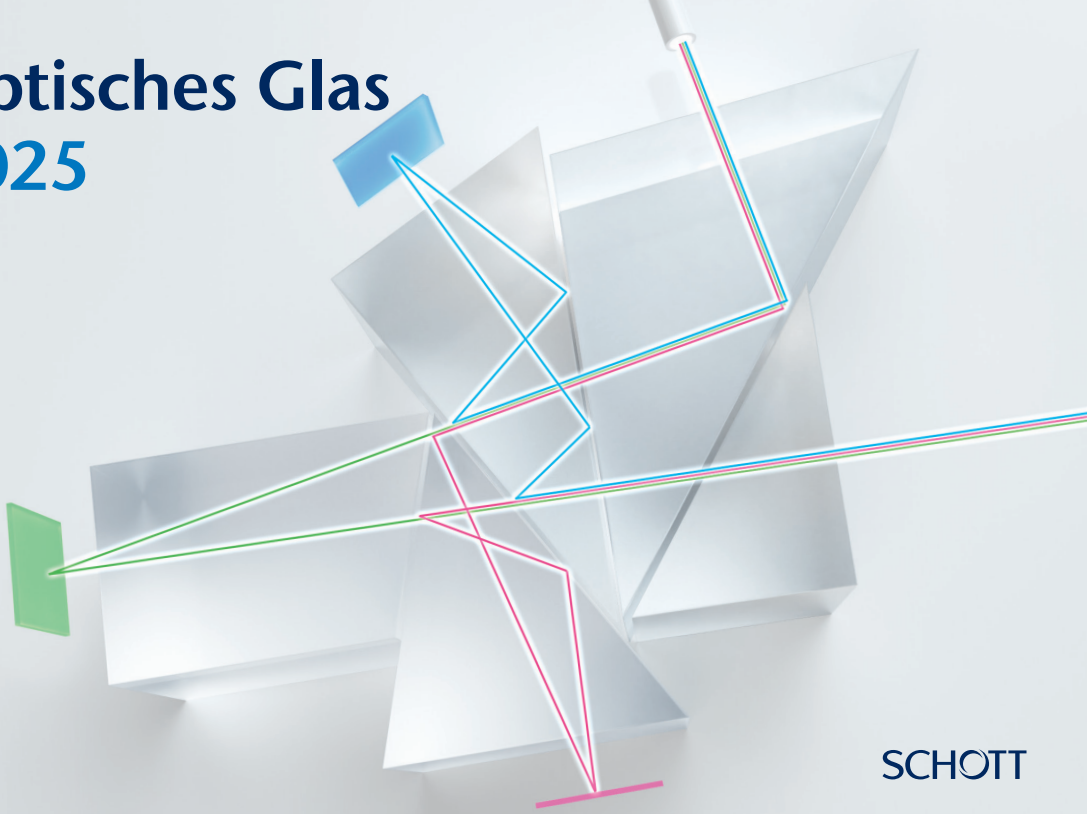
Optisches Glas
2025



SCHOTT

Optisches Glas 2025

Beschreibung der Eigenschaften

Inhaltsverzeichnis

Teil I · Optisches Glas – Beschreibung der Eigenschaften

Vorwort **8**

Was ist neu? **9**

Webshop **14**

1 Optische Eigenschaften **16**
1.1 Brechzahl, Abbezahl, Dispersion, Glasbezeichnung 16
1.2 Toleranzen für die Brechzahl und Abbezahl 17
1.3 Werkszeugnisse für Brechzahlen und Dispersionen 20
1.3.1 Standard-Werkszeugnisse 20
1.3.2 Präzisionsprüfscheine UV-VIS-IR 20
1.4 Brechzahl-Homogenität 21
1.4.1 Gläser mit hoher Homogenität ab Lager verfügbar 23
1.5 Reintransmissionsgrad, Farbcode 24
1.5.1 i-Liniengläser 25
1.5.2 Gläser mit Solarisations-Stabilisierung für blaue Laser 27
1.6 Messmöglichkeiten für optische Eigenschaften 28

2 Innere Qualität **30**
2.1 Schlieren 30
2.2 Blasen und Einschlüsse 31
2.3 Spannungsdoppelbrechung 33

3 Chemische Eigenschaften **35**
3.1 Klima-Resistenz 35
3.2 Flecken-Resistenz 36
3.3 Säure-Resistenz 38
3.4 Alkali- und Phosphat-Resistenz 39
3.5 Kennzeichnung sichtbarer Oberflächenveränderungen 40
3.6 Umweltaspekte, RoHS und REACH 41

4 Mechanische Eigenschaften **44**
4.1 Knoophärte 44
4.2 Viskosität 44
4.3 Koeffizient der thermischen Längenausdehnung 45

5 Thermische Eigenschaften **46**
5.1 Wärmeleitfähigkeit 46
5.2 Spezifische Wärmekapazität 46

6 Lieferqualität 47
6.1 Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung 47
6.2 Standard-Lieferqualität 48
6.3 Erhöhte Lieferqualität 48

7 Lieferformen und Toleranzen 51
7.1 Rohglas 52
7.1.1 Blöcke 52
7.1.2 Barren 53
7.2 Zugerichtetes Glas 54
7.2.1 Platten 54
7.2.2 Rundscheiben 56
7.2.3 Bearbeitete Stäbe 58
7.2.4 Schnittprismen 60
7.3 Presslinge 62
7.3.1 Gepresste Rohlinge 62
7.3.2 Gepresste Prismen 64
7.4 Optische Glasstäbe für miniaturisierte Kugellinsen, Scheiben und mehr 65
7.5 Prismen und Linsen aus N-BK7HTSultra und N-SSK20 67

