

## Anwendungsfelder zur Strahlformung unter Nutzung von Axicons

Axicons sind konische Linsen, welche ein ringförmiges Strahlprofil erzeugen und in der wissenschaftlichen Forschungsarbeit bzw. bei verschiedenen Laser-Anwendungen eingesetzt werden. Sie können sowohl konvex als auch konkav sein und aus nahezu jedem optischen Material hergestellt werden. Durch die Kombination mit weiteren Axicons oder Linsen lassen sich vielfältige Strahlprofile erzeugen.

### Besonderheiten und Besselstrahlformung

Axicons werden üblicherweise verwendet, um eine ringförmige Lichtverteilung in einer beliebigen Bildebene zu erzeugen (Abb. 1).

Die Besonderheit besteht dabei in der Generierung von (nicht beugenden) Bessel-ähnlichen Strahlen, deren Eigenschaften hauptsächlich vom Axiconwinkel  $\alpha$  bestimmt werden (Abb. 2).

Für eine Vielzahl von Anwendungen gibt es folglich zwei Bereiche von Interesse:

- = ein langer Bereich mit einer fast konstanten Intensitätsverteilung (a) und
- = eine ringförmige Fernfeldintensitätsverteilung (d).

Die Länge (a) hängt vom Winkel ( $\alpha$ ) des Axicons und dem Durchmesser ( $\varnothing_{EP}$ ) des Eingangsstrahls ab, wobei die Höhe des Besselstrahls nur vom Winkel abhängt. Der Durchmesser der ringförmigen Fernfeldintensitätsverteilung (d) hängt von der Entfernung (l) ab und verhält sich proportional zur Länge (l). Dabei beträgt die Ringweite ca. die Hälfte des Durchmessers des Eingangsstrahls.

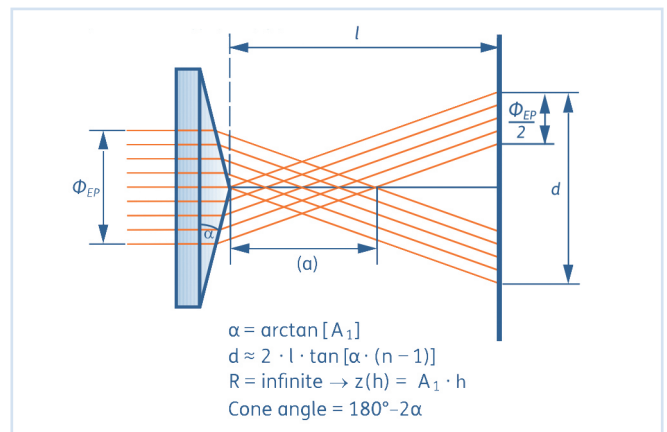


Abb. 1 Erzeugen von Besselstrahlen durch ein Axicon.

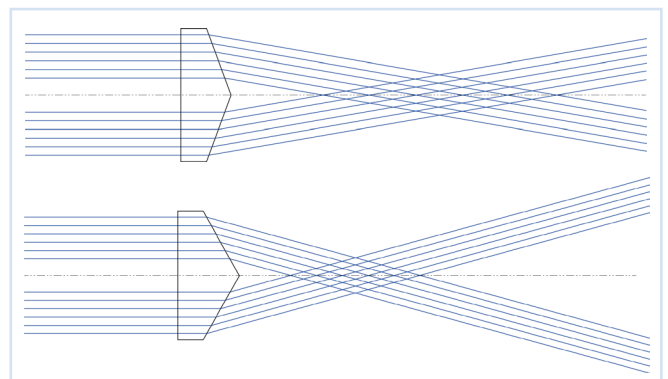


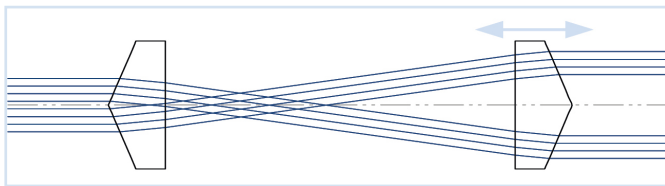
Abb. 2: Abhängigkeit der Ringweite vom Axiconwinkel.

