

3D-Freiform-Blenden – eine Prozesskette

Holger Weigand*, Falko Gronwald*, Jörg Ackermann*

*Carl Zeiss AG, Oberkochen

<mailto:holger.weigand@zeiss.de>

In diesem Beitrag wird ein Überblick der Prozesskette für 3D-Freiform-Blenden gegeben: beginnend mit der Auslegung im optischen Design, über die optische und mechanische Tolerierung zu Rohdatenberechnung, Datentransfer und CAD-Modell-Erzeugung, bis hin zur CNC-gefrästen Komponente.

1 Einführung

Bei zahlreichen Optiken verschlechtert sich durch Falsch- und Streulicht die Abbildungsleistung. Eine bekannte Maßnahme zur Optimierung von Optiken ist das Einführen von Blenden mit Durchmessern d_i an geeigneten Positionen z_i . Insb. bei Falschlichtpfaden, die sich in der Nähe des Nutzlichtpfades befinden, lässt sich durch Schwärzen von Linsenflächen außerhalb des Nutzlicht-Bereichs Falschlicht blockieren. Besitzt jedoch das auftretende Falschlicht hohe Energiedichten, so sind optimal an die Linsenform angepasste Blenden das Mittel der Wahl. Speziell bei nicht-rotationssymmetrischen Optiken ergeben sich Blendenkonturen, die als Kurven im 3-Dimensionalen beschrieben werden müssen. Die Komplexität der Auslegung und Tolerierung dieser Komponenten bedingt einen verschränkten, iterativen Prozess im Optik- und Mechanik-Design.

2 Falsch- und Nutzlichtanalyse

Aus der zunächst durchgeführten Falschlichtanalyse des Systems ergibt sich die Identifikation von Linsen, die Falschlicht außerhalb des Nutzlicht-Bereichs ungünstig ablenken.

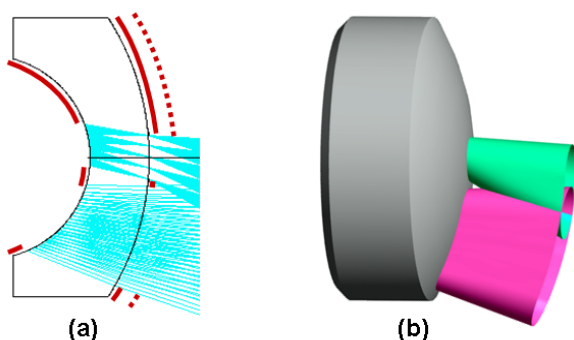


Abb. 1 Nutzlicht im Optik-Design (cyan), mögliche bestangepasste Blenden (rot), Nutzlicht-Strahlröhren im Mechanik-Design (grün und magenta).

Im nächsten Schritt zeigt die Nutzlichtanalyse im Bereich dieser Linsen mögliche Blendenpositionen mit maximal abschattender Wirkung, die nur im Bereich des Nutzlichtes Öffnungen besitzen. Wie

in Abb. 1 ersichtlich, hängt die Form der Blendenöffnungen insb. vom Abstand der Blende zur Linsenoberfläche ab. In Abb. 1a hätte eine Blende rechts der Linse entweder *zwei* Öffnungen (durchgezogene rote Linie), oder auch nur *eine* Öffnung (gepunktete rote Linie).

3 Nutzlichtmodellierung

Für jeden Nutzlichtpfad erfolgt die Durchrechnung einer großen Anzahl von azimuthal fein gerasterten Bündeln. Die Gesamtheit der Randstrahlen dieser Bündel wird dann ausgewertet und deren Einhüllende mittels Spline-Interpolation berechnet. Die Knotenpunkte dieser sogenannten *Strahlröhren*

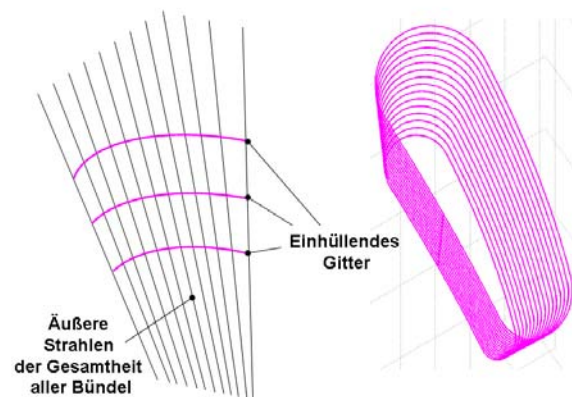


Abb. 2 Konzept der Strahlröhre

werden schließlich ins CAD transferiert und dort als Freiform-Flächen in einer Spline-Darstellung regeneriert (vgl. Abb. 1b).

4 Toleranzgebung

Aus den im Optik-Design bestimmten Toleranzen wird nun ein Aufschlag der Strahlröhre ermittelt und hieraus eine vergrößerte oder „aufgeblasene“ Strahlröhre berechnet und ins CAD transferiert. Dort erfolgt dann ein zweiter Schritt der Toleranzgebung, in den Montage- und Fertigungsaspekte eingehen. Diese Daten werden schließlich in das Optik-Design zurückgegeben, wo zusammen mit den Toleranzen des Optik-Designs eine Strahlröh-

re mit summarischem finalem Aufschlag berechnet wird (vgl. Abb. 3).

