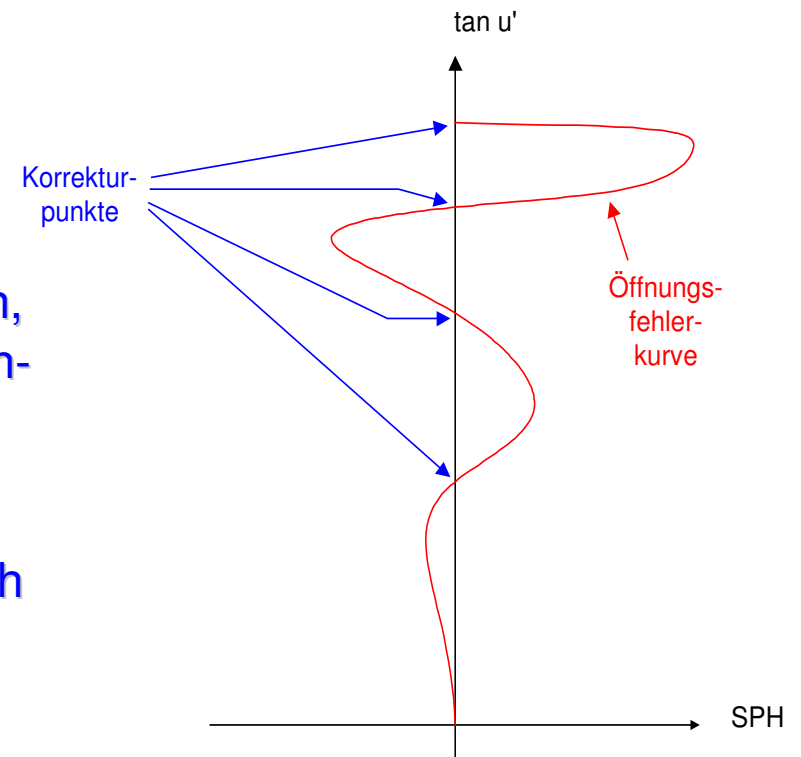
▪ Aspherical surface



Korrektionsmethoden

Asphärisierung

- Zusätzliche Freiheitsgrade für die Korrektur
- Korrektur des Öffnungsfehlers für Anzahl von Aperturstrahlen
- Stark angespannte Asphäre : viele Koeffizienten, Korrektur hoher Ordnungen, ausgeprägte Zonenfehler
- Asphären zur Öffnungsfehlerkorrektur sitzen in Pupillennähe, Koma-Korrektur ist problematisch
- Asphären nahe der Bildebene : Korrektur von Verzeichnung und Astigmatismus
- Einsatz von mehr als einer Asphäre : Korrelationswirkung möglich



Korrektionsmethoden

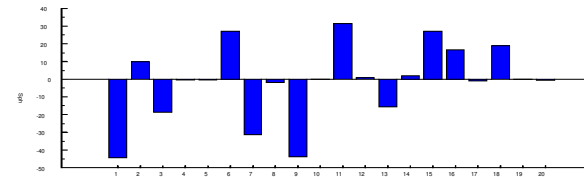
Anspannung eines Systems

- Belastung :
Mittelwert aller Apertur- und Feld-gewichteten flächenbezogenen Bildfehlerkoeffizienten
- Korrigierbarkeit :
Mittelwert aller Apertur- und Feld-gewichteten gesamt-Bildfehlerkoeffizienten
- Gesamtbrechkraft eines Systems :