8 Optisches Glas zum Präzisionsblankpressen 68

9 Produkt-Portfolio optischer Gläser 70
9.1 Vorzugsgläser 70
9.2 Anfragegläser 70

10 Formelsammlung und Wellenlängen-Tabelle 71

11 Technische Informationen – TIE 76

12 Anwendungshinweise 77
12.1 Optische Gläser stabilisiert gegen ionisierende Strahlung 77
12.2 Optische Materialien für mobile Anwendungen 78
12.3 Optische Materialien für Digitale Projektion 79
12.4 Optische Materialien für Industrielaser 80
12.5 Optisches Glas in Automobilanwendungen 81
12.6 Optische Gläser für Life-Science-Anwendungen 82
12.7 Optisches Glas für SWIR-Anwendungen 83
12.8 Optische Gläser für Machine-Vision-Anwendungen 84
12.9 Optische Gläser für High-End-Überwachungssysteme 85
12.10 Optische Gläser für professionelle Filmkamera-Objektive 86

13 **SCHOTT Advanced Optics auf einen Blick** **88**

Optische Materialien **89**
Optisches Glas 89
HT- & HTultra-Glas 90
HTSultra-Glas 90
XLD Glas 90
Hochhomogenes Glas 91
Low T_g-Glas 91
i-Linienglas 91
Strahlenresistentes Glas 92
Strahlenschutzglas 92
Saphir 92
Quarzglas 93
RealView® 93
Borosilikatglas 94
Infrarot-Chalkogenid Gläser IRG 94

Optische Komponenten **96**
Optische Komponenten 96
Asphärische Linsen 96
Sphärische Linsen 97
Prismen 97
Fenster & Substrate 97
Beschichtung 98
CNC-Bearbeitung 98
Einfassungen 98
Dynamischer keramischer Konverter 99
Statischer keramischer Konverter 99
Optische Wafer 99
Aktive Gläser für Laser Anwendungen 100

Optische Filter **102**
Optisches Filterglas 102
Interferenzfilter 104

Teil II · Optisches Glas – Eigenschaften

Änderungsverzeichnis – Teil II Optisches Glas – Eigenschaften **106**
Eigenschaften 107
Glossar 150

Impressum **152**

Tabellenverzeichnis

1 Optische Eigenschaften

1.1 Beispiele für Glascodes 16
1.2 Toleranzen für Brechzahl und Abbezahl (Stufen gemäß ISO 12123:2018/ISO 10110-18:2018 in Klammern). 17
1.3 Toleranzen für die Brechzahl-Streuung innerhalb eines Loses von feingekühltem Glas und innerhalb eines Pressling-Loses (Stufen gemäß ISO 12123:2018/ISO 10110-18:2018 in Klammern). 18
1.4 Angaben zu den Brechzahlen und Dispersionen in Standard-Werkszeugnissen 20
1.5 Homogenität von optischem Glas (Stufen gemäß ISO 12123:2018/ISO 10110-18:2018 in Klammern) 22
1.6 Brechzahl-Homogenität von i-Liniengläsern in Abhängigkeit von ihren Abmessungen 26
1.7 Optische Position, Transmission und Solarisation von i-Liniengläsern 26
1.8 Überblick über die Messgenauigkeit von Methoden zur Charakterisierung optischer Eigenschaften bei der Qualitätskontrolle von optischem Glas. 28

2 Innere Qualität

2.1 Toleranzgrenzen für Schlieren (Stufen gemäß ISO 12123:2018/ISO 10110-18:2018 in Klammern) 31
2.2 Grenzwerte für Blasen und Einschlüsse in optischen Gläsern (Stufen gemäß ISO 12123:2018 in Klammern) 32
2.3 Grenzwerte der Spannungsdoppelbrechung in geschnittenen Rohteilen für verschiedene Abmessungen (Durchmesser (Durchm.)/ Diagonal (Diag.) und Dicke (d)) (Stufen gemäß ISO 12123:2018) . . 34

3 Chemische Eigenschaften

3.1 Einteilung der optischen Gläser in Klima-Resistenzklassen CR 1–4 36
3.2 Einteilung der optischen Gläser in Flecken-Resistenzklassen FR 0–5. 37
3.3 Einteilung der optischen Gläser in Säure-Resistenzklassen SR 1–53. 38
3.4 Einteilung der optischen Gläser in Alkali-Resistenzklassen AR 1–4 bzw. Phosphat-Resistenzklassen PR 1–4 40

6 Lieferqualität
6.1 Erhöhte Qualitätsstufen bei verschiedenen Lieferformen 49

7 Lieferformen und Toleranzen
7.1 Abmessungstoleranzen und Mindestmaße für Platten 55
7.2 Abmessungstoleranzen und Mindestmaße für Rundscheiben 57
7.3 Maße und Toleranzen für bearbeitete Stäbe 59
7.4 Maße und Toleranzen für Schnittprismen 61
7.5 Maße und Toleranzen für gepresste Rohlinge 63
7.6 Maße und Toleranzen für gepresste Prismen. 64
7.7 Optische Glasstäbe – Spezifikationen 66

10 Formelsammlung und Wellenlängen-Tabelle
10.1 Wellenlängen für eine Auswahl häufig benutzter Spektrallinien . . . 75

Abbildungsverzeichnis

1 Optische Eigenschaften
1.1 Lieferlos-Zusammensetzung von Glas für Heißverarbeitung und feingekühltem Glas 19
1.2 H4-Qualität bei 835 mm-Apertur nach Abzug des Fokus (Zusammengesetzt aus Einzelmessungen). 23

Titelbild
Das Cover zeigt ein Prismen-Set für laserbasierte 3 DLP® Projektoren im Bereich Cinema und Event. Unser Hightech-Material N-BK7HTSultra führt hierbei zu einer verbesserten Bildqualität.