### Anwendungsgebiete

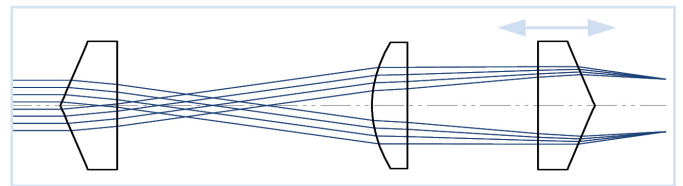
Axicons werden in der wissenschaftlichen Forschungsarbeit und bei verschiedenen Laseranwendungen eingesetzt, welche ein ringförmiges Strahlprofil erfordern (Abb. 3). Hauptsächlich kommen sie in folgenden Bereichen zur Anwendung:

- = Astronomie
- = Medizin (z.B. bei der Augen Chirurgie)
- = Biologie
- = Wellenoptik.

Um einen kollimierten Ringstrahl zu erzeugen, werden zwei Axicons miteinander kombiniert. Durch die Variation des Abstandes zwischen diesen, kann der Durchmesser des Rings eingestellt werden (Abb. 3). Auch in der Laser-Augenchirurgie werden Axicons genutzt (Abb. 4). Die Fähigkeit, einen Laserstrahl in ein ringförmiges Strahlprofil zu fokussieren, ist bei der Glättung und dem Abtrag von Hornhautgewebe hilfreich.



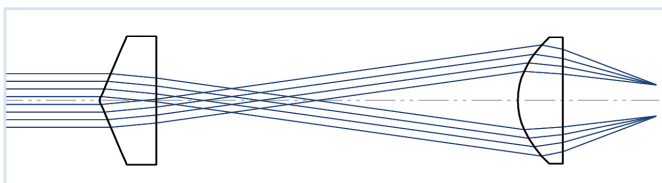
**Abb. 3** Erzeugung eines kollimierten ringförmigen Strahls mit variablem Durchmesser durch Veränderung des Abstandes zwischen den Axicons.



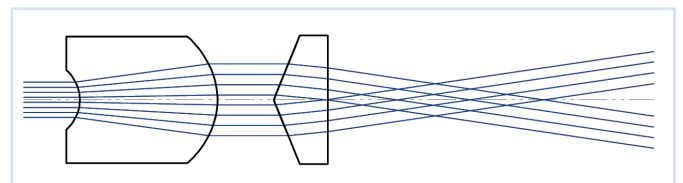
**Abb. 4** Erzeugung von variablen Ringfoki. Durch Verschieben des letzten Axicons variiert der Ringdurchmesser.

Des Weiteren werden Axicons für optische Fallen verwendet. Der Ringfokus (Abb. 5) wirkt anziehend oder abstoßend auf Mikropartikel und Zellen, wodurch diese im Zentrum des Ringes gefangen und gehalten werden können.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist die Erzeugung von Besselstrahlen, deren Breite und Länge vom Eingangsstrahldurchmesser abhängt (Abb. 6). Um die Breite und Länge des Besselstrahls zu variieren, wird das Axicon mit verschiedenen Beam Expandern kombiniert.



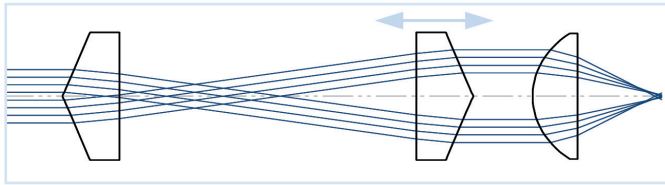
**Abb. 5** Erzeugung eines Ringfokus - Änderung des Abstandes durch die Brennweite der Linse, Änderung des Durchmessers durch den Axiconwinkel.



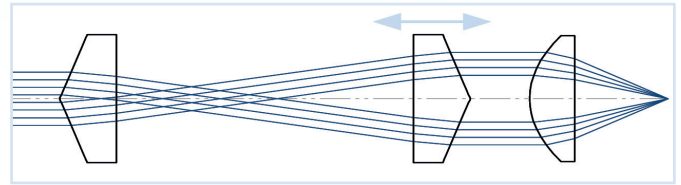
**Abb. 6** Optimierung der Ausleuchtung des Axicons, um die Länge des Besselstrahls zu variieren.

