

# Praktikumsanleitung Optiksimation – mit dem Programm WinLens TO SS 2015 , Dr. R. Nedkova-Baetz

## Versuch 1 – Linse und Abbildungsfehler

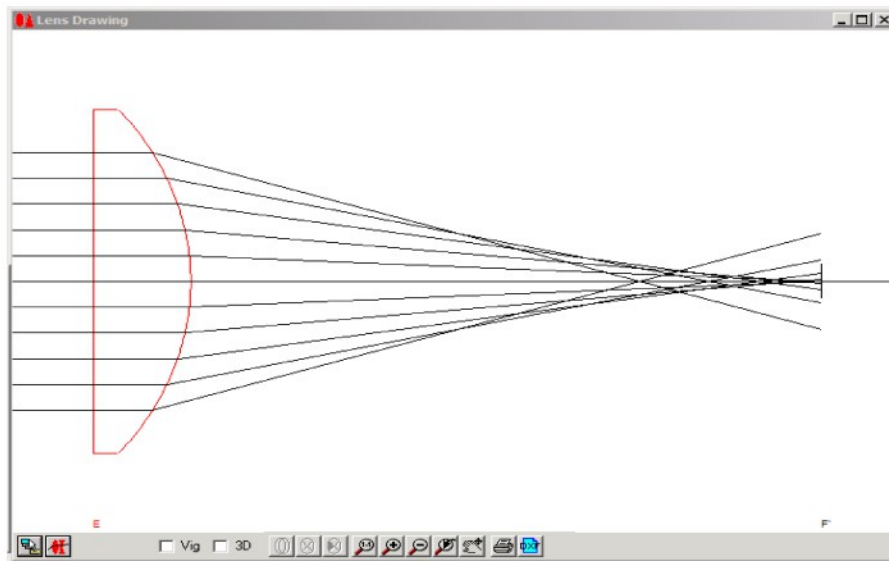
### Aufgabe 1 – Plankonvexlinse , Abbildungsfehler

Die Plankonvexlinse 312340000 mit Durchmesser 40 mm aus der Datenbank **Database > Lens Database** auswählen.

Die Glasdaten in der Datenbank unter **Database > Alternate Glass Finder** mit denen von Schott-Glas (NBK7,  $n=1,6241$ ) ersetzen. Statt vorgegebener Spektrallinien nehmen wir für unsere Berechnung in **Main > Waveband** das Triplet  $R=643,85$  nm,  $G=546$  nm und  $B=480$  nm.

Im System Parameter Editor werden die Randbedingungen definiert – Objekt im Abstand „unendlich (-INFINITY)“ -Parallelstrahl und mit Größe  $0^\circ$ , Eintrittspupille 30 mm (**Stop Rad** = 15 mm).

Ein monochromatischer Strahl wird durch die Linse durchgelassen, und in der Strahlengrafik (**Lens Drawing**) werden die Queraberration und die Längsaberration (Komponenten des Öffnungsfehlers) sichtbar.



Durch ein einfaches „Umdrehen“ der Linse (die Planfläche zeigt nun nach rechts gegen den Brennpunkt) wird der Öffnungsfehler (Sphärische Aberration) überraschend verkleinert.

Die Queraberration (**Transverse Ray Aberrations**) und die Längsaberration (**Longit. Aberr.**) sind in den entsprechenden Grafiken zu vergleichen.

## BILDFELDWÖLBUNG , ASTIGMATISMUS, KOMA

Man nimmt ein Objekt mit Objektwinkel  $10^\circ$ , danach mit  $15^\circ$  und mit  $20^\circ$ .

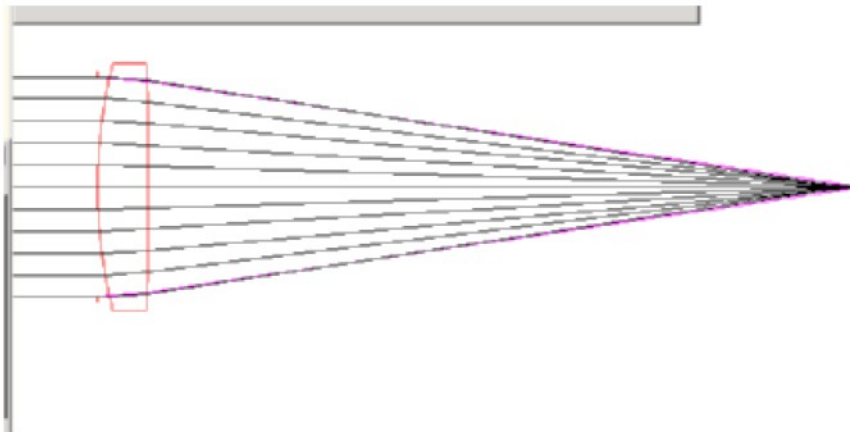
Aus den „Graphs“ sind die Feldaberrationen (**Field Aberrations**) zu entnehmen und zu vergleichen. Aus den „Tables“ sind die Seidel Aberrationen zu entnehmen und zu vergleichen.