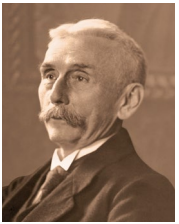
Vorwort

SCHOTT Advanced Optics –
Your Partner for Excellence in Optics.

SCHOTT ist ein international führender Technologiekonzern auf den Gebieten Spezialglas und Glaskeramik. Mit der Erfahrung von über 140 Jahren herausragender Entwicklungs-, Material- und Technologiekompetenz bietet SCHOTT ein breites Portfolio hochwertiger Produkte und intelligenter Lösungen und trägt damit zum Erfolg seiner Kunden bei.

Advanced Optics, als Teil der SCHOTT AG, bietet optische Materialien, Komponenten und Filter an und gilt als Wegbereiter innovativer Lösungen für die verschiedensten Anwendungen. Mit einem Portfolio aus über 120 optischen Gläsern, speziellen Materialien (z. B. aktive Lasergläser, IR-Materialien, Saphir), keramische Konverter, hochpräzisen optischen Komponenten, Wafern und optischen Filtergläsern entwickelt Advanced Optics weltweit maßgeschneiderte Lösungen für Anwendungen in Optik, Lithografie, Astronomie, Optoelektronik, Naturwissenschaften, Forschung und viele mehr.

Advanced Optics bedient die komplette Wertschöpfungskette: von der kundenspezifischen Materialentwicklung und dessen Fertigung über hochpräzise Endbearbeitung und Beschichtung bis hin zur äußerst genauen Metrologie.



Unternehmensgründer: Otto Schott (1851–1935)

Weitere Informationen finden Sie auf unserer Website:
www.schott.com/advanced-optics

Neu

Was ist neu?

SCHOTT Advanced Optics hält höchste Qualitätsstandards ein und setzt in der Glasherstellung modernste Techniken ein. Dies ermöglicht uns, eine vielfältige Palette von Produkten für optische und industrielle Anwendungen anzubieten, die strengste Toleranzen einhalten und sich an sich ändernde Markttrends und Kundenanforderungen anpassen. Unsere langjährige Expertise im Bereich optisches Glas ist nach wie vor von grundlegender Bedeutung für unsere neuesten Innovationen. In der aktuellen Marktsituation ist die Photonik und die dort eingesetzten optischen Gläser für Fortschritte in Bereichen wie Industrie 4.0, autonomes Fahren, Digitalisierung, Augmented Reality und dem Internet der Dinge (IoT) unter anderem von entscheidender Bedeutung. Kontinuierliche Weiterentwicklungen stellen sicher, dass wir mit unserem Angebot an optischem Glas die hohen Erwartungen unserer weltweiten Kunden erfüllen können. Der Photonikmarkt für digitale Projektoren erfordert optisches Glas mit höchster Beständigkeit gegen die Solarisation durch blaues Laserlicht im Inneren der installierten Prismen. SCHOTT hat die Entwicklung einer N-BK7HT-Variante erfolgreich abgeschlossen, die in diesem Katalog unter dem Namen N-BK7HTSultra vorgestellt wird.

Aufgrund der verbesserten Solarisationseigenschaften eignet sich N-BK7HTSultra auch für andere Laseranwendungen in der Photonik. Dieser Katalog stellt einen weiteren neuen Glastyp unter dem Namen N-SSK20 vor, der ebenfalls eine geringe Solarisation bei blauem Laserlicht aufweist. Darüber hinaus zeichnet er sich durch eine hervorragende UV-Transmission bei einem vergleichsweise hohen Brechungsindex aus. Durch die Kombination dieser Eigenschaften eignet sich dieser Glastyp ideal für Anwendungen in der Endoskopie oder in Laseranwendungen.

Die neueste Anwendungsbeschreibung „Optische Materialien für industrielle Laser“ in Kapitel 12.4 beschreibt die Kriterien für Materialien, die in dieser Branche verwendet werden, und enthält eine Liste verschiedener kompatibler SCHOTT-Materialien. Außerdem haben wir Kapitel 1.5.2 „Gläser mit Solarisations-Stabilisierung für blaue Laser“ hinzugefügt, in dem die Eigenschaften dieser Glasarten detailliert beschrieben werden.

Tabelle 1.6, die Glasarten mit hoher Homogenität und Produktabmessungen wurde aus dem Katalog entfernt. Bitte beachten Sie hierzu die TIE-26. Tabelle 2.3 für Spannungsdoppelbrechung wurde zur besseren Übersichtlichkeit leicht überarbeitet. Seit dem letzten Katalog von 2022 hat SCHOTT zwei neue Glasarten in sein Portfolio aufgenommen. (1) N-BK7HTSultra ist eine Variante von N-BK7HT mit hervorragender Solarisationsbeständigkeit gegenüber blauem Laserlicht. (2) N-SSK20 ist ein optisches Glas mit hoher Transmission im UV-Bereich, hoher Solarisationsbeständigkeit bei blauem Laserlicht und einem vergleichsweise hohen Brechungsindex. Die regelmäßige Verbesserung der Qualität und Verarbeitbarkeit unserer Produkte ist für uns bei SCHOTT von größter Bedeutung. Aus diesem Grund haben sich Anpassungen bei Eigenschaften einiger Gläser ergeben. Alle in diesem Katalog aufgeführten Glasprodukte erfüllen die Anforderungen der RoHS II-Richtlinie und der REACH-Verordnung.

