

Prof. Dr. Jürgen Nolting
Dipl.-Ing. (FH) Torsten Sroka

Geo-Optik Toolbox Eine Sammlung nützlicher Optik- programme im Internet

In der DOZ 7/2001 wurde die Programmiersprache Java von Menne und Nolting vorgestellt.^[1] Es wurde beschrieben, dass Java eine objektorientierte Programmiersprache ist, die im Internet verwendet wird, um Web-Seiten aufzuwerten. Aber Java bietet auch alles, was für eigenständige Programme nötig ist.

Im Rahmen einer Diplomarbeit, die am Studiengang Augenoptik an der Fachhochschule Aalen durchgeführt wurde, sind nun Applets (Java-Programme fürs Internet) entstanden, mit denen Berechnungen zur geometrischen Optik gemacht werden können – direkt im Web-Browser. Sie sollen für interessierte Studenten, Lernwillige und Neugierige einfache Werkzeuge darstellen, um im Studium oder bei der Arbeit (oder auch nur zum Spaß) häufig wiederkehrende Rechenschritte zu vereinfachen. Natürlich ersetzen diese Programme kein Optik-Rechenprogramm. Aber wenn es zum Beispiel darum geht, „mal eben“ den Brechungsindex eines Massenglases bei irgendeiner Wellenlänge zu bestimmen, die zufällig nicht im Schott-Katalog steht oder den Ablenkwinkel eines Prismas herauszufinden, wird man diese Programme schnell schätzen lernen. Folgende Programme kann man in diesem Werkzeugkasten (engl. toolbox) finden:

- Brechungsindices von Massengläsern
- Paraxiale Schnittweitenberechnung für eine Einzellinse
- Paraxiale Schnittweitenberechnung für maximal 99 Flächen
- Berechnungen an einer planparallelen Platte
- Berechnungen am Prisma

Zusätzlich gibt es noch eine Reihe von Programmen zur Berechnung von Abbildungsfehlern:

- Sphärische Aberration
- Koma
- Astigmatismus und Bildfeldwölbung
- Verzeichnung
- Chromatischen Aberration

Sie finden diese Programme über einen Link auf der Startseite <http://www.fh-aalen.de/sga> des Studiengangs Augenoptik der Fachhochschule Aalen.

1 Einleitung

Applets sind kleine Java-Programme, die in eine Web-Seite eingebunden werden können, um diese zu verschönern oder aber auch um ihr eine zusätzliche Funktionalität zu verleihen. Durch die Einführung von Java hat sich das Internet stark verändert. Während bis dahin das World Wide Web nur aus unbewegten Bildern und Texten bestand, ist es nun möglich, bewegte Animationen, Online-Spiele und interaktive Programme in eine Web-Seite einzubauen. Mit Hilfe von Java ist es möglich, Programme zu entwickeln, die über das Web verbreitet und

mit einem Browser gestartet werden können. Hierzu muss der Browser javafähig sein. Das ist zum Beispiel für alle neueren Versionen des Internet Explorers und des Netscape Navigators der Fall. Ab Generation vier geht es problemlos. Ein solcher javafähiger Browser enthält einen Java-Interpreter (die Java Virtual Machine JVM) und die Laufzeitbibliothek, die benötigt wird, um die Ausführung der Programme zu unterstützen.

Ein Applet kann als eine neue Art von Binärprogramm angesehen werden, das über verschiedene Hardware- und Betriebssystemplattformen hinweg portabel ist und somit auf einfache Weise im Internet verteilt werden kann. Im Gegensatz zu den eingeschränkten Möglichkeiten, die Script-Sprachen wie JavaScript bieten, sind Applets vollständige Java-Programme, die alle Merkmale der Sprache voll nutzen können. Ein Applet besitzt alle Eigenschaften eines grafischen Ausgabefensters und kann zur Anzeige von Text, Grafik und Dialogelementen verwendet werden. Anstelle explizit auszuführender Installationsroutinen lädt der „ClassLoader“ des Browsers die Bestandteile eines Applets einfach aus dem Netz und führt sie direkt aus.^[2,3]

Sicherheit war eines der wichtigsten Designziele bei der Entwicklung von Java und es gibt eine ganze Reihe von Sicherheitsmechanismen, die verhindern sollen, dass Java-Applets während ihrer Ausführung Schaden anrichten. So ist es einem Applet, das in einem Web-Browser läuft, beispielsweise nicht erlaubt, Dateioperationen auf dem lokalen Rechner durchzuführen oder externe Programme zu starten. Dies geht nur, wenn der Benutzer eindeutig die Erlaubnis dafür erteilt. Sie sollten daher keine übertriebene Angst haben, die Java-Programme der Toolbox auszuführen, denn sie können keinen Schaden an Ihren Daten anrichten, sie benötigen keine Dateien auf dem Rechner und speichern auch nichts auf der Festplatte.

2 Programme zur Berechnung von Eigenschaften und paraxialen Strahlverläufen dioptrischer Systeme

Um nun im Internet auf die Seite mit den Applets zugreifen zu können, sollten Sie einfach dem Link direkt von der Homepage des Studiengangs Augenoptik (<http://www.fh-aalen.de/sga>) folgen. Auf der Seite der Geo-Optik Toolbox angelangt, sollte der Browser das in Abbildung 1 gezeigte Bild wiedergeben.



Abb. 1: Startseite der Geo-Optik Toolbox

In der Startseite ist auch ein Applet eingebaut, das zeigt, ob ihr Browser (Netscape Navigator, Internet Explorer oder Opera) wirklich javafähig ist. Dort blinzelt ein Auge in regelmäßigen Abständen. Falls nicht, dann sollten Sie sich einen moderneren Browser zulegen, um noch mehr Spaß im Internet zu haben, denn auf vielen Web-Seiten befinden sich Applets, die das Leben im Internet erst interessant machen. Sollten Sie bereits einen modernen Browser einsetzen und die Applets laufen trotzdem nicht, so kontrollieren Sie bitte, ob in den Grundeinstellungen des Browsers die Ausführung von Java-Programmen zugelassen ist.