Die sphärische Aberration gehört zu den grundlegendsten Abbildungsfehlern sphärischer Linsen. Hierbei bilden achsparallele Strahlen nach dem Durchgang durch die Sphäre keinen gemeinsamen Brennpunkt. Die Verwendung von Axicons kann auch hier Abhilfe schaffen.

Wird der ausgeleuchtete Bereich der Linse auf einen Ring reduziert (Abb. 7), verbessert sich die Fokusqualität der Linse. Dieses Phänomen kann mit der sogenannten zonalen Zerlegung der sphärischen Oberfläche erklärt werden. Wird nur eine dieser Ebenen mit einem ringförmigen Eingangsstrahl beleuchtet, können Effekte der sphärischen Aberration minimiert werden. Durch eine Änderung des Abstandes zwischen den Axicons ist es möglich, die ringförmigen Zonen zu variieren und folglich den erzeugten Fokus entlang der optischen Achse zu verschieben. Wird im selben Aufbau die Sphäre durch eine Asphäre ausgetauscht (Abb. 8), ist sogar eine Fokussierung unterhalb der Beugungsgrenze möglich.



**Abb. 7** Brennweitenanpassung einer sphärischen Linse durch Veränderung des Abstands zwischen den Axicons.



**Abb. 8** Verkleinerung der Fokusbreite einer Asphäre – Fokussierung unterhalb der Beugungsgrenze wird möglich.

## Ausrichtung/Verkipfung

Im optischen Design bildet der Verbund von zwei Axicons einen perfekt kollimierten ringförmigen Strahl. Diese Ausrichtung zueinander stellt in der Realität eine Herausforderung dar.

Zum einen muss der Axiconwinkel beider Linsen innerhalb einer Abweichung von  $0.05^\circ$  zueinander liegen. Zum anderen müssen die optischen Achsen beider Komponenten zueinander ausgerichtet werden. Bereits kleinste Verkipfungen ( $>1''$ ) führen zu erheblicher Verzeichnung der Ringform.

Eine Möglichkeit, dies zu vermeiden, ist die Verwendung von gefassten Axicons. asphericon hat speziell für Axicons Fassungen mit einem Außendurchmesser von 30 mm entwickelt, die einfach via Adapter in vorhandene optische Systeme integriert werden können. Die perfekt zur optischen und mechanischen Achse ausgerichteten Axicons bieten auch komfortable Lösungen für Laseranwendungen. Erfahren Sie mehr über die gefassten Optiken und Adapter in unserem Webshop.

### Weitere Informationen

Beam shaping concepts with aspheric surfaces  
U. Fuchs, D. Braun, S. Wickenhagen, asphericon GmbH (Germany)  
Veröffentlicht in  
Proceedings Volume 9581: Laser Beam Shaping XVI  
doi:10.1117/12.2186524  
September 2015

### Über asphericon

Als unabhängiger und anerkannter Spezialist ist asphericon der Technologieführer in der effizienten Fertigung hochpräziser Asphären. Mit einer völlig neuen Technologie verschiebt asphericon immer wieder die Grenzen des Machbaren und setzt neue Meilensteine in der Welt der asphärischen Optik. Dank dieser wegweisenden und einzigartigen Technologie werden Asphären, UV/IR-Linsen, asphärische Zylinder und Axicons sowohl als Prototypen als auch in Serie mit höchster Präzision hergestellt.

asphericon begleitet seine Kunden vom ersten Optikdesign über die Fertigung und Beschichtung, die punktgenaue Vermessung und Dokumentation bis hin zur Montage von Optikbaugruppen sowie deren optischer Charakterisierung.



+49 (0) 3641 - 3100 560



+49 (0) 3641 - 3100 561



sales@asphericon.com

asphericon GmbH – Stockholmer Str. 9 | 07747 Jena

[www.asphericon.com](http://www.asphericon.com)