Falls Sie über diesen Katalog hinausgehende Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an einen Ansprechpartner unserer weltweiten Vertriebsmannschaft vor Ort. Wir erarbeiten gerne gemeinsam mit Ihnen eine individuelle Lösung für Ihre spezielle Anforderung.

SCHOTT wird auch in Zukunft sein Produkt-Portfolio kontinuierlich erweitern und behält sich daher das Recht vor, die Angaben im Katalog ohne vorherige Ankündigung zu ändern. Die neueste Auflage wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; jedoch übernimmt SCHOTT keine Haftung für den unwahrscheinlichen Fall, dass inhaltliche Ungenauigkeiten oder Druckfehler enthalten sind. Der aktuelle Katalog 06/2025 ersetzt alle Vorgängerversionen. Die rechtsverbindliche Version dieses Katalogs ist auf unserer Webseite verfügbar: www.schott.com/products/optical-glass/downloads

Advanced Optics
SCHOTT AG
Mainz
Januar 2025



Lloyd's Register Qualitätssicherung:
Alle Produkte von SCHOTT Advanced Optics in Mainz, Yverdon, Penang und Duryea sind zertifiziert.

Weitere Produktinformationen

Eines der Hauptanliegen von SCHOTT neben der Lieferung moderner Produkte ist die professionelle Unterstützung seiner Kunden. Intensive technische Betreuung, detaillierte Produktinformationen und Anwendungsunterstützung vor und nach dem Kauf eines Produkts sowie die gemeinsame Entwicklung einer kundenspezifischen Lösung sind unsere Alleinstellungsmerkmale. Wir stellen Ihnen detaillierte Datenblätter, Datenbanken für die Verwendung mit optischen Design-Programmen und Übersichtsdiagramme zu den im Katalog gelisteten Materialien zur Verfügung. Elektronische Versionen der technischen Informationen, so genannte TIEs, sind ebenso verfügbar.

Nebenstehender Stempel verweist im Katalog auf die Verfügbarkeit von relevanten TIEs (Technischen Informationen). Eine Übersicht der TIEs befindet sich auf Seite 76 des Katalogs. Detaillierte technische Informationen sind unter www.schott.com/products/optical-glass/downloads aufgelistet.



Katalog Optisches Glas

Dieser Katalog umfasst einen Überblick über optische Gläser und Materialien, die die Anforderungen zahlreicher Anwendungen vom Konsumgüterbereich bis hin zu optischen Systemen in Forschung und Entwicklung abdecken.

Folgende Kategorien werden betrachtet:

- „N"-Gläser als blei- und arsenfreie Alternative zu konventionellen Glastypen
- Klassische Glasarten mit Bleioxid als wesentliche Komponente für hervorragende optische Eigenschaften
- HT- & HTultra-Gläser als optische Gläser mit verbesserten Transmissionswerten im sichtbaren Spektralbereich, insbesondere im blau-violetten Bereich
- Optisches Glas mit erhöhtem Solarisationsschutz für blaue Laser-Anwendungen: HTSultra-Glas
- Lagerhaltig verfügbare hochhomogene optische Gläser
- „P"-Gläser für das Präzisionsblankpressen (Low T_g-Gläser)
- i-Liniengläser für die Mikrolithografie
- Strahlungsresistente Glasarten
- XLD Gläser (eXtreme Low Dispersion)

Bei den genannten Kategorien unterscheidet SCHOTT zwischen Vorzugsgläsern, die in der Regel für sofortige Lieferung auf Lager gehalten werden, und **Anfragegläsern**, die bestellt werden können, wobei die generelle Verfügbarkeit ab Lager nicht garantiert werden kann. Einzelheiten sind im Teil II Optisches Glas – Eigenschaften des Katalogs aufgeführt.

Wichtige Definitionen für die im Katalog aufgelisteten Gläser:

Die optischen Daten der in diesem Katalog aufgeführten Gläser beziehen sich auf den Einsatz in optischen Anwendungen und auf Luft als Umgebungsmedium.

Lieferformen

SCHOTT bietet die verfügbaren Gläser in **verschiedenen Lieferformen** an.
Nähere Informationen lassen sich in Kapitel 7 finden.

Qualitätsmanagement

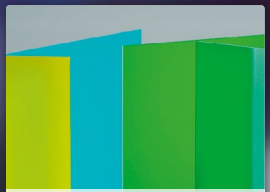
SCHOTT arbeitet mit einem weltweit zentralisierten Managementsystem. Es integriert die Anforderungen von ISO 9001 das Qualitätsmanagement betreffend, ISO 14001 bezüglich des Umweltmanagements, ISO 50001 für das Energiemanagement sowie die Regeln und Standards von SCHOTT zum Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitssystem gemäß ISO 45001. All das sorgt für die Einhaltung von Umweltbestimmungen wie RoHS II und REACH (siehe Kapitel 3.6) und sichert unser hohes Qualitätsniveau (siehe Kapitel 6.1). Außerdem hat SCHOTT große Teile von ISO 12123:2018 „Optik und Photonik – Spezifikation von optischem Rohglas“ und ISO 10110:2018 implementiert. Verweise sind in den Beschreibungen enthalten.