Alle Applets der Toolbox sind ähnlich aufgebaut. Es können in Textfeldern oder in Auswahlboxen einfache Veränderungen vorgenommen werden, die das Applet dann aufnimmt und damit die Berechnung durchführt. Im unteren Teil des Applets werden dann die Ergebnisse ausgegeben. Bei allen Applets ist zu beachten, dass alle Längen und Krümmungsradien in Millimeter eingegeben werden müssen. Die Nachkommastellen werden anstatt mit einem Komma durch einen Punkt abgetrennt. Um Eingaben in den Textfeldern zu erleichtern, sind dort schon Parameter voreingestellt, damit der Benutzer des Programms ein Beispiel berechnen kann, ehe er eigene Werte einträgt. Um eine Berechnung in dem jeweiligen Applet zu starten, ist einfach die Auswahlbox zu betätigen oder in einem Textfeld ein Parameter zu verändern und mit Return zu bestätigen. Daraufhin werden die Werte vom Programm eingelesen und die Berechnung beginnt.

In der oberen rechten Ecke der Startseite der Geo-Optik Toolbox befinden sich die Links zu den einzelnen Programmen. Sie sind einfach anzuklicken. Doch nun zur Beschreibung der einzelnen Werkzeuge. Ein Tipp: Wenn Sie sich für die optischen Grundlagen interessieren, so ist das bekannte Buch „Technische Optik“ von Schröder^[4] sehr empfehlenswert.

2.1 Brechungsindices von Massengläsern

Verfolgt man den Link „Brechungsindices von Massengläsern“, kommt man zu dem in Abbildung 2 dargestellten Applet.



Abb. 2: Applet zur Berechnung des Brechungsindex in Abhängigkeit von der Wellenlänge

Dieses Applet kann für die zehn gebräuchlichsten Glasarten den Brechungsindex für eine beliebige Wellenlänge berechnen. Zur Erinnerung: Die Brechzahl n eines Werkstoffes ist abhängig von der Wellenlänge des auftreffenden Lichtes (chromatische Dispersion). Für alle Gläser nimmt mit zunehmender Wellenlänge λ vom violetten zum roten Ende des Spektrums die Brechzahl n ab. Die Funktion $n(\lambda)$ ist kennzeichnend für die Glasart. Für eine beliebige Wellenlänge λ kann die Brechzahl durch die Dispersionsformel erhalten werden.

Die Dispersionsformel lautet:

$$n^2 = A_0 + A_1\lambda^2 + A_2\lambda^4 + A_3\lambda^6 + A_4\lambda^8 + A_5\lambda^{10}$$

Die Konstanten A_0 bis A_5 können dem Glaskatalog der Firma Schott^[5] entnommen werden. Durch Auswählen eines Glasrohstoffes oder durch die Eingabe einer Wellenlänge berechnet das Applet sofort die dazugehörige Brechzahl des in der Auswahlbox stehenden Glases. Dabei ist die Wellenlänge in Nanometer (nm) anzugeben. Die Standardwellenlänge λ_e (546,1 nm) ist schon in dem Textfeld voreingestellt.

2.2 Paraxiale Schnittweitenberechnung für eine Einzellinse

Dieses Applet dient zur Berechnung der Schnittweite einer Einzellinse in Luft bei gegebener gegenstandsseitiger Schnittweite. Das Applet nimmt über Textfelder die Parameter einer Einzellinse entgegen und berechnet daraus anhand der Schnittweiten-gleichung die bildseitige Schnittweite. Die Berechnung erfolgt in paraxialer Näherung.

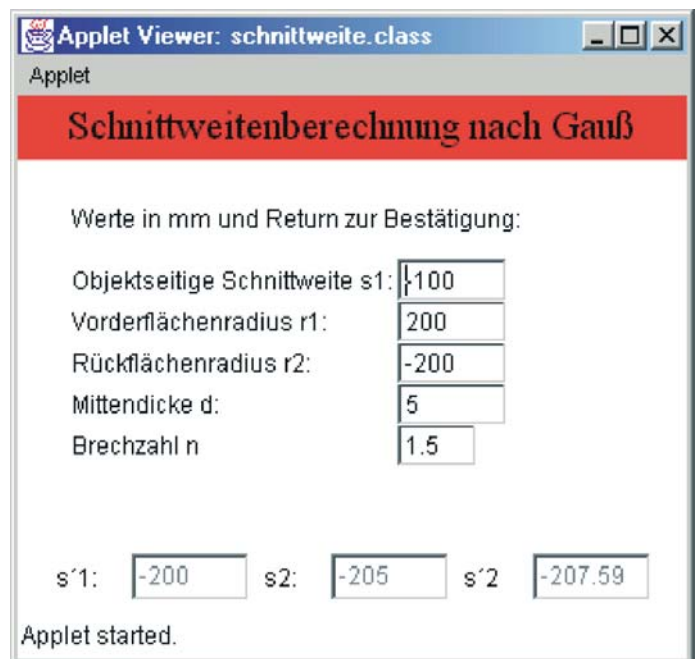


Abb. 3: Applet zur Schnittweitenberechnung für eine Einzellinse

Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, können die gegenstandsseitige Schnittweite, Linsenradien, Mittendicke und die Brechzahl verändert werden. Die unteren Textfelder im Applet geben das Ergebnis aus. $s'2$ ist die bildseitige Schnittweite. $s'1$ und $s2$ sind in der Berechnung Zwischenergebnisse und geben den Ort des

durch die erste Fläche erzeugten Bildes an. Folgende Formeln zur Schnittweitenberechnung haben bei diesem Applet Verwendung gefunden:

$$s'_1 = \frac{n_1}{\frac{n_0}{s_1} + \frac{n_1}{r_1}} \quad s_2 = s'_1 - d_1 \quad s'_2 = \frac{n_2}{\frac{n_1}{s_2} + \frac{n_2 - n_1}{r_2}}$$

