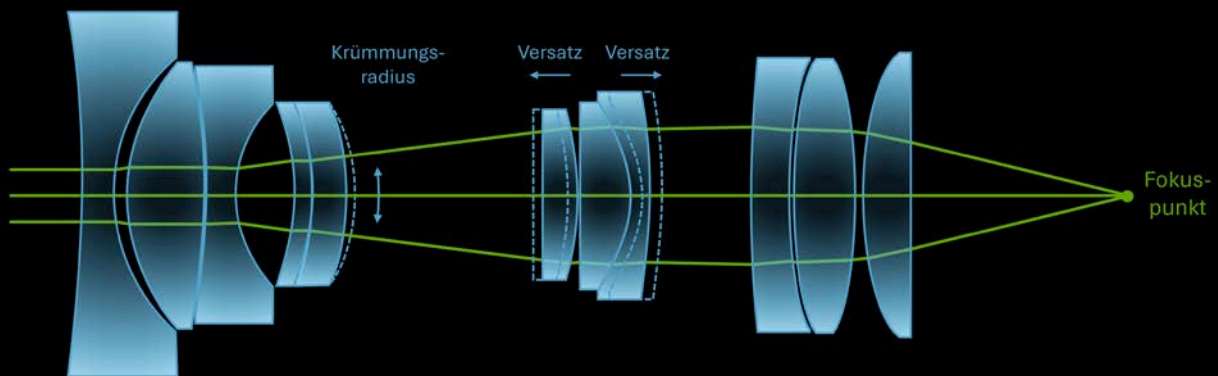


Schmelzgeführtes Design: Anpassung des optischen Designs auf konkrete Schmelzen



Bei der Schmelzrechnung wird das optische Design angepasst, indem die Linsen verschoben oder die Krümmungsradien entsprechend den gemessenen Glaseigenschaften angepasst werden.

Die Schmelzrechnung kompensiert feinste Glastoleranzen

Glasteranzen berücksichtigen – für hochgenaue Objektive

Wenn es um maximale Bildqualität geht, sind die üblichen Toleranzen der Glasherstellung oft nicht ausreichend. Sie würden die Abbildungsqualität teils drastisch mindern. Deshalb setzen Produktentwickler in diesen Fällen auf die Schmelzrechnung, mit der das Optikdesign auf die realen Glaseigenschaften abgestimmt wird. Dies ermöglicht eine sehr hohe Bildqualität.

Ob in der Unterhaltungselektronik, der Industrie oder der Wissenschaft – bei der Bilderfassung ist die optische Bildqualität der entscheidende Faktor. Zwar lassen sich bestimmte Bildfehler, wie Vignettierung oder Verzeichnung, mit Software-basierten Korrekturen kompensieren, doch führt dies zu systematischen Einschränkungen, wie einem erhöhten Bildrauschen oder einer reduzierten Auflösung, die gerade für messtechnische Anwendungen oft ein Ausschlusskriterium sind, da diese das zu detektierende Eingangssignal verfälschen. Daher sind anspruchsvolle Bildverarbeitungssysteme auf Hochleistungsobjektive angewiesen.

Fertigungstoleranzen – Abweichungen vom nominellen optischen Design

Das Design und die Fertigung von Linsen, Objektiven und optischen Systemen haben über die Jahre viele Innovationen und unzäh-

lige Verbesserungsschritte gesehen. Damit lässt sich heute ein hohes Maß an Präzision und Genauigkeit in allen beteiligten Teildisziplinen erreichen. Dennoch bleibt jedes gefertigte Maß toleranzbehaftet – auch wenn die Abweichungen mithin sehr gering ausfallen. Bei der Fertigung von Linsen gibt es für das optische Design Fertigungsfehler, die relevanter sind als andere. Es sind: Abweichungen im Krümmungsradius, Abweichungen in der Linsendicke und die Flächenverkippen zueinander.

Die Geometrie einer Linse ist jedoch nicht die einzige Fehlerquelle, die einen negativen Einfluss auf die Bildqualität hat. So werden die gewünschten optischen Eigenschaften des Glasmaterials in der Herstellung nie exakt getroffen. So variieren Brechzahl und Abbe-Zahl von Charge zu Charge und weichen von der Kataloglage ab. In den meisten Anwendungsfällen sind diese Abweichungen über die normale Toleranzbetrachtung eingepreist und über den Ein-

kauf von verschiedenen Qualitätsstufen der Gläser handhabbar. Optische Systeme die jedoch höhere Anforderungen haben und beispielsweise beugungsbegrenzt sein sollen, können jedoch immer noch empfindlich auf die Schwankungen in den Glaseigenschaften reagieren – auch wenn die höchste verfügbare Qualitätsstufe verwendet wird. Konkrete Beispiele, bei denen dies der Fall ist, finden sich in den Bereichen der medizinischen Bildgebung, der Halbleiterinspektion mit Mikroskopen oder auch bei hochauflösenden Luftbildanwendungen.