Willkommen in unserem Shop für optische Materialien

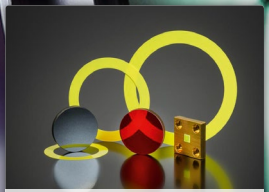
schott.com/shop/advanced-optics



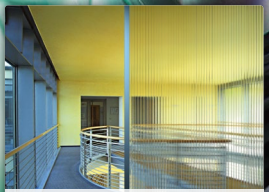
Optisches Glas



Optisches Filterglas



Spezialmaterialien



Architektur & Design

Komfortable Online-Bestellungen

- Profitieren Sie von speziellen Online-Rabatten
- Echtzeitinformationen zu Preisen und Produktverfügbarkeit
- Umfangreiche Such- und Filteroptionen

Informationen und Downloads

- Überprüfen Sie alle Produktspezifikationen
- Herunterladen technischer Informationen, Datenblätter und Kataloge
- Zugang zum interaktiven Abbe- und Filterglasdiagramm sowie zum Filterglas Kalkulationsprogramm

Verwalten Sie alle Ihre Aufträge und Angebote

- Verfolgen und verwalten Sie alle Ihre Online- und Offline-Bestellungen
- Laden Sie auftragsbezogene Dokumente herunter (Rechnung, Auftragsbestätigung, Lieferschein, Prüfberichte)
- Suchen und filtern Sie alle aktuellen Angebote und eine Angebotshistorie
- Angebote als PDF-Dateien herunterladen oder Details online überprüfen

Besuchen Sie uns unter
schott.com/shop/advanced-optics

Um zu bestellen, müssen Sie sich registrieren, während alle Produktinformationen frei zugänglich sind.

Um Zugang zu erhalten, beantragen Sie Ihre persönliche SCHOTT ID: Ihr persönlicher Schlüssel zu allen digitalen Inhalten von SCHOTT

Sie haben Fragen? Kontaktieren Sie uns unter info.optics@schott.com oder wenden Sie sich an Ihren zuständigen Vertriebsmanager.

1 Optische Eigenschaften

1.1 Brechzahl, Abbezahl, Dispersion, Glasbezeichnung

TIE-29 Brechzahl und Dispersion

Als gebräuchlichste Kenngröße zur Charakterisierung eines optischen Glases verwendet man die Brechzahl n_d im mittleren Bereich des sichtbaren Spektrums und die Abbezahl $\nu_d = (n_d-1)/(n_F-n_C)$ als Maß für die Dispersion. Die Differenz $n_F - n_C$ bezeichnet man als Hauptdispersion.

Eine andere übliche Bezeichnungsweise für optische Gläser ist die Angabe eines Zahlencodes, der häufig als Glascode bezeichnet wird. SCHOTT verwendet einen neunstelligen Code. Die ersten sechs Ziffern entsprechen dem international üblichen Glascode. Sie weisen auf die optische Lage der jeweiligen Glasart hin. Die ersten drei Ziffern geben die Brechzahl n_d wieder, die folgenden drei Ziffern die Abbezahl ν_d. Drei zusätzliche Ziffern nach dem Punkt geben die Dichte des Glases an.

Tabelle 1.1: Beispiele für Glascodes

Glasart	n_d	ν_d	Dichte	Glascode
N-SF6	1,80518	25,36	3,37	805254.337
SF6	1,80518	25,43	5,18	805254.518

Bei der Spezifikation von optischen Bauelementen werden häufig die auf die e-Linie bezogenen Größen n_e und $\nu_e = (n_e-1)/(n_{F'}-n_{C'})$ verwendet.

Vorzugsglasarten des Lieferprogramms sind im n_d/ν_d- oder n_e/ν_e-Diagramm in Familien zusammengefasst. Im Teil II Optisches Glas – Eigenschaften sind die Glasfamilien nach fallender Abbezahl geordnet.

1.2 Toleranzen für die Brechzahl und Abbezahl

Die Toleranzen für die Brechzahl und Abbezahl sind in Tabelle 1.2 angegeben. Die normale Lieferqualität für feingekühltes Glas ist Stufe 3 für n_d und ν_d. Auf Anfrage kann Material mit engeren Toleranzen geliefert werden. Ausgewählte Glasarten können in Stufe 0,5 für Brechzahl und Abbezahl angeboten werden. Die zur Verfügung stehenden Glasarten sind im Teil II Optisches Glas – Eigenschaften gekennzeichnet. Die Stufe 0,5 ist sowohl für feingekühltes Glas als auch für Presslinge verfügbar.

Tabelle 1.2: Toleranzen für Brechzahl und Abbezahl (Stufen gemäß ISO 12123:2018/ ISO 10110-18:2018 in Klammern)

	n_d	ν_d
Stufe 0,5*	±0,0001 (NP010)	±0,1% (AN1)
Stufe 1	±0,0002 (NP020)	±0,2% (AN2)
Stufe 2	±0,0003 (NP030)	±0,3% (AN3)
Stufe 3	±0,0005 (NP050)	±0,5% (AN5)

* nur für ausgewählte Glasarten

Alle Lieferungen von feingekühltem optischem Glas erfolgen in Losen von Einzelchargen (s. Abb. 1.1).

Die Chargen können jeweils einzelne Blöcke oder mehrere Barrenabschnitte sein. Die Lieferlose sind durch eine Lieferlos-Nummer gekennzeichnet.