## **Aufgabe 2 – Plankonvexlinse, Optimierung**

Mit Optimierung (mögliche Variablen - 1 Radius, 2 Radien, 2 Radien & Linsenbreite) kann man die oben beschriebenen Fehler noch um einiges verringern.

Von der Datenbank Linse 312286000 wählen und das Silica-Material durch ein OHARA- Glas mit ähnlichen Eigenschaften ersetzen - BSL7Y - (Eintrittspupille 20 mm, alles andere unverändert). Öffnungsfehlergrafik zum Vergleich speichern.

Lässt man die 2 Radien variieren – in der Zielfunktion („**merit function**“ in der „**Optimise**“ ) - erhält man nach der Optimierung reduzierte Öffnungsfehler.



Mit der gespeicherten Öffnungsfehlergrafik vergleichen.

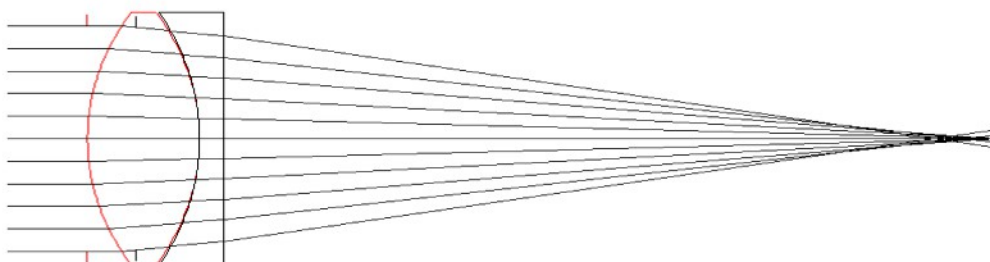
(Weg zu „Linse bester Form“ )

## **Versuch 2 - Einen Achromat zusammenbauen und optimieren**

Man nehme die bikonvexe Linse 311026000 und ersetze das Glas mit (Kronglas) Schott K7.

Um die Abbildungsfehler zu korrigieren, nimmt man als zweite Linse eine zerstreue (in diesem Falle eine plankonvexe Linse 314315000, wo das Glas entsprechend mit dem Flintglas – Schott F2 von uns ersetzt wird.

Die Eintrittspupille beträgt 20 mm.



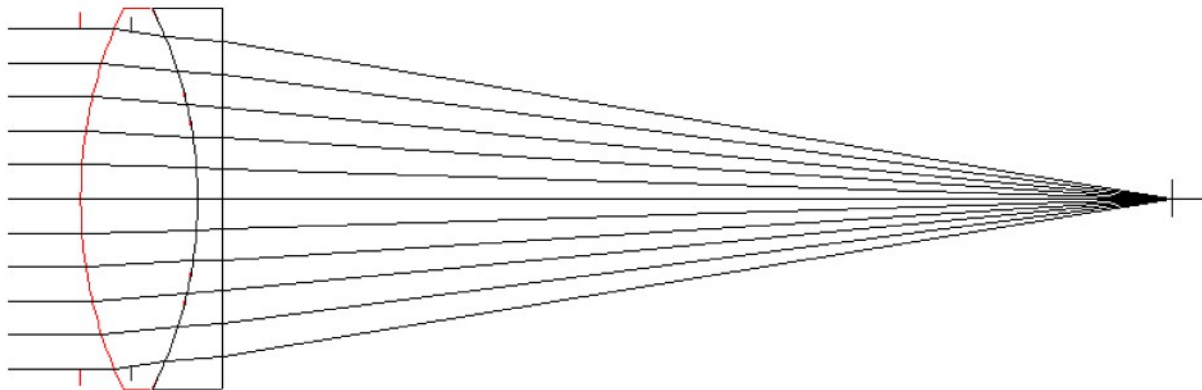
Zuerst sind die Abbildungsfehler von dieser Anordnung zu betrachten und für den späteren Vergleich zu speichern.

Mit Zielsetzung Reduzierung der Längs- und Queraberration und der Farbabweichung startet man die Optimierungsprozedur.

Variablen sind die Radien, jedoch nicht die Flächenabstände.