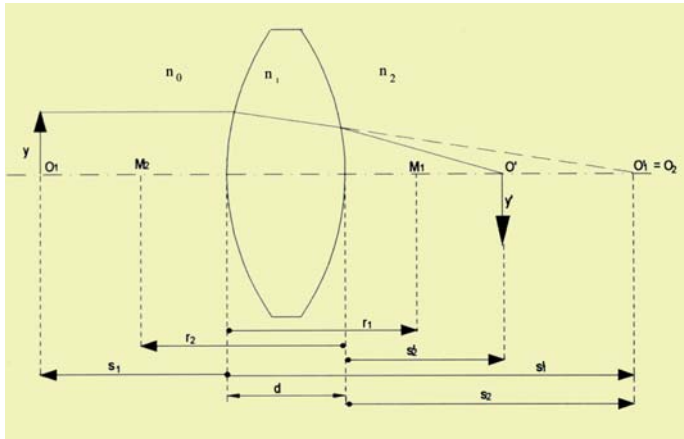


Abb. 4: Schnittweiten einer Einzellinse

In Abbildung 4 sind die zur Berechnung der Schnittweite notwendigen Größen dargestellt. Dieser Formelsatz ist auch im Applet „paraxiale Strahldurchrechnung durch maximal 99 Flächen“ angewendet worden, wobei für jede weitere Fläche die Indices um eins erhöht worden sind.

2.3 Paraxiale Schnittweitenberechnung für ein System mit maximal 99 Flächen

In diesem Applet erfolgt eine paraxiale Strahldurchrechnung durch maximal 99 Flächen. Zunächst soll die Anzahl der durchzurechnenden Flächen angegeben werden. Anschließend müssen alle Parameter des Systems (Krümmungsradien, Brechungsindices, Abstände) eingegeben werden, die dann anhand der oben angeführten Schnittweitenformel eingerechnet werden. Das Applet liest nach Angabe der Flächenanzahl in der in Abbildung 5 gezeigten Reihenfolge die Parameter des Systems ein.

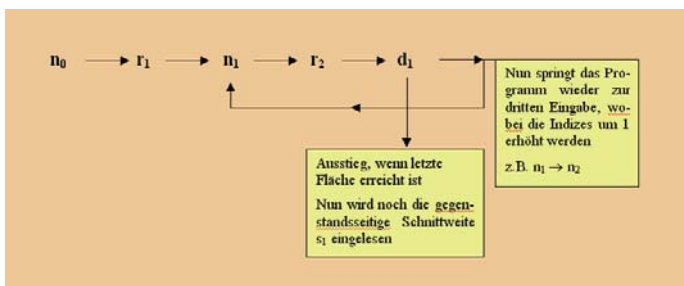


Abb. 5: Reihenfolge der Eingabeparameter

In diesem Applet gibt es noch zwei Schaltflächen (Buttons), eine davon ist beim Start des Programms sichtbar: Beim Anklicken des Buttons „Neues System durchrechnen“ springt das Programm wieder an den Anfang, so dass man alle Parameter neu eingeben muss. So kann man ein weiteres System berechnen

oder bei Eingabefeldern noch einmal von vorne beginnen.

Die andere Schaltfläche (Zwischenergebnisse) wird bei erfolgreicher Berechnung der Schnittweite sichtbar. Wenn diese angeklickt wird, öffnet sich ein Fenster, in dem alle eingegebenen Parameter und alle Zwischenergebnisse aufgelistet werden. Im Ergebnisfenster erscheinen nicht nur die Schnittweiten sondern auch die Brennweite und der Abbildungsmaßstab des Systems.

2.4 Berechnungen an einer planparallelen Platte

Durch den Link auf der Startseite kommt man auch zu dem Applet zur Berechnung des Strahldurchgangs durch eine planparallele Platte. Hier kann in der Auswahlbox der Parameter gewählt werden, der berechnet werden soll.

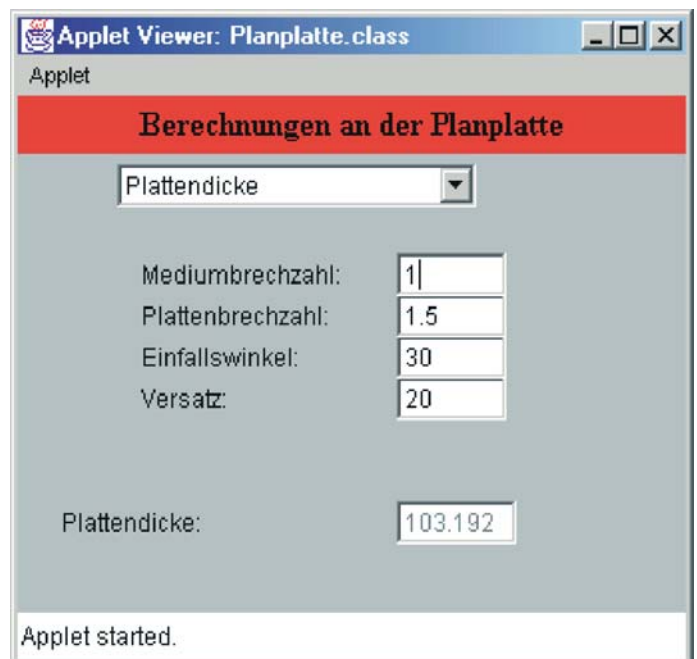


Abb. 6: Applet zur Berechnung des Strahldurchgangs durch eine planparallele Platte

Folgende Parameter können mit dem Applet berechnet werden:

- Plattendicke
- Parallelverschiebung
- Plattenbrechzahl
- Brechzahl

Sobald der gewünschte Parameter in der Auswahlbox angeklickt ist, erscheinen die zur Berechnung notwendigen Eingabeparameter und das Ergebnis für die voreingestellten Werte wird im unteren Teil des Appletfensters ausgegeben. Bei Änderungen in den Eingabefeldern wird jeweils eine neue Rechnung durchgeführt.