Die Lieferlose werden basierend auf der spezifizierten maximal erlaubten Brechzahl- und Abbezahl-Abweichung der Einzelchargen vom Nominalwert des Datenblatts (Abweichungen gemäß Tabelle 1.2) und der Brechzahl-Streuung von Charge zu Charge gemäß Tabelle 1.3 gebildet.

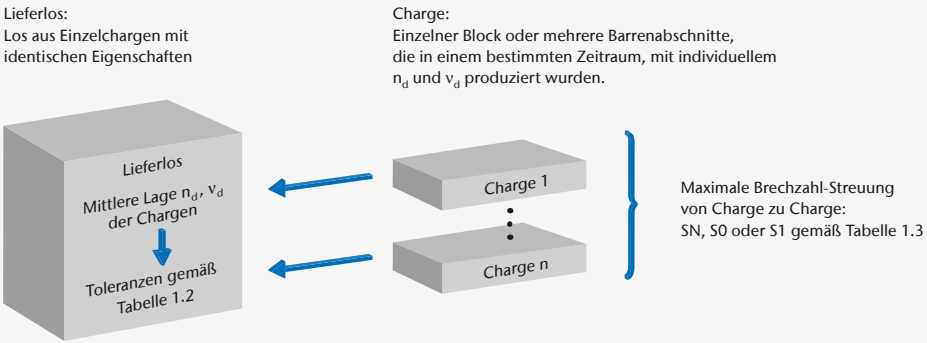
Da die Chargen unterschiedliche Feinkühl-Historien haben können, sind solche Lieferlose nicht zum Wiederverpressen geeignet.

Alle Teile eines Lieferloses von feingekühltem optischem Glas, zugerichtetem Glas oder Presslingen erfüllen die Normalqualität der Brechzahl-Streuung gemäß der folgenden Tabelle 1.3. Auf Anfrage können Teile auch in Lieferlosen mit engerer Brechzahl-Streuung geliefert werden.

Tabelle 1.3: Toleranzen für die Brechzahl-Streuung innerhalb eines Loses von feingekühltem Glas und innerhalb eines Pressling-Loses (Stufen gemäß ISO 12123:2018/ISO 10110-18:2018 in Klammern)

Feingekühltes Glas, zugerichtetes Glas		Presslinge	
Streuklasse	**Brechzahl-Streuung**	**Streuklasse**	**Brechzahl-Streuung**
SN	$\pm 10 \cdot 10^{-5}$ (NV10)	LN	$\pm 20 \cdot 10^{-5}$ (NV20)
S0	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$ (NV05)	LH1	$\pm 10 \cdot 10^{-5}$ (NV10)
S1	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$ (NV02)	LH2	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$ (NV05)

Abb. 1.1: Lieferlos-Zusammensetzung von Glas für Heißverarbeitung und feingekühltem Glas



Die Zusammenstellung der Chargen in einem Lieferlos unterliegt der Verantwortung von SCHOTT.

1.3 Werkszeugnisse für Brechzahlen und Dispersionen

1.3.1 Standard-Werkszeugnisse

Für alle Lieferungen von feingekühltem optischem Glas werden Standard-Werkszeugnisse gemäß ISO 10474 zur Verfügung gestellt. Die Angaben basieren auf Stichproben und beziehen sich auf die mittlere Lage der optischen Werte eines Lieferloses. Die Werte der Einzelteile können um die Toleranz der Brechzahl-Streuung von diesen Angaben abweichen.

Die Messungen erfolgen mit der V-Block-Methode mit einer Genauigkeit für die Brechzahlen von $\pm 3 \cdot 10^{-5}$ und für die Dispersionen von $\pm 2 \cdot 10^{-5}$. Die numerischen Angaben umfassen fünf Dezimalstellen.

Tabelle 1.4: Angaben zu den Brechzahlen und Dispersionen in Standard-Werkszeugnissen

Optische Lage	n_d, ν_d, n_e, ν_e
Brechzahlen	n_g, $n_{F'}$, n_F, n_e, n_d, $n_{632,8}$, $n_{C'}$, n_C, n_r, n_s, n_t
Dispersionen	$n_F - n_C$, $n_d - n_C$, $n_F - n_d$, $n_F - n_e$, $n_g - n_F$, $n_{F'} - n_{C'}$, $n_{F'} - n_e$

Auf Anforderung können für einzelne Glasteile Prüfscheine mit erhöhter Genauigkeit bereitgestellt werden ($\pm 2 \cdot 10^{-5}$ für die Brechzahl und $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ für die Dispersion). Diese Zertifikate enthalten zusätzlich die aus der Messung ermittelten Konstanten der Sellmeier-Dispersionsgleichung für den gewünschten Spektralbereich.

1.3.2 Präzisionsprüfscheine UV-VIS-IR

Präzisionsprüfscheine werden auf Anfrage ausgestellt. Sie beziehen sich immer auf einzelne Glasteile.

Die Prüfscheine für das sichtbare Spektralgebiet enthalten die gleichen Angaben wie die Werkszeugnisse mit Standardgenauigkeit, wobei jedoch die Dispersionsangaben bis auf sechs Dezimalstellen angegeben werden. Auf Anfrage können Brechzahlen auch über einen erweiterten Spektralbereich von 185 nm

bis 2325 nm und die Konstanten der Sellmeier-Dispersionsgleichung für den anwendbaren Spektralbereich angegeben werden.