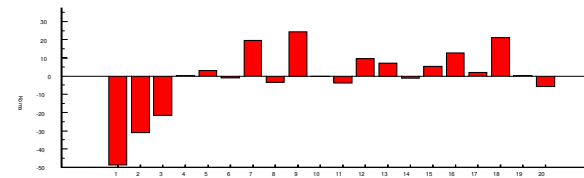
$$F = F_1 + \sum_{j=2}^k \omega_j F_j$$

mit Höhenverhältnis des paraxialen Randstrahls

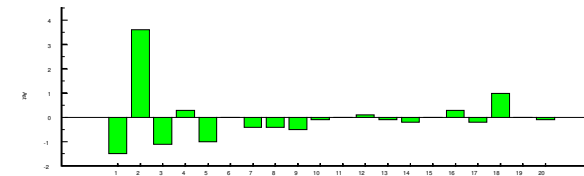
$$\omega_j = \frac{h_j}{h_1}$$



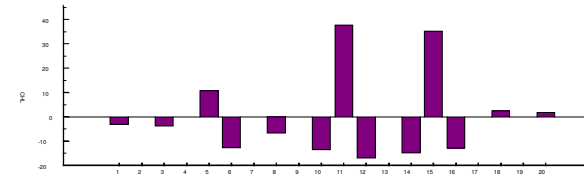
Sph



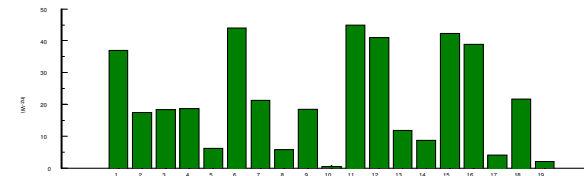
Koma



Ast



CHL



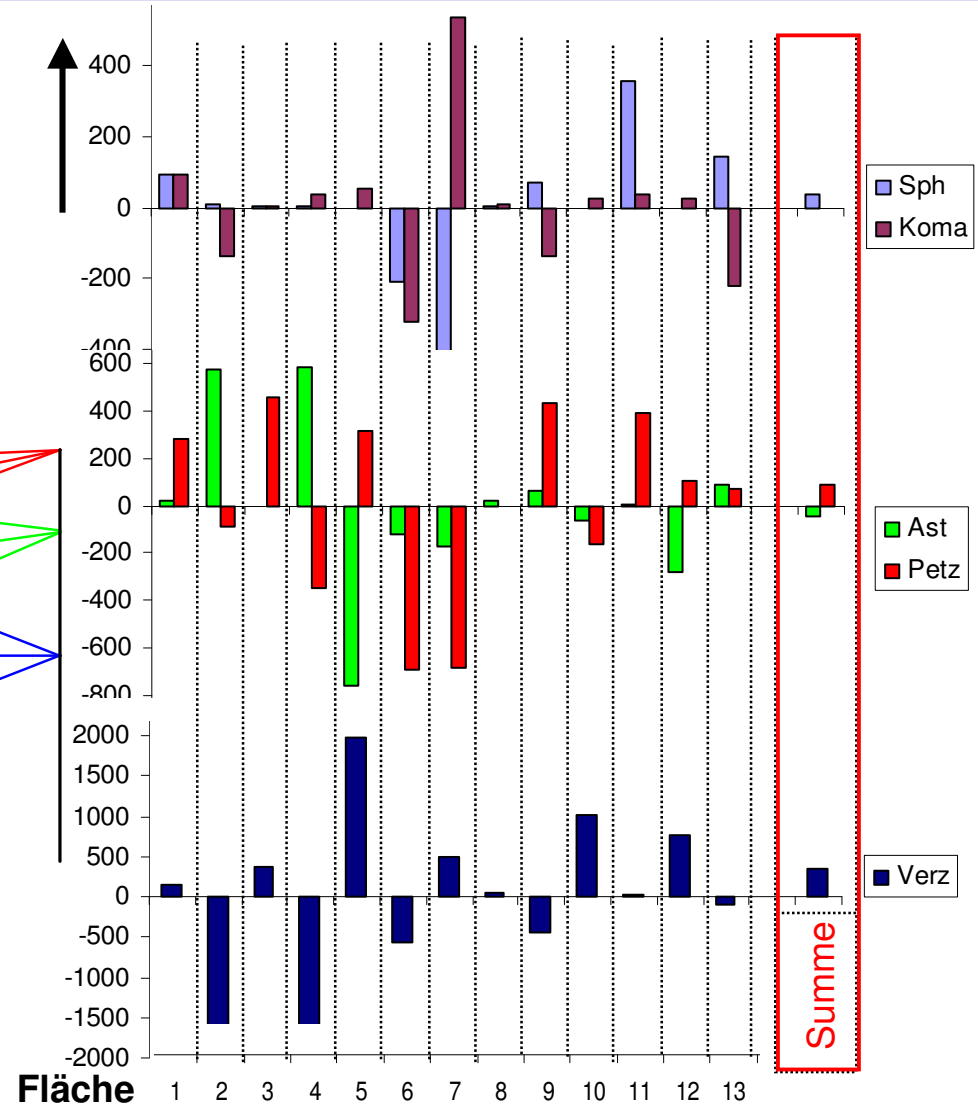
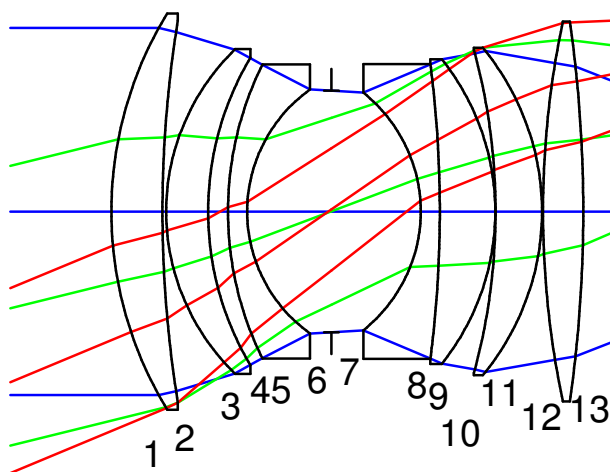
Inzidenzwinkel

Korrektionsmethoden

Anspannung eines Systems

Darstellung der Seidel-Koeffizienten
(in Wellenlängen)

Doppelgauss 1.4/50



Korrektionsmethoden

Ansatz eines Systems

1. Aufbau im Paraxialbereich : Parameter sind :
 - Brechkräfte der Komponenten
 - Lage der Komponenten im System
 - Strahlhöhen / Durchmesser, Baubedingungen
 - Brechzahlen / Materialien der Linsenkomponenten (Petzvalkrümmung)
2. Korrektur der Seidelschen Bildfehler
3. Einführung endliche Dicken
4. Betrachtung der höheren Ordnungen
5. Feinkorrektur, Bildgüte-Kompromiß, Empfindlichkeiten, Kosten
6. Tolerierung, Fertigungsangaben, Justage- / Montage-Konzept