2.5 Berechnungen am Prisma

Dieses Applet ist vom Aufbau her dem Programm für Berechnungen an der planparallelen Platte ähnlich. Es kann über eine Auswahlbox der zu bestimmende Parameter gewählt

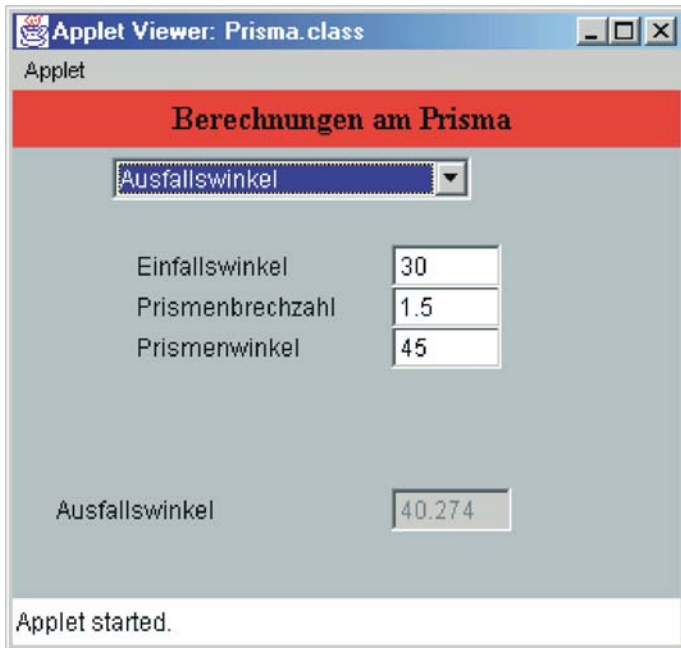


Abb. 7: Applet für Berechnungen am Prisma

werden, der dann nach Verändern der Prismenparameter berechnet wird.

Folgende Berechnungen können hier selektiert werden:

- Ablenkung
- Prismenwinkel
- Ausfallswinkel
- Einfallswinkel
- Prismenbrechzahl
- Symmetrischer Durchgang

Bei der Berechnung der Ablenkung sind zwei Varianten möglich:

(a): Einfallswinkel, Prismenwinkel und Brechzahl des Prismas sind gegeben

(b): Einfallswinkel, Prismenwinkel und der Ausfallswinkel sind gegeben

Bei der Auswahl „Symmetrischer Strahlengang“ wird der Durchgang eines Strahles berechnet, der im Prisma parallel zur Prismenbasis verläuft.

3 Programme zur Berechnung von Abbildungsfehlern

Verfolgt man den Link zur Berechnung von Abbildungsfehlern, gelangt man zu einer weiteren Web-Seite, von der aus die einzelnen Applets aufgerufen werden können. Folgende Programme sind von dort aus zu erreichen:

- sphärische Aberration
- Koma
- Astigmatismus und Bildfeldwölbung
- Verzeichnung
- Chromatischen Aberration

Bei den bisher vorgestellten Programmen werden bei der Berechnung von Abbildungen durch ein optisches System ideale Verhältnisse angenommen. Das bedeutet, dass jedem Objektpunkt ein eindeutiger Bildpunkt zugeordnet wird und die Abbildung maßstabsgetreu ist. Diese ideale Abbildung erhält man nur



Abb. 8: Auswahlmenü zur Berechnung von Abbildungsfehlern

bei der Beschränkung auf den Gaußschen Raum. Die Lichtstrahlen im Gaußschen Raum werden paraxiale Strahlen genannt. Dies sind Strahlen, die nahe der optischen Achse verlaufen und kleine Winkel zu dieser aufweisen. Die Abweichung von der idealen Abbildung nennt man Aberration oder Abbildungsfehler.

Es gibt zwei Hauptgruppen von Abbildungsfehlern, die monochromatischen und die polychromatischen Abbildungsfehler. Monochromatische Fehler treten bereits dann auf, wenn nur Licht einer Wellenlänge verwendet wird, polychromatische Fehler

NEU

VIDEOMATIC
LUPO



Bildschirmlesegerät für Text u. Bild für Sehbehinderte:
Vergrößerung bis zu 32-fach, kontrastreiches
Farbbild, in schönem Design

REINECKER
REHA-TECHNIK

info@reineckerreha.de
www.reineckerreha.de

Sandwiesenstr. 19
64665 Alsbach-Hähnlein
Tel. 06257/ 9311-0
Fax 06257/ 2561

entstehen bei der Verwendung von Licht verschiedener Wellenlängen (also zum Beispiel weißes Licht). Zusätzlich ändern bei unterschiedlichen Wellenlängen des Lichts alle monochromatischen Fehler ebenfalls ihre Werte, so kommt es in optischen Systemen außer zu den Farbfehlern noch zu der farbabhängigen Variation der monochromatischen Fehler. Farbfehler sind durch die Dispersion bedingt, also die wellenlängenabhängige Änderung des Brechungsindex. Farbfehler überlagern sich mit allen anderen Fehlern und treten auch im paraxialen Bereich auf. Das Ergebnis der Schnittweitenberechnung ist zum Beispiel abhängig von der Brechzahl eines Mediums, die wiederum von der Wellenlänge des Lichtes abhängig ist.

Die strenge Beseitigung aller Fehler bei optischen Systemen ist unmöglich, zumal sich die Korrekturanforderungen für die Einzelfehler teilweise widersprechen. Jede Fehlerkorrektur führt zu einem Kompromiss und es wird im Allgemeinen versucht, ein günstiges Optimum zu finden, bei dem diejenigen Einzelfehler im System möglichst klein sind, die für den geplanten Einsatzzweck besonders störend wirken würden.

