

Innovative Optische Gläser

Dr. Silke Wolff*, Ute Wölfel*

*SCHOTT AG, Mainz

<mailto:silke.wolff@schott.com>

Moderne Methoden der Materialentwicklung ermöglichen sich vom Wettbewerb abhebende, hochwertige Designergläser für spezielle Applikationsfelder. Dabei stehen Neuentwicklungen und Optimierungen bezüglich physiko-chemischer Eigenschaften auf standard-optischen Lagen im Fokus. Schwerpunkte sind Lichtausbeute, Kalt- und Heißformbarkeit, sowie strategischer Umweltschutz.

Die Motivation, nach 125 Jahren erfolgreicher Optischer Glasentwicklung, über Methoden der Optischen Materialentwicklung und ihren Fokus zu sprechen, liegt in der Veränderung des Themenfeldes im letzten Jahrzehnt.

Galt in der Vergangenheit die Optische Lage eines Glases, sprich seine Refraktions- und Dispersioneigenschaften, als hinreichende Definition eines optischen Materials, muss ein neues Glas heutzutage eine Vielzahl an Eigenschaften optischer, aber auch physiko-chemischer Natur aufweisen, um seine Akzeptanz in Produktion und Markt zu gewährleisten. Der Grund für diese Wandlung liegt historisch gesehen in der zunehmenden Verfügbarkeit von Glaskomponenten in Form geeigneter Rohstoffe. Waren Schott, Abbé und Zeiss in ihren Anfängen noch auf eine kleine Zahl an Elementoxiden mit häufig zweifelhafter Rohstoffreinheit beschränkt, kann der heutige Materialentwickler nahezu unbeschränkt auf die Palette des Periodensystems in Form hochreiner Rohstoffe zurückgreifen. So war es damals bereits eine Herausforderung, die Optische Lage eines Materials bei ausreichender Transmission gezielt einzustellen, ohne an die Grenzen der Kristallisationsgebiete zu stoßen. Als Resultat konnte jede Optische Lage im Abbé-Diagramm (innerhalb des Glasbildungsgebiets) lediglich mit einem Glastype einer speziellen Glasfamilie besetzt werden, ein Fakt, auf dem die auch heute noch gebräuchliche, historische Einteilung des Diagramms in Glassysteme (z.B. BK, PK, LaSF, u.a.) basiert. Diese Glasfamilien waren dementsprechend mit einer grob skizzierten chemischen Zusammensetzung versehen, eine Definition, die heute weitgehend aufgehoben ist, aber aufgrund ihrer hohen Akzeptanz in der Expertenwelt als Gruppierungsmerkmal beibehalten wird.

Die aktuell sehr gute Verfügbarkeit auch exotischerer Elemente (Ta, Nb, W, u.a.), bzw. deren Oxide, zur Synthese neuer Glastypen lässt diese Bereiche inzwischen stark überlappen. Auch werden völlig neue Glaszusammensetzungen möglich, die

aufgrund fehlender chemischer Familienmerkmale, wie beispielsweise herausragende Glasnetzwerkbildner, als „Multikomponentengläser“ bezeichnet werden, deren bis zu 16 Komponenten nahezu gleichberechtigt nebeneinander stehen. So kann jede Optische Lage rein theoretisch mit mehreren Gläsern unterschiedlicher Zusammensetzung und daher auch unterschiedlicher physiko-chemischer Eigenschaften besetzt werden. Dies führt zu zusätzlichen Freiheitsgraden in der Entwicklung und damit zur Möglichkeit der Erweiterung des Spezifikationsprofils bzgl. applikatorischer Eignung, ökologischer Unbedenklichkeit, Kompatibilität zum Wettbewerb, wirtschaftlicher Produzierbarkeit, kostengünstiger Weiterverarbeitbarkeit und nicht zuletzt auch des Innovationsschutzes durch Patentierung. Neue Gläser müssen nun bzgl. ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften bei fixierter Optischer Lage nicht mehr „hingenommen“ werden, sondern können besonders den steigenden Anforderungen der modernen Applikationsfelder angepasst, fast auf den Punkt „designed“ werden. So sind zur Zeit Glastypen mit aktuell gleicher Eignung für bis zu etwa zehn Felder verfügbar und bilden so die Basis der Weiterentwicklung von Komponenten und Geräten, welche wiederum mit stetig steigenden Anforderungen zurück an die Materialentwicklung herantreten: z.B. Mikroskopie, Photo-/Fernoptik, Mess- und Medizintechnik, Digitale Projektion, Sicherheit, Automotive und Geodäsie.

Für den Materialentwickler bedeutet dies ein stark verändertes Arbeitsumfeld. Bei einer üblichen Glasdefinition über durchschnittlich sieben stark priorisierte Spezifikationspunkten und einer Kombination aus ca. 14 möglichen Komponenten wird jede zeitlich sinnvolle, sprich wirtschaftliche, strukturelle Vorstellung des Zusammenhangs zwischen Komponenten und Eigenschaften zur unlösbaren Aufgabe. Die Auflösung der traditionellen Glasfamilien hin zu Multikomponententypen ohne erkennbare Netzwerke tut ein übriges.