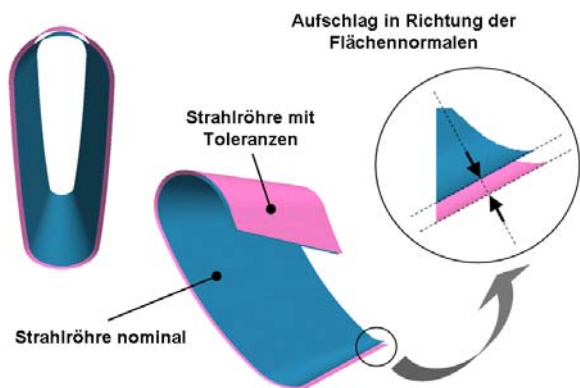


Abb. 3 Strahlröhre mit Toleranzen

5 Generierung 3D-Freiformblenden

Wie zuvor, erfolgt ein Export der Strahlröhre *mit Toleranzen* in das CAD. In einem Abstand Δz (der ebenfalls aus der Toleranzgebung resultiert) vor der entsprechenden sphärischen oder asphärischen Linsenfläche wird ein Blenden-Rohling (entsprechend in sphärischer oder asphärischer Form) konstruiert.

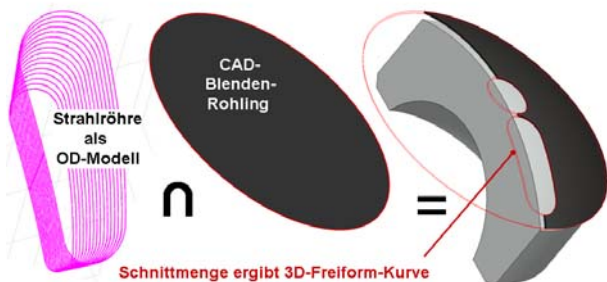


Abb. 4 OD-Modell Strahlröhre, CAD-Blendenrohling und 3D-Freiformblende

Aus diesem Blenden-Rohling und der ins CAD transferierten Strahlröhre (incl. Gesamtaufschlag) wird der geometrische Durchschnitt berechnet (vgl. Abb. 4). Die mit diesem Verfahren konstruierten 3D-Freiformblenden besitzen exakt die Blendenkonturen, die zuvor im Optik-Design berechnet wurden und haben *prinzipiell für beliebige Abstände Δz stets die korrekte Kontur*. Insb. können die so entstandenen Freiformkonturen als modifizierte *Footprints* auf Hilfsflächen vor oder nach den ausgewählten optischen Funktionsflächen interpretiert werden (vgl. Abb. 5). Auch für Blenden-Rohlinge mit realen Dicken lassen sich Durchschnitte mit (vergrößerten) Strahlröhren bilden. Die so entstehenden 3D-Freiformblenden besitzen dann längs ihres Dickenverlaufs den gewünschten Abstand vom Nutzlicht.

Sind Falschlichtblenden bei nicht-rotationssymmetrischen Systemen in Lufträumen mit größerem

Abstand zu optischen Funktionsflächen sinnvoll und lässt der Bauraum dies zu, so können ebene Blenden-Rohlinge mit der Strahlröhre zum Durchschnitt gebracht werden. Man erhält in diesem Fall 2D-Freiformblenden. Bei gewöhnlichen rotations-symmetrischen Systemen vereinfachen sich diese zu den bekannten Kreisblenden.

Sowohl bei 2D- als auch bei 3D-Freiformblenden lässt sich das CAD-Modell exportieren, an eine CNC-Fräsmaschine transferieren und gemäß der im Optik-Design berechneten Daten die Freiformkontur fertigen.

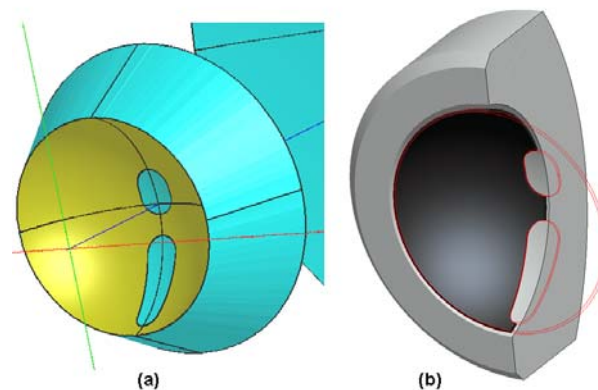


Abb. 5 (a) Nutzlicht-Footprints auf optischer Funktionsfläche in der OD-Grafik, (b) 3D-Freiform-Blende vor der optischen Funktionsfläche in der CAD-Grafik

6 Zusammenfassung

Verglichen mit der Standard-Prozesskette der Optik, wo aus Optik-Design-Entwurf und Toleranzfindung das Optik-Design-Modell entsteht und aus letzterem das CAD-Modell erstellt wird, sind bei der Entwicklung von 3D-Freiform-Blenden Iterationen zwischen Optik-Design und Mechanik-Design notwendig (vgl. Abb. 6).

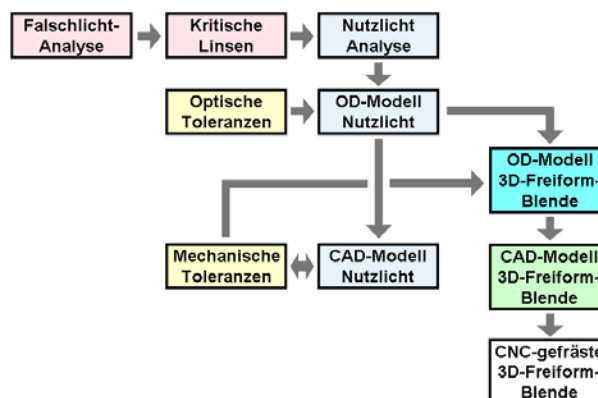


Abb. 6 Prozesskette 3D-Freiform-Blenden

Die nach dem CAD-Modell gefertigte Blendenkontur folgt exakt dem Optik-Design-Modell, welches numerisch aus dem Nutzlicht generiert wird.