Mit den nachfolgenden Programmen sollen nun einfache Berechnungen an einer Einzellinse durchgeführt werden können, und es soll dabei gezeigt werden, wie groß die jeweiligen Fehler sind. Die voreingestellten Beispielwerte und die Berechnungsverfahren sind dem Anhang der Diplomarbeit von Wassmer entnommen [6].

3.1 Sphärische Aberration

Strahlen, die von einem Gegenstandspunkt auf der Achse ausgehen, aber auf eine Linse in verschiedenen Einfallshöhen auftreffen, schneiden auf der Bildseite die optische Achse an unterschiedlichen Stellen. Es entsteht anstelle eines Bildpunktes ein Zerstreuungsscheibchen. Diese Unschärfe wird als sphärische Aberration (Öffnungsfehler) bezeichnet, die Einhüllende der Strahlen im Bildraum wird als Kaustik bezeichnet. Strahlen, die eine optische Fläche im großen Abstand über der optischen Achse treffen, werden näher zum Scheitelpunkt gebündelt. Je

größer der Linsendurchmesser bzw. je größer die Einfallshöhe der Lichtstrahlen ist, um so unschärfer wird das Bild. Die sphärische Aberration ist von der Einfallshöhe über der optischen Achse abhängig. Der Fehler in Richtung der optischen Achse wird Längsabweichung (axialer Öffnungsfehler) genannt, der senkrecht zur optischen Achse wird Querabweichung (lateraler Öffnungsfehler) genannt.

Abbildung 9 zeigt das Applet zur Berechnung der sphärischen Aberration für zwei brechende Flächen. Folgende Parameter können in dem Applet verändert werden: Schnittweite s_1 , Linsenradien r_1 und r_2 , Linsendicke d , Startwinkel u_1 und die Brechzahl n des Linsenmaterials. Bei erfolgreicher Berechnung der sphärischen Aberration können auch bei diesem Applet die Zwischenergebnisse in einem separaten Fenster abgelesen werden.

3.2 Koma

Die Koma (komatische Aberration) hat ein ähnliches Erscheinungsbild wie die sphärische Aberration, allerdings für Gegenstandspunkte außerhalb der optischen Achse. Wie bei der sphärischen Aberration werden die Lichtstrahlen bei unterschiedlicher Einfallshöhe verschieden stark gebrochen. Beim Übergang von Gegenstandspunkten auf der Achse zu Gegenstandspunkten außerhalb der Achse geht die sphärische Aberration in die Koma über, die Zerstreuungskreise werden unsymmetrisch. Der abgebildete Lichtpunkt erhält dann einen unscharfen Lichthof, der eine kometenschweifähnliche Ausdehnung hat (daher der Name Koma). Diese ungleichmäßige Lichtverteilung kann man sich als Überlagerung verschieden großer, aber nicht konzentrischer Zerstreuungskreise vorstellen. In dem Applet wird der Längsfehler und der Querfehler der Koma berechnet.

Wie aus Abbildung 10 zu entnehmen ist, können folgende Parameter verändert werden: Gegenstandsweite a_1 und Gegenstandshöhe y_0 , Blendenschnittweite s_b und Blendenöffnung y_b , sowie die Linsendaten bestehend aus den Linsenradien r_1 und r_2 , Linsendicke d und der Linsenbrechzahl n .