Die Messung erfolgt mit einem Prismen-Spektrometer. Die Genauigkeit beträgt für die Brechzahlen $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ und für die Dispersionen $\pm 3 \cdot 10^{-6}$. Auf Wunsch können Brechzahlen, unabhängig von der Glasart und der Wellenlänge, auch mit einer Genauigkeit von $\pm 4 \cdot 10^{-6}$ und Dispersionen mit einer Genauigkeit von $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ bestimmt werden.

Die Messungen erfolgen an Luft bei einer Temperatur von 22 °C und einem Luftdruck von 1013,3 hPa. Temperaturkonstante Messungen können auf Wunsch innerhalb eines Temperaturbereiches von 18 °C bis 28 °C durchgeführt werden. Die jeweilige Messtemperatur und der Druck werden auf dem Prüfschein aufgeführt. Auf Nachfrage sind auch Messungen unter Stickstoffatmosphäre möglich.

1.4 Brechzahl-Homogenität

TIE-26 Homogenität von optischem Glas

Die Brechzahl-Homogenität oder optische Homogenität ist ein Maß für die Schwankungen der Brechzahl innerhalb eines einzelnen Glasstücks. Mit besonderem Aufwand bei der Schmelze und der Feinkühlung können Glasstücke mit einer hohen Brechzahl-Homogenität hergestellt werden. Welche Brechzahl-Homogenität bei einer gegebenen Glasart erreichbar ist, hängt vom Volumen und von der Form der einzelnen Glasstücke ab.

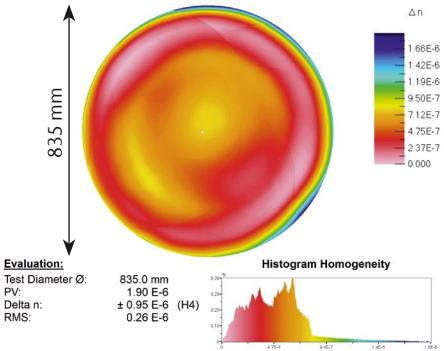
Die erforderliche optische Homogenität leitet sich aus den Anforderungen der späteren Anwendung und der Größe des optischen Bauteils im Einsatz ab. Dabei entspricht diese im Allgemeinen der maximalen Brechzahlschwankung innerhalb der gewünschten Prüfapertur (z. B. 95 % der physikalischen Abmessung). Die Brechzahlschwankung wird aus interferometrisch gemessenen Wellenfrontdeformationen ermittelt. Die Wellenfrontdeformationen setzen sich wiederum aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Fehleranteilen zusammen. In vielen Fällen können bestimmte Fehleranteile ohne weiteren Einfluss auf die Anwendung subtrahiert werden. Zum Beispiel können Fokus-Abweichungen (ausgedrückt durch den

Fokus-Term) häufig durch die Anpassung der Geometrie der fertigen Linse ausgeglichen werden. Dies sollte vorab spezifiziert werden. Der Gradient der Homogenitätsverteilung kann auf Anfrage mittels der Brechzahl-Änderung pro cm Apertur ermittelt werden. Dies sollte ebenfalls vorab spezifiziert werden. Das Angebot für Gläser mit erhöhten Anforderungen bezüglich Brechzahl-Homogenität umfasst fünf Klassen entsprechend der ISO-Norm 10110-18:2018 und ISO12123:2018 (siehe Tabelle 1.5). Die maximale Schwankung der Brechzahl wird in PV-Werten (Peak to Valley) ausgedrückt. Abhängig vom Volumen des optischen Elements und anderen Faktoren wie z. B. der Glasart und der Größe des verwendeten Rohglases erfolgt die Messung der Wellenfrontdeformation am Einzelstück. Mit den vorhandenen Fizeau-Interferometern können Glasstücke mit bis zu 500 mm Durchmesser geprüft werden. Glasstücke mit bis zu 1500 mm Durchmesser werden in Sub-Aperturen von bis zu 500 mm Durchmesser geprüft und die einzelnen Messungen mit einer Stitching-Software zusammengesetzt. Individuelle Interferogramme können je Glasstück zur Verfügung gestellt werden.

Tabelle 1.5: Homogenität von optischem Glas (Stufen gemäß ISO 12123:2018/ ISO 10110-18:2018 in Klammern)

Homogenitäts-klasse	Maximale Schwankung der Brechzahl	Anwendbarkeit, Lieferbarkeit
H1	$40 \cdot 10^{-6}$ (NH040)	Für einzelne zugerichtete Glasstücke
H2	$10 \cdot 10^{-6}$ (NH010)	Für einzelne zugerichtete Glasstücke
H3	$4 \cdot 10^{-6}$ (NH004)	Für einzelne zugerichtete Glasstücke, nicht in allen Größen
H4	$2 \cdot 10^{-6}$ (NH002)	Für einzelne zugerichtete Glasstücke, nicht in allen Größen, nicht für alle Glasarten
H5	$1 \cdot 10^{-6}$ (NH001)	Für einzelne zugerichtete Glasstücke, nicht in allen Größen, nicht für alle Glasarten

Abb. 1.2: H4-Qualität bei 835 mm-Apertur nach Abzug des Fokus (Zusammengesetzt aus Einzelmessungen)



Die Brechzahlhomogenität von Presslingen kann nicht direkt gemessen werden. Stattdessen erfolgen Messungen und statistische Auswertungen von Referenzproben.