Optimisation variables & limits						Optimisation variables & limits					
Surfaces		Separations		Materials		Surfaces		Separations		Materials	
#	Part	Curve	Radius	Curve: [variable or fixed]		#	Part	Separation between surfaces	Separation: [variable or fixed]	center thickness lower limit	t
1	*1	0,0	0,0			1	*1	- gap -	Fixed		
2	2_Lens.311026000	0,04097	24,406	Variable		2	2_Lens.311026000	7,00	Fixed		
3	"	-0,04097	-24,406	Variable		3	- gap -		Fixed		
4	4_Lens.314315000	-0,0384	-26,039	Variable		4	4_Lens.314315000	1,50	Fixed		
5	"	0,0	Plane	Fixed		5	- gap -				
						6	Defocus	0,00	Fixed		

Nach erfolgreicher Optimierung „verschwindet“ in der Strahlengrafik (bei gleichem Maßstab) der Öffnungsfehler.



Die Fehlergrafiken des Resultats sind mit denen der Ausgangsanordnung zu vergleichen.

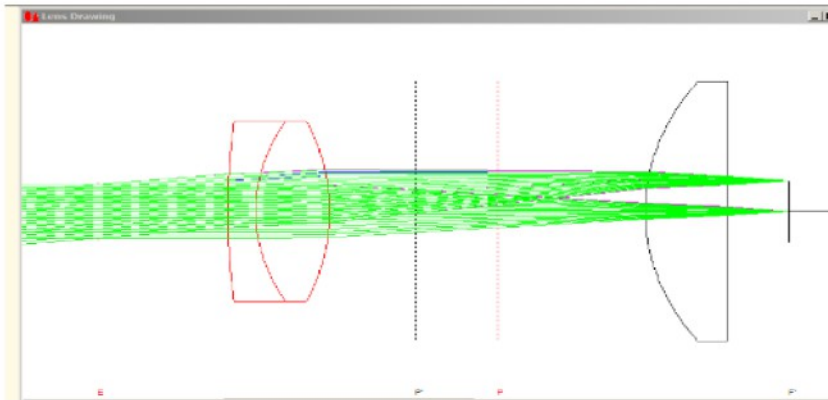
Die Fehlergrafiken des Resultats sind auch mit denen eines fertigen Achromates (Achromat 322284000 – Fernrohrachromat) aus der Datenbank zu vergleichen.

### Versuch 3 – Zusammenbau und Optimierung eines Okulars nach Kellner aus Achromat und Plankonvexlinse

Man nehme den Achromat 322223000 /Augenlinse/ aus der Datenbank, ein Objekt mit Objektwinkel  $1,5^\circ$  und Eintrittspupille 30 mm (Stop Rad = 15 mm). Das Objekt ist unendlich entfernt vom Achromaten.



Man nehme die Linse 31225800 /Feldlinse/ dahinter



und stelle die Anordnung des Systems folgendermaßen:

- Eintrittspupille des Systems (wir rechnen zurück) ist die Eintrittspupille des Auges, insofern ist sie mit Durchmesser 3,7 mm fixiert.
- Aus Konstruktionsgründen nehmen wir für den Abstand der Pupille 7 mm vor dem Achromat.
- Damit unser Auge das Abbild entspannt betrachten kann, ist das „Objekt“ unendlich entfernt.
- Der Ursprungsabstand zwischen den beiden Konstruktionselementen beträgt 12 mm.

Die Abbildungsfehler dieser Anordnung werden zum Vergleich gespeichert.

Nach der Optimierung - Ziel ist auch eine Okularervergrößerung  $\times 20$  /sprich bei effektiver Brennweite 12,5 mm - und bei fixierter Bezugssehweite 250 mm nach DIN 58383 / – und unsere einzige Variable ist der Abstand zwischen den beiden Konstruktionselementen - verringern sich die Abbildungsfehler.

Man vergleiche die Abbildungsfehler des so optimierten Okulars auch mit den Fehlern eines kommerziellen Kellner-Okulars.

Die Analyse des Astigmatismus beider Okulare erklärt die größere vertikale Ausdehnung des Spotdiagramms bei den Standardlinsen durch die ebenfalls größere Wölbung der zugehörigen meridionalen „Bildschale“.

Astigmatismus -der Abstand beider Kurven- und Bildfeldwölbung sind neben dem Farbfehler die wichtigsten Abbildungsfehler beim Okular.

#### \* **Erfle-Okular**

Die vom deutschen Optiker [Heinrich Erfle](#) erfundenen Erfle-Okulare bestehen aus drei Linsengruppen. Insbesondere ist zwischen zwei gegenüber liegenden [Doublets](#) eine [Sammellinse](#) eingefügt. Es erscheint damit als eine Erweiterung des [Plössl-Okulars](#) um eine weitere Linse. Das "Erfle" gibt typischerweise ein [scheinbares Gesichtsfeld](#) von bis zu  $68^\circ$  und war damit das erste echte Weitwinkel-Okular. Die ersten Anwendungen erfolgten in [Feldstechern](#) und [Periskopen](#). Das Erfle wird in der Ausführung als Fünflinser oft als *Superplössl* oder *Ultima* bezeichnet.

