

Realisierung von optischen Gläsern mit engsten Toleranzen für industrielle Anwendungen

Dr. Ralf Jedamzik

Advanced Optics, SCHOTT AG, 55122 Mainz

<mailto:ralf.jedamzik@schott.com>

Optische anspruchsvolle Systeme benötigen Gläser mit engsten Toleranzen der Brechzahl und Abbezahl. Durch eine stringente Prozesskontrolle ist es möglich optische Gläser in der Brechzahlstufe 0.5 anzubieten, was einer maximalen Abweichung von $\pm 0,0001$ in der Brechzahl und $\pm 0,1\%$ in der Abbezahl von der nominalen Kataloglage entspricht.

1 Einführung

Für die Toleranzrechnung beim Design optisch anspruchsvoller Systeme ist es wichtig, schon früh in der Designphase die spätere absolute Lage der eingesetzten optischen Gläser zu kennen. Enge Toleranzen können durch das Einbeziehen individueller Glasdaten (Schmelzrechnung) erreicht werden. Der Aufwand wird reduziert, wenn durch engste Lagetoleranzen der eingesetzten Gläser eine aufwendige Individualisierung nicht mehr notwendig ist.

Dies wird erreicht durch den Einsatz von Gläsern der Stufe 0.5. Gläser der Stufe 0.5 haben eine maximale Abweichung von $\pm 0,0001$ in der Brechzahl und $\pm 0,1\%$ in der Abbezahl von der nominalen Kataloglage. SCHOTT bietet eine Reihe von Gläsern für hochwertige industrielle Anwendungen in dieser Stufe an.

Zur Realisierung ist eine stringente Prozesskontrolle der Schmelz und Kühlprozesse notwendig. Dazu trägt auch eine hochgenaue Messtechnik bei. Insbesondere über die genaue Feinkühlung optischer Gläser wird eine zielgesteuerte Fertigung in enge Toleranzbänder erst möglich. Dieser Vortrag gibt einen Überblick über die notwendigen Prozesse zur Realisierung der Stufe 0.5.

2 Herstellung optischer Gläser

Die Lage optischer Gläser wird primär durch die chemische Zusammensetzung des Glases bestimmt und damit bereits zu Beginn des Prozesses, beim Einlegen und Aufschmelzen der Rohstoffe festgelegt. In einer kontinuierlichen Wannenfertigung muss die Rohstoffzusammensetzung über einen langen Zeitraum hinweg konstant sein, ebenso wie der eigentliche Schmelzprozess, um eine hohe zeitliche Konstanz der Materialeigenschaften zu gewährleisten. Brechzahl und Abbezahl sind aber nicht nur von der chemischen Zu-

sammensetzung, sondern auch von der Kühlhistorie des Glases abhängig. Abbildung 1 verdeutlicht die Zusammenhänge. Aufgetragen in einem Diagramm der prozentualen Abweichung von Abbezahl und Brechzahl von der Kataloglage sind die Kühlsteigungen verschiedener optischer Gläser, die in Stufe 0.5 verfügbar sind. Die Referenzkühlrate von $2^\circ\text{C}/\text{h}$ ist zur besseren Visualisierung auf die Kataloglage zentriert. Diese entspricht im Produktionsprozess der Lage der produzierten Glaschargen, welche innerhalb eines zulässigen Toleranzbandes um die Kataloglage im Diagramm verteilt liegen. Zusätzlich sind die Toleranzstufen der Kataloglage eingetragen. Optische Gläser können entlang ihrer Kühlsteigungsgerade durch die entsprechenden Kühlraten hin und her verschoben werden. Dazu wird das Glas zuerst über die Glastemperatur aufgeheizt und nach einer definierten Haltezeit entsprechend der Lage im Diagramm Abbildung 1 bis auf eine Temperatur von ca. $T_g - 150^\circ\text{C}$ mit definierter Kühlrate abgekühlt.

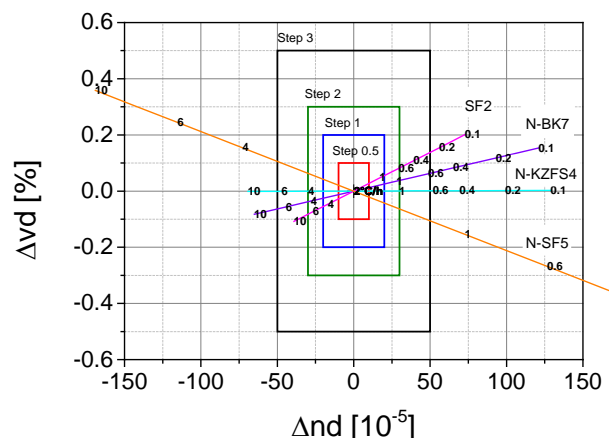


Abb. 1 Unterschiedliche Kühlsteigungen einiger Stufe 0.5 Gläser. Die Zahlen auf den Geraden entsprechen den notwendigen Kühlraten um die jeweilige Position zu erreichen.