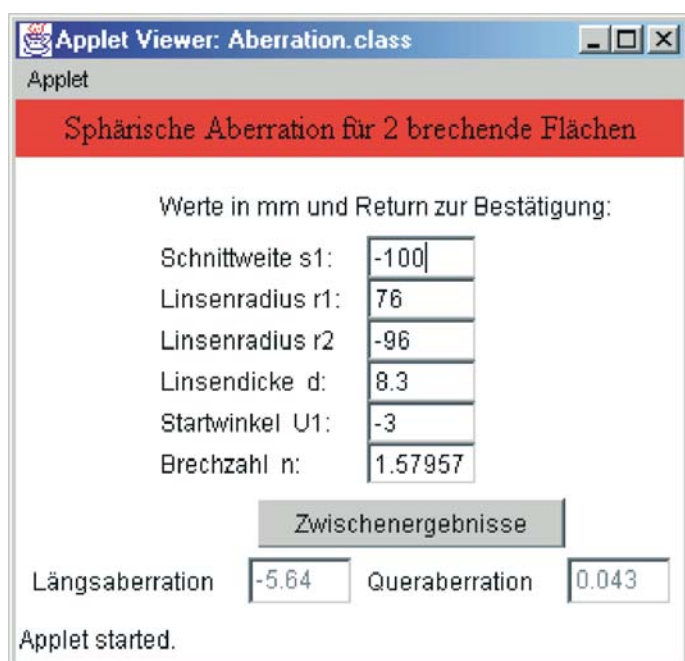


Abb. 9: Applet zur Berechnung der sphärischen Aberration

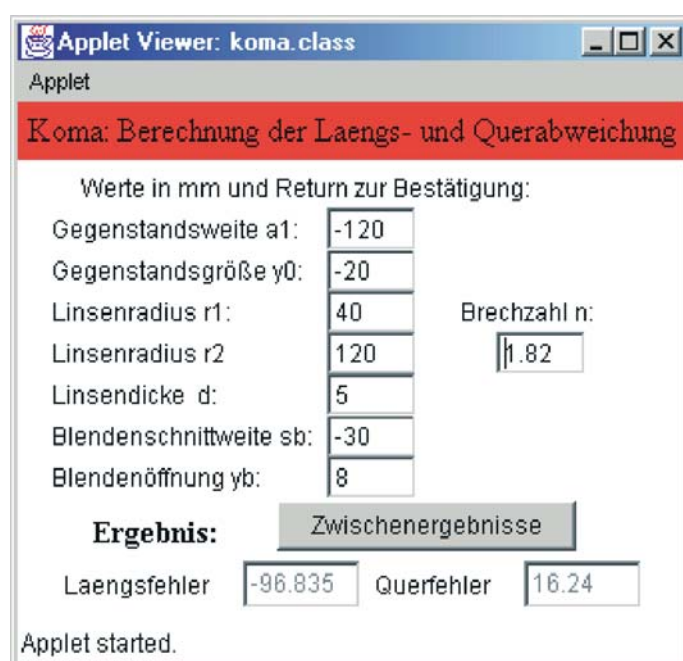


Abb. 10: Applet zur Berechnung der Koma

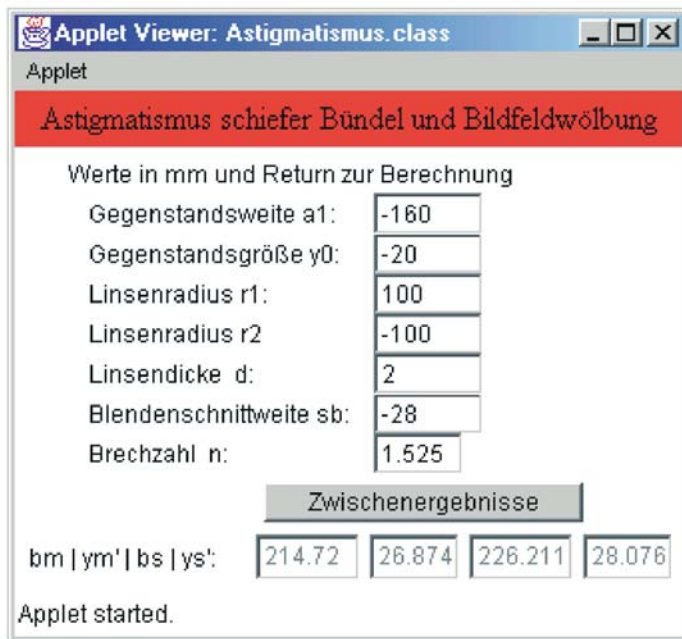
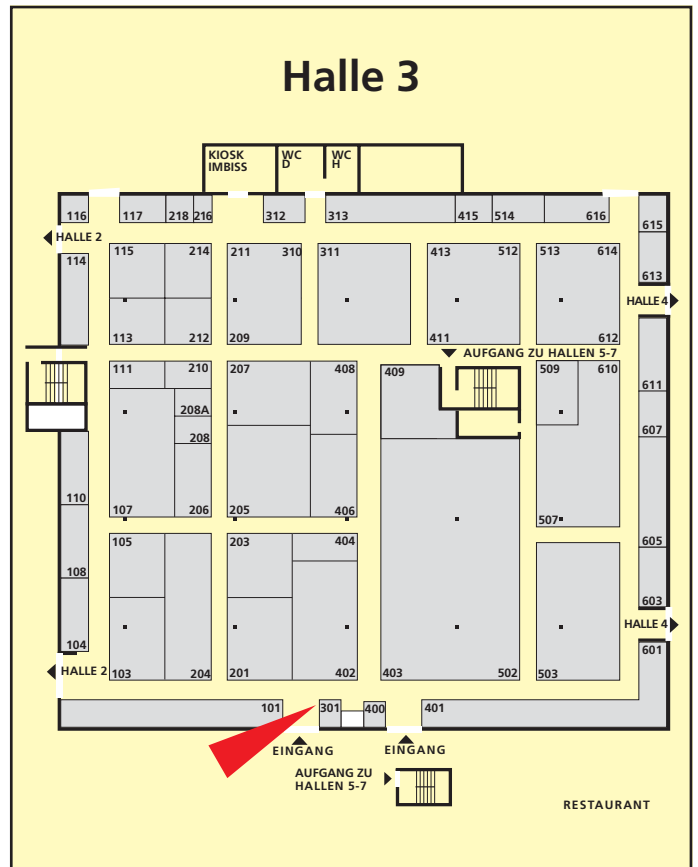


Abb.11: Applet zur Berechnung des Astigmatismus mit Zwischenergebnisfenster

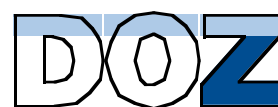
3.3 Astigmatismus schiefer Bündel und Bildfeldwölbung

Wie bei der Koma wird dieser Abbildungsfehler durch schräg auf das optische System einfallende Strahlen hervorgerufen.

Das von einem Punkt P außerhalb der optischen Achse ausgehende Strahlenbündel trifft die Linse unsymmetrisch. Man unterscheidet zwei senkrecht aufeinander stehende Hauptschnitte, den Meridionalschnitt (Tangentialschnitt) und den Sagittalschnitt (Radialschnitt). Zu beiden Hauptschnitten gehören unterschiedliche optische Wirkungen. Dadurch hat die Linse für das Strahlen-



Besuchen Sie uns
auf der
OPTI München



Sie finden den

DOZ-Stand

in der Halle 3, Stand 301

büschel im Meridionalschnitt und im Sagittalschnitt unterschiedliche Wirkungen und die verschiedenen Strahlen des Bündels werden unterschiedlich stark gebrochen. Dadurch entstehen an zwei getrennten Bildorten zwei senkrecht aufeinander stehende Bildlinien anstelle eines Bildpunktes. Denn dort, wo die Meridionalstrahlen zusammen laufen, hat das sagittale Strahlenbündel noch eine bestimmte Breite und umgekehrt. Die Abweichung der beiden Linien voneinander wird als astigmatische Differenz bezeichnet. Die astigmatische Differenz wächst mit zunehmendem Abstand des Punktes P von der Achse.

Die Bildfeldwölbung hängt ganz eng mit dem Astigmatismus schiefer Bündel zusammen, denn durch die schräge Abbildung des Punktes P durch die Linse erhält man nach der Brechung nicht zwei Bildebenen sondern zwei gekrümmte Bildschalen. Die Abweichung von der Bildebene heißt Bildfeldwölbung. Fallen die zwei Bildschalen zusammen, ist zwar der Astigmatismus korrigiert, die Bildfeldwölbung verschwindet jedoch meistens nicht gleichzeitig.