Eine weitere kritische Anwendung, bei der die Glaseigenschaften eine wichtige Rolle

Das Wichtigste kompakt

Die Schmelzrechnung ermöglicht eine Anpassung des optischen Designs an die realen Eigenschaften einer Glascharge. Dadurch lässt sich eine höhere Abbildungsqualität erreichen sowie geringere Farb- und Fokusfehler und eine konsistente Leistung über die Serienproduktion hinweg. Besonders für messtechnische und beugungsbegrenzte Systeme ist Schmelzrechnung daher entscheidend.

spielen, ist die hyperspektrale Bildgebung, bei der verschiedene Bilder mit unterschiedlichen Wellenlängen aufgenommen werden. Hier führen selbst geringste Abweichungen in der Vergrößerung oder der Fokusslage für die verschiedenen Farben zu einer Unschärfe und damit zu einer reduzierten Messgenauigkeit.

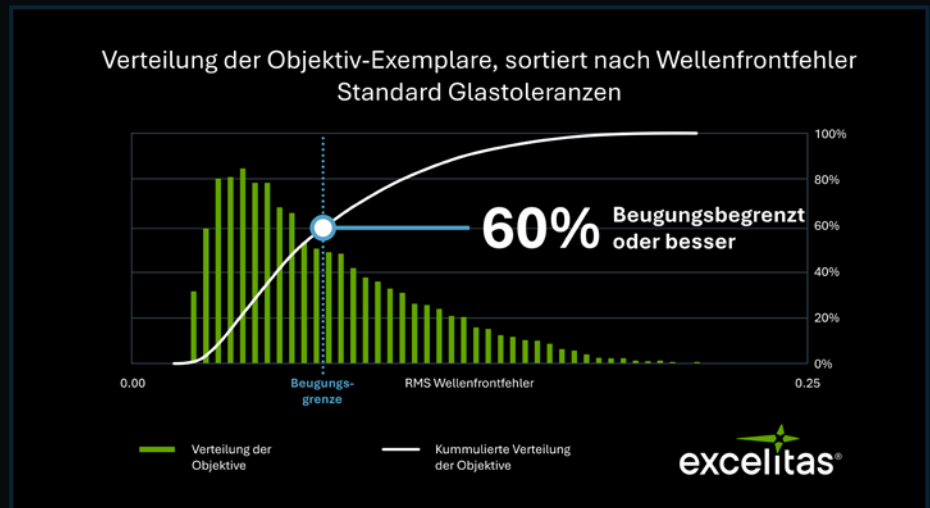
Wenn Standardtoleranzen nicht mehr ausreichen: Anpassung des optischen Designs an die realen Glaseigenschaften

Zum gelieferten Glas gehört auch ein messtechnischer Nachweis vom Hersteller, der bestätigt, dass die gelieferten optischen Eigenschaften innerhalb der erwarteten Toleranzen liegen – je nachdem welche Qualitätsstufe eines Glases verwendet wird. Da Glas durch das Zusammenschmelzen von verschiedenen Materialien hergestellt wird, und jede Charge eines Glases immer ein leicht anderes Gemisch ist, spricht man umgangssprachlich bei einer Charge eines Glases von einer Schmelze.