Dieser Herausforderung stellt die Materialentwicklung erfolgreich moderne, DV-gestützte Entwicklungsmethoden gegenüber. So wird, gepaart mit dem wissenschaftlichen Know-How des Entwicklers bzgl. detaillierter Eigenschaften von Komponentenpaarungen (Unstetigkeiten des chemischen Systems, Entglasung) die statistische Versuchsplanung (SVP) herangezogen, um den durchschnittlich etwa 7x14-dimensionalen Versuchsraum zu charakterisieren. Vorteil dieser Methodik im Vergleich zum klassisch-seriellen Vorgehen (trial'n'error) zeigt sich im Vergleich des Erkenntnisgewinns: Das serielle Vorgehen führt zur Kenntnis vereinzelter, detaillierter Punkte im Versuchsraum, ohne Extrapolationsmöglichkeit über diese Punkte hinaus. D.h., ist keiner dieser Punkte die Lösung des Problems, besteht keine Klarheit darüber, ob im Versuchsraum überhaupt eine Lösung existiert und falls ja, wo sie zu finden sein wird. Die SVP dagegen führt zur vollständigen, bewerteten Charakterisierung des gesamten Versuchsraumes inklusive der Kenntnis aller möglicher Lösungen und ihrer relativen Wertung bzgl. des Spezifikationsprofils. Zudem kann der so generierte Datensatz bei vergleichbaren Fragestellungen wieder herangezogen und z.B. beliebig erweitert werden.

Die Einsatzgebiete dieser Methodik sind, ihrer rein mathematischen Natur entsprechend, nahezu unbegrenzt. Grenzen werden eher durch wirtschaftliche Randbedingungen gesetzt. Für ein neu entwickeltes Material muss das industrielle Herstellverfahren angepasst, eine erste Schmelze hergestellt und das Datenblatt erstellt werden. Dies bedeutet eine zum Teil erhebliche finanzielle Vorleistung, die sich durch entsprechende Verkäufe rechtfertigen muss.

Die Schwerpunkte, die das Business Segment Optics for Devices der SCHOTT AG in der Entwicklung optischer Gläser aktuell setzt, sind im Folgenden unter Benennung bereits erfolgreicher Beispiele kurz skizziert:

Kostenreduktion: Das Feld Kostenreduktion beinhaltet mehrere für die Materialentwicklung relevante Aspekte; Senkung der Gemeinkosten durch Komponentenauswahl (N-LaSF 40 & 41), Reduktion der Herstellkosten durch Umsetzung auch sensibler Gläser in die kontinuierliche Fertigung (N-PK 52A, N-FK 51), Optimierung der Prozessierbarkeit, Kompatibilität zum Wettbewerb (N-LaSF 31A).

LowTg-Typen: Gläser mit, in Relation zu ihren optischen Nachbarn, auffallend geringen Transformationstemperaturen werden verstärkt für die primäre und auch für die sekundäre Präzisionsheißformgebung nachgefragt. Vorteil dieser Typen sind die Kostenreduktion durch Ausbeutesteigerung und Erhöhung der Werkzeugstandzeiten, sowie das Potential für schnelle Formatwechsel

bei kleinen Losgrößen (N-PK 53, N-SK 57, weitere i.E.).

Hochtransmissive Gläser: Im Zuge der Weiterentwicklung optischer Systeme rückt die erreichbare Lichtausbeute immer stärker in den Fokus. Gläser sollten nahezu „unsichtbar“ (d.h. $\tau_i \sim 100\%$) sein. Für eine Zahl solcher Gläser steht ein innovatives, kontinuierliches Schmelzverfahren zur Verfügung, dessen Anwendung zukünftig auf weitere Gläser ausgedehnt wird (SF6HT, SF 57HT & HHT, weitere folgend). Zudem dürfen auch bei optimierten Beleuchtungstechniken erhöhter Strahlungsintensität keine Transmissionsverluste durch Solarisation auftreten (LF 5, LLF 1 & 6, SF 57)

K=0-Gläser: Glastypen mit Spannungsoptischen Koeffizienten (K) nahe oder gleich „Null“ werden, bei exzellenter Transmission und hohem Brechwert (SF 57, SF 6), in auf polarisiertem Licht beruhenden Systemen, beispielsweise der Digitalen Projektion eingesetzt (z.B. Farbmanagementsysteme, PBS, u.a.). Dem Wunsch nach ökologischer Unbedenklichkeit unter Beibehaltung sämtlicher anderer herausragender Eigenschaften kann aufgrund physikalischer Grenzbedingungen nicht entsprochen werden. Dagegen wird das Feld der bei Verzicht auf den hohen Brechwert geeigneten Öko-Typen wieder weiter (PSK 54, N-PSK 56, u.ä.).

Öko II: Der Trend der ökologischen Unbedenklichkeit von Gläsern setzt sich, neben der persönlichen Verantwortung, die SCHOTT AG hier übernimmt, getrieben durch die EU „Altautoverordnung“ und die „Elektronikschrottverordnung“, weiter fort (N-SF 11 & 14, bleifreie Faserkerngläser).

HighIndex: Nicht zuletzt ist die erfolgreiche Erweiterung des Sortiments Optischer Gläser im verstärkt aus Asien nachgefragten, hochbrechenden Lanthanglassektors zu nennen. Die Palette der neuen Typen dieses innerhalb von 2 Jahren sehr zügig erschlossenen Bereichs (N-LaK 23 & 33A, N-LaSF 9, 31 & 46) ist das eindrucksvolle Beispiel des variablen und kreativen Einsatzes eines Datensatzes der SVP und damit ein Aushängeschild der modernen, innovativen Entwicklung Optischer Gläser.

Literatur

- [1] „The Properties of Optical Glass“, 2. Auflage, Schott Series on Glass and Glass Ceramics, H. Bach u. N. Neuroth (Hrsg.), Springer Verlag (1998)
- [2] „Analysis of the Composition and Structure of Glass and Glass Ceramics“, Schott Series on Glass and Glass Ceramics, H. Bach u. D. Krause (Hrsg.), Springer Verlag (1999)