Abbildung 11 zeigt das Applet zur Berechnung des Astigmatismus. Unten sieht man das geöffnete Fenster „Zwischenergebnisse“. Um dieses Fenster zu öffnen, klickt man einfach nach der Berechnung auf den Button mit der Aufschrift „Zwischenergebnisse“. Im Applet können die Linsenparameter und die Blendenschnittweite verändert werden. Ausgegeben werden die Werte b_m (Schnittweite des Meridionalschnitts), y'_m (Höhe des Meridionalschnitts), b_s (Schnittweite des Sagittalschnitts) und y'_s (Höhe des Sagittalschnitts).

3.4 Verzeichnung

Verzeichnung ist eine Aberration, die auch bei punktscharfer Abbildung auftreten kann. Sie ist gekennzeichnet durch eine Variation des Abbildungsmaßstabes über der Bildfläche, das heißt unterschiedliche Punkte eines Gegenstandes werden mit unterschiedlichen Abbildungsmaßstäben in die Bildebene abgebildet. Dieser Abbildungsfehler ist kein „Schärfefehler“, das heißt der Bildpunkt wird nicht größer, sondern verschiebt sich nur an die

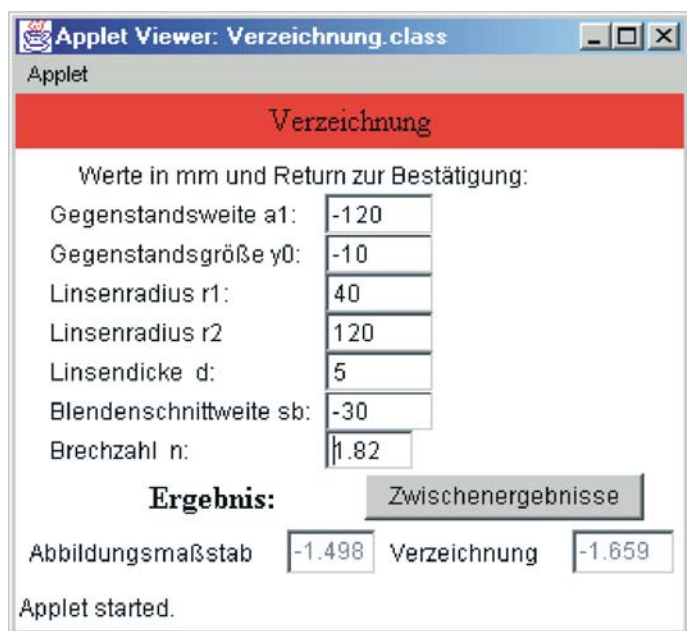


Abb. 12: Applet zur Berechnung der Verzeichnung

falsche Stelle. Man unterscheidet dabei tonnen- oder kissenförmige Verzeichnung. Bei der tonnenförmigen Verzeichnung fällt der Abbildungsmaßstab mit steigendem Achsabstand, bei der kissenförmigen Verzeichnung steigt er. Um die Verzeichnung rechnerisch zu erfassen, wird der Bildgrößenunterschied in Prozent angegeben. Ist die Verzeichnung positiv, handelt es sich um eine kissenförmige Verzeichnung, ist sie negativ, so handelt es sich um eine tonnenförmige Verzeichnung. Größe und Vorzeichen der Verzeichnung hängen entscheidend von den Lagen der Blenden des Systems ab.

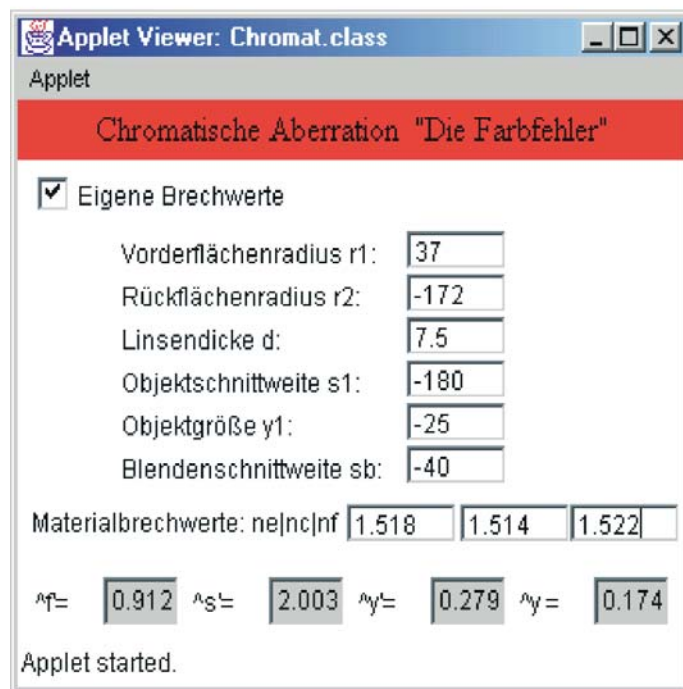
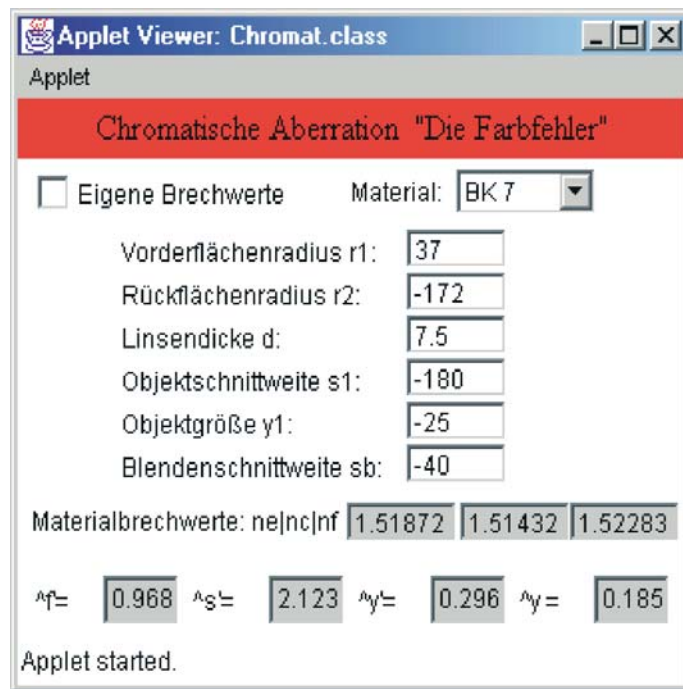