Optische Gläser haben unterschiedliches Kühlverhalten. Normalerweise nimmt die Brechzahl und

Abbezahl mit steigender Kühlrate ab. Bei N-KZFS4 lässt sich die Abbe Zahl nicht durch die Kühlung beeinflussen, hier muss die Abbe-Zahl über die Zusammensetzung genau eingestellt werden. Das N-SF5 ist reagiert sensitiv auf unterschiedliche Kühlraten. Außerdem nimmt die Abbezahl mit steigender Kühlrate zu. Dieses Verhalten muss bei der Einstellung der Stufe 0.5 berücksichtigt werden.

Wenn enge Toleranzen erreicht werden sollen ist eine genaue und effiziente Messtechnik notwendig. SCHOTT nutzt hier das V-Block Messprinzip mit erhöhter Genauigkeit $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ für die Brechzahl n_d und $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ für die Dispersion $n_F - n_C$. Die höhere Genauigkeit wird durch den erweiterten Spektralbereich und eine statistische Messung erreicht. Außerdem sorgt eine Referenzprobe aus einer Prismengoniometer Messung (URIS) für eine zusätzliche Genauigkeit bei Gläsern mit geringer Dispersion, wodurch Genauigkeiten von $< 2 \cdot 10^{-5}$ bezüglich der Brechzahl erreicht werden.



Abb. 2 V-Blockmessung an einem Probenriegel mit bis zu 10 Proben inklusive einer Referenzprobe um Genauigkeiten $< 2 \cdot 10^{-5}$ zu erreichen.

3 Die neue Brechzahltoleranz: Stufe 0.5

Die neue Brechzahlstufe 0.5 ermöglicht optische Gläser mit einer maximale Abweichung von $\pm 0,0001$ der Brechzahl und $\pm 0,1\%$ der Abbezahl bezogen auf die Nominalwerte des Katalogs. Die Stufe wird für folgende ausgewählte Gläser angeboten: SCHOTT N-BK7[®] und N-BK7HT, N-KZFS2, N-KZFS4(HT), N-KZFS5, N-KZFS8, N-KZFS11, N-LAK9, N-LASF44, SF2, SF57HTUltra, N-SF5, N-SK2, N-PK51, N-FK51A, N-FK5 und N-PSK53A. Alle diese Gläser sind bezüglich ihrer Herstellung sehr gut zentrierbar und lassen sich in die benötigte optische Lage kühlen. Andere Gläser sind auf Anfrage möglich.

Abbildung 3 zeigt ein Schmelzdaten Streudiagramm von SCHOTT N-BK7[®] Chargen in Stufe 0.5 Qualität. Jeder Datenpunkt entspricht den opti-

schen Werten einer Charge bezogen auf die Referenzkühlrate von 2°C/h .

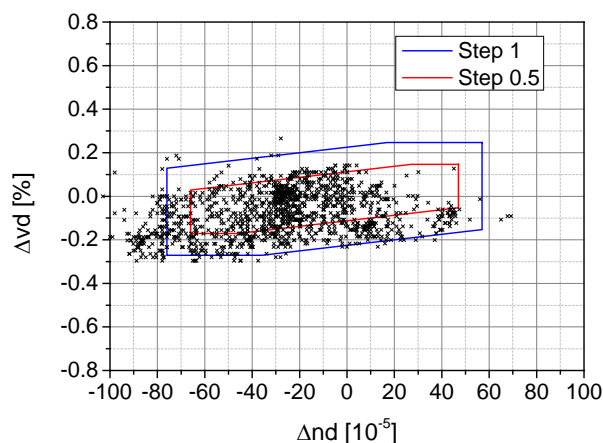


Abb. 3 Schmelzdatenstreudiagramm der Chargen, die sich in Stufe 1 und 0.5 kühlen lassen.

Chargen innerhalb des roten Zielfensters können mit einer Kühlrate zwischen $0,5$ und 5°C/h in die Stufe 0.5 gekühlt werden. Kleine Kühlraten sind typisch für große Herstellungsformate und große Kühlraten werden üblicherweise für Presslinge genutzt.

Die statistische Verteilung zeigt, dass der Schmelzprozess sehr gut beherrscht wird und eine hohe Ausbeute von SCHOTT N-BK7[®] in Stufe 0.5 erreicht wird.

Zum Nachweis der optischen Lage wird der V-Block mit erhöhter Genauigkeit und Referenzprobe verwendet.

4 Ausblick: Presslinge in Stufe 0.5

Aktuell wird die Stufe 0.5 nur für feingekühltes Glas angeboten. SCHOTT arbeitet daran, zukünftig auch Presslinge in dieser Stufe anbieten zu können. Erste Tests im Rahmen einer Prozessentwicklungsstudie verliefen vielversprechend.