Durch eine gezielte Rohmaterial Auswahl und Bearbeitung, kann SCHOTT Presslinge mit einem Durchmesser von weniger als 65 mm in Homogenitäten bis zur Stufe H3 anbieten.

1.4.1 Gläser mit hoher Homogenität ab Lager verfügbar

TIE-26 Homogenität von optischem Glas

SCHOTT bietet eine Auswahl an feingekühlten zugerichteten Gläsern mit hoher Homogenität ab Lager an.

TIE-26 gibt einen Überblick über die verfügbaren Glastypen, die maximal möglichen Abmessungen und die Homogenitätsgrade. Bei kleineren Durchmessern sind auf Anfrage auch höhere Homogenitäten möglich.

1.5 Reintransmissionsgrad, Farbcode

TIE-35 Transmission von optischem Glas

Der maximal erreichbare Reintransmissionsgrad, d. h. der Lichttransmissionsgrad ohne Reflexionsverluste, korreliert gemäß der allgemeinen Dispersionstheorie mit der optischen Lage der Glasart. Durch den Einsatz reinster Rohstoffe und durch sorgsame Prozessführung bei der Herstellung können die im kurzwelligen Spektralbereich von der Dispersion gesetzten Grenzen für den Reintransmissionsgrad nahezu erreicht werden.

SCHOTT strebt innerhalb der technischen und ökonomischen Randbedingungen den bestmöglichen Reintransmissionsgrad an.

Die Angaben zum Reintransmissionsgrad und Farbcode im Teil II Optisches Glas – Eigenschaften sind mittlere Werte aus mehreren Schmelzen einer Glasart. Auf Anfrage können für alle Glasarten Mindestwerte für den Reintransmissionsgrad eingehalten werden. Die Lieferfähigkeit muss aber im Vorfeld geklärt werden. Im Teil II Optisches Glas – Eigenschaften ist der Reintransmissionsgrad für 400 nm bei einer Probendicke von 10 mm angegeben.

Einige Gläser sind mit verbessertem Reintransmissionsgrad im visuellen und insbesondere im blauvioletten Spektralbereich erhältlich. Solche Gläser sind mit dem Namenszusatz HT (High Transmittance) oder HTultra (ultra High Transmittance) gekennzeichnet und werden im Teil II Optisches Glas – Eigenschaften besonders hervorgehoben (z. B. N-SF6HT oder SF57HTultra). Bei HT- und HTultra-Gläsern entsprechen die angegebenen Reintransmissionswerte im sichtbaren Spektralbereich garantierten Minimalwerten. Bei HTSultra Gläsern (z.B. N-BK7HTSultra) sind geringfügige Abweichungen von der Reintransmission zulässig.

Die Grenze des Transmissionsbereiches von optischen Gläsern zum UV-Bereich hin ist insbesondere bei hoch brechenden Gläsern von Interesse, da sie mit wachsender Brechzahl immer näher an den sichtbaren Spektralbereich rückt. Die Lage und Steilheit der UV-Absorptionskante wird durch den Farbcode beschrieben.

Der Farbcode gibt die Wellenlängen λ_{80} und λ_5 an, bei denen die Transmission (einschließlich Reflexionsverlusten) für 10 mm Dicke 0,80 bzw. 0,05 beträgt. Die Werte sind auf 10 nm gerundet und werden unter Weglassen der Einerstelle notiert. Farbcode 33/30 bedeutet zum Beispiel λ_{80} = 330 nm und λ_5 = 300 nm.

Für hoch brechende Glasarten mit n_d > 1,83 beziehen sich die Angaben des Farbcodes (markiert mit *) auf die Transmissionswerte 0,70 bzw. 0,05 (λ_{70} und λ_5) wegen des hohen Reflexionsverlusts bei diesen Gläsern. Die Toleranz des Farbcodes beträgt in der Regel ± 10 nm.

1.5.1 i-Liniengläser

i-Liniengläser sind Gläser, die sowohl über eine hohe UV-Transmission bei 365 nm als auch über eine hohe Brechzahlhomogenität verfügen. Diese Glasarten, wie z. B. FK5HTi, LF5HTi, N-SK5HTi, F2HTi, LLF1HTi und N-BK7HTi, sind in kundenspezifischen Formen und als bearbeitete Komponenten erhältlich.

i-Liniengläser bieten:
- Hohe UV-Transmission bei 365 nm
- Hohe Brechzahlhomogenität (siehe Tabelle 1.7)
- Hervorragende innere Qualität
- Geringste Spannungsdoppelbrechung aufgrund der speziellen Feinkühlung
- Maximale Brechzahl-Streuung innerhalb eines Loses von weniger als $\pm 30 \cdot 10^{-6}$
- Extrem niedrige Solarisation

Tabelle 1.6: Brechzahl-Homogenität von i-Liniengläsern in Abhängigkeit von ihren Abmessungen

Abmessung	Maximale Schwankung der Brechzahl
Ø 150 mm	$0{,}5 \cdot 10^{-6}$
Ø 200 mm	$1{,}0 \cdot 10^{-6}$ (H5)
Ø 250 mm	$2{,}0 \cdot 10^{-6}$ (H4)

Tabelle 1.7: Optische Position, Transmission und Solarisation von i-Liniengläsern

Glasart				Solarisationsmessung nach JOGIS	
	n_d	ν_d	τ_i (10/365)	Rating	erreichbare Stufe
FK5HTi	1,48748	70,47	0,998	sehr gut	< 7,5
N-BK7HTi	1,51680	64,17	0,994	sehr gut	< 6
N-