Erfle neigen am Rand des Gesichtsfeldes zu Astigmatismus, einer ellipsenförmigen Verzerrungen von Lichtquellen. Außerdem kommen leicht interne Reflexionen vor ("Geisterbilder"). Dies macht Erfle-Okulare für die Beobachtung heller Objekte, z.B. von Planeten, in der beobachtenden Astronomie weniger geeignet. Sie eignen sich hingegen gut für lichtschwache, ausgedehntere Objekte wie offene Sternhaufen und Reflexionsnebel.

Erfle-Okulare sind vergleichsweise günstig herzustellen. Sie werden daher noch heute für die Amateur-Astronomie oder Weitwinkel-Ferngläser produziert.

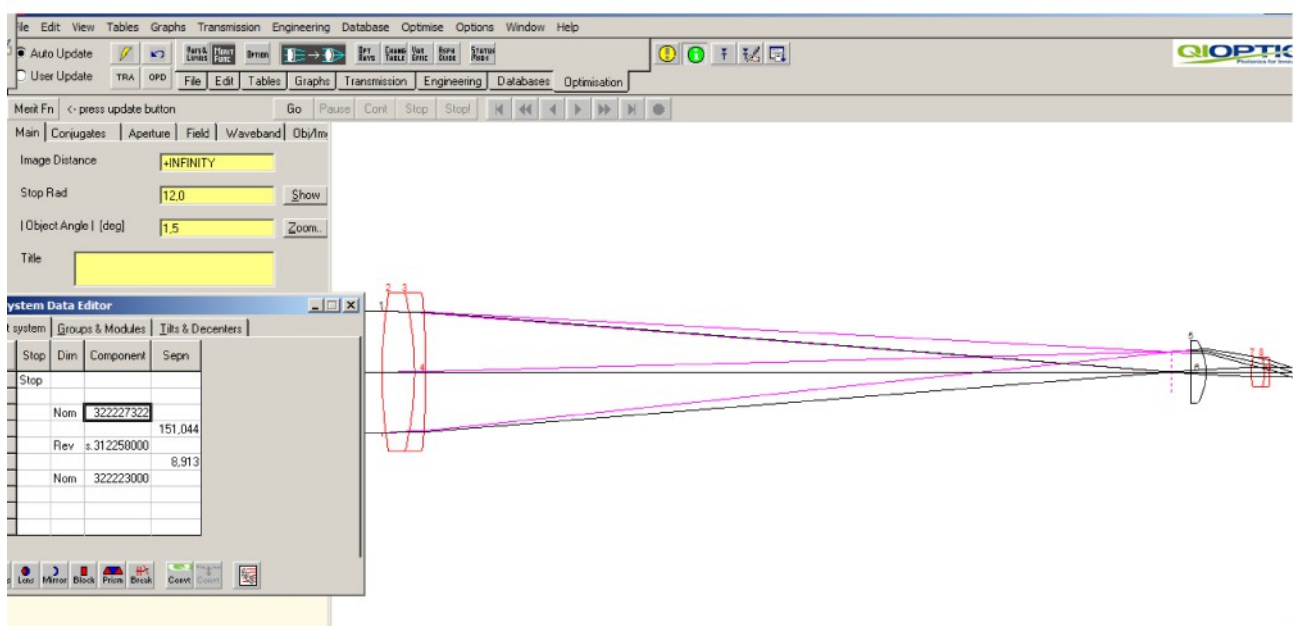
Ein Erfle-Okular von der Datenbank wird gezeigt. Ein großes Objekt – 25 Grad - wird abgebildet.

Da die hier enthaltenen Gläser unserem optischen Raytracingprogramm Winlens nicht genehm sind (zu alt oder zu teuer) – können wir hier versuchen, aus der Glasdatenbank einen günstigen Ersatz zu finden und danach den Okular zu optimieren.

### Versuch 4 – Zusammenbau eines Fernrohrs aus einem Kellner-Okular und einem Achromat

Ein Fernrohr 12x31,5 ist mit dem im Versuch 3 berechneten Kellner-Okular ( $f_o=12,5$ ) und dem Achromat 322227322 ( $f_a=150$ ,  $d=31,5$  mm) zu bauen.

Die Vergrößerung des Fernrohrs  $V_f$  ergibt sich aus  $V_f = f_a / f_o$



Beim Optimierung wird unsere einzige Variable der Abstand zwischen dem neuen Achromat und dem Kellner-Okular.

### **LITERATUR – bei Interesse, NACH dem Vorlesungsskript zu empfehlen :**

1. SEHR einfach:

1a - <http://www.thur.de/philo/tanja/abbildung/index.htm>

1b - <http://de.wikipedia.org/wiki/Okular>

2. Hecht , Eugene. Optik – Oldenburg, München – 2005