Abb. 13: Applet zur Berechnung der chromatischen Aberration (oben: Standardglas, unten: Glas definiert durch Eingabe der Hauptbrechungsindizes)

3.5 Chromatische Aberration

Unter der chromatischen Aberration versteht man die farbabhängigen Bildfehler. Glasmaterialien haben für unterschiedliche Wellenlängen unterschiedliche Brechwerte. Trifft nun weißes oder Sonnenlicht auf ein optisches Medium (weißes oder Sonnenlicht ist nicht monochromatisch, sondern besteht aus einem breitbandigen Spektrum aller Wellenlängen), so wird es in alle Spektralfarben aufgespalten. Jede einzelne Komponente erfährt nun eine unterschiedliche Wirkung – dies nennt man Dispersion. Die Brechzahl n nimmt mit zunehmender Wellenlänge ab, dadurch ist der Betrag des Brechwertes einer Linse für blaues Licht kleiner als für rotes.

Man unterscheidet:

- Farblängsfehler (chromatische Schnittweitendifferenz): Die Bilder liegen für verschiedene Farben an unterschiedlichen Stellen der Achse.

- Farbvergrößerungsfehler (chromatische Vergrößerungsdifferenz): Für verschiedene Farben entstehen Bilder unterschiedlicher Größe.

Abbildung 13 zeigt das Applet zur Berechnung der Farbfehler. Das Applet besitzt zusätzlich noch eine Checkbox. Ist sie nicht markiert, können die Gläser aus dem Wellenlängenapplet berechnet werden, das heißt, dass hier die zehn Materialien aus dem Schott-Glaskatalog^[5] eingefügt werden. Für die Glasmaterialien werden die Hauptbrechzahlen, die für die Bestimmung der Farbfehler notwendig sind, berechnet. Ist die Checkbox markiert, können eigene Materialbrechwerte in das Applet eingefügt werden.

4. Zusammenfassung

Die hier vorgestellten Programme benötigen eigentlich keine ausführliche Anleitung. Die optischen Grundlagen werden kurzgefasst gleichzeitig mit den Programmen im Browserfenster dargestellt. Sehen Sie es sich selbst einmal an. Da die Programme selbsterklärend sind, sollten Sie sich jetzt an Ihren Computer setzen und auf die Homepage des Studiengangs Augenoptik der Fachhochschule Aalen surfen, um die Applets auszuprobieren.

Mit den Programmen kann man Berechnungen aus zahlreichen Grundgebieten der geometrischen Optik durchführen. Durch die einfache Möglichkeit der Parameteränderung gewinnt man dabei schnell ein gutes Gefühl für optische Zusammenhänge. Vielleicht macht es ja sogar Spaß, und man erkennt dabei, was in der geometrischen Optik alles möglich ist. Zusätzlich bekommt man einen Eindruck, dass man heute im Internet viel mehr machen kann, als nur zu surfen. Wenn Sie etwas Programmiererfahrung unter Windows haben, zum Beispiel in der einfach zu lernenden Sprache Visual Basic, erfordert die Entwicklung von Java-Applets kein großes Umdenken. Wagen Sie es und werden Sie selbst kreativ. Die Autoren dieser Arbeit würden sich freuen, wenn durch diese Anregungen zahlreiche weitere, für die tägliche Arbeit und das Lernen nützliche Internet-Anwendungen entstehen würden.

Literatur:

- [1] J. Nolting, P. Menne: „Simulation geometrisch-optischer Versuche mit Java“, DOZ 7/2001, S. 26 - 31
- [2] L. Laura, R Cadenhead: „Java 2 in 21 Tagen“, Markt und Technik Verlag, München, 1999
- [3] Krüger Guido: „Go To Java 2“, Addison Wesley Verlag, Bonn, 2000. Als Onlineversion unter <http://www.javabuch.de>
- [4] G. Schröder: „Technische Optik“, Vogel Verlag, Würzburg, 1990
- [5] Schott Desag: „Ophthalmische Gläser“ Glaskatalog Nr.: 282
- [6] K. Wassmer: „Eine populärwissenschaftliche Darstellung der Abbildungsfehler“ Diplomarbeit im Studiengang Augenoptik an der Fachhochschule Aalen, April 1998

Anschrift der Autoren:

**Prof. Dr. Jürgen Nolting, Aalen,
Dipl.-Ing. (FH) Torsten Sroka,
Studiengang Augenoptik FH Aalen,
Gartenstraße 135,
73430 Aalen**

Die Optikersoftware

**Alles was Sie brauchen...
...und das für unglaubliche Euro 2.222,--*!**

Einfach zu handhaben und natürlich fit für den Euro!
Auftragsbearbeitung, Kundenverwaltung, Serienbriefe, Lagerverwaltung,
Glaspreise, Statistiken, Rechnungsschreibung, offene Posten u.v.m.
Einmaliger Lizenzpreis, keine weiteren Kosten!
Fordern Sie mehr Informationen und Ihre kostenlose Demoversion an:

*zuzügl. MWSt.

**Opti München
Halle 5
Raum C114A**

Die Optikerfirma



a+r Consulting GmbH
Karl-Marx-Str. 16a
64625 Bensheim
fon 06251 788882
fax 06251 788884

www.optikersoftware.de