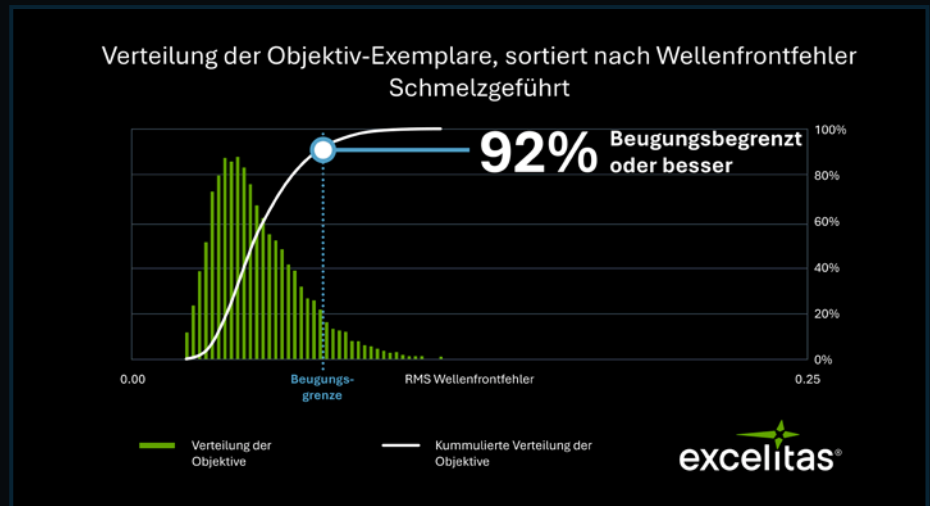
Um den negativen Einfluss der Glastoleranzen beherrschbar zu machen, können in der Design-Phase eines optischen Systems verschiedene Maßnahmen ergriffen werden. Ein Prinzip ist, das optische Design so auszulegen, dass ein näherungsweise symmetrisches Design vorliegt, wobei die Blende dann die Symmetrie-Achse ist. Werden nun ähnliche Linsen vor- und nach der Blende genutzt, können sich die Glastoleranzen derart vorteilhaft gegenseitig kompensieren, dass die Abweichungen in den Glaseigenschaften nur gering ins Gewicht fallen. Bei einem symmetrischen Design kann so auch hinterher eine Schmelzauswahl getroffen werden.

Ein anderes, aufwendigeres Vorgehen ist die echte Schmelzrechnung. Sollte es nicht ausreichen, die Zielspezifikation mit einer Auswahl an Schmelzen zu erreichen, kann auch eine echte Schmelzrechnung durchgeführt werden. Bei dieser wird das optische und auch das mechanische Design [der Fassungen zum Beispiel] dann auch grundlegend an die verfügbaren Schmelzen angepasst. Dabei werden die tatsächlichen Eigenschaften der Glascharge gemessen. Krümmungsradien, Linsendicken oder auch Luftabstände und entsprechend auch die Mechanik, die die einzelnen Linsen an Ort und Stelle hält, werden anschließend diesen tatsächlichen Werten angepasst.

Da Hochleistungsobjektive meist auch kompliziert aufgebaut sind, ist die Schmelzrechnung keine einfache Aufgabenstellung, die schnell gemacht ist und automatisiert erfolgen kann. Sie setzt ein hohes Maß an Erfahrung und Fachwissen im Bereich der Optik und die Verwendung von Spezial-Software voraus. Zudem erfordert dieses Vorgehen einen engen Kontakt zwischen den Entwicklern des optischen Systems



Statistische Verteilung des Wellenfrontfehlers von produzierten Objektiven mit regulären Glastoleranzen. 60 Prozent der Objektive können als beugungsbegrenzt bezeichnet werden.



Statistische Verteilung des Wellenfrontfehlers von produzierten Objektiven mit einem schmelzgeführten Design. 92 Prozent der Objektive können als beugungsbegrenzt bezeichnet werden.

und der Messtechnik des Glaslieferanten, da hier hochpräzise Messungen erforderlich sind, um die hohe Qualität des Endprodukts sicherzustellen.

Mehr als die Nullserie: Konsistente Bildqualität in der Serienproduktion

Mit moderner Technologie können Hersteller von Präzisionsoptiken wie Excelitas bereits mit herkömmlichen Design- und Fertigungsverfahren eine hohe Fertigungspräzision und -genauigkeit erreichen. Wenn Anwendungen an die Grenzen des konventionell Machbaren stoßen, erweitert die Schmelzrechnung nun nochmals die Möglichkeiten, um eine noch höhere Bildqualität zu erreichen, und die spezifizierten Anforderungen zu erfüllen.

Bei einem optischen System, das über mehrere Jahre in Serie produziert wird, werden die geometrischen Abweichungen eines Werkstücks statistisch verteilt sein. Nun kann ein systematischer Fehler bei Verwendung verschiedener Schmelzen eingeführt werden, wenn die optischen Eigenschaften

chargenübergreifend zu stark voneinander abweichen. Wird das optische Design jedoch schmelzgeführt – und das Design kontinuierlich an die verbauten Glaseigenschaften angepasst – lässt sich damit eine konsistent hohe Serienqualität gewährleisten.

In diesem Sinne ist das Vorgehen nicht nur für Hochleistungsobjektive nützlich, mit denen an der Grenze des physikalisch Machbaren gearbeitet wird, sondern kann auch dazu genutzt werden, eine reproduzierbare Leistung von Standardobjektiven in Serie sicherzustellen.

AUTOR
Thorsten Zwinger
Optikdesigner bei Excelitas Deutschland

KONTAKT
Excelitas Deutschland, Feldkirchen
Tel.: +49 89 2554580
Fax: +49 89 255458111
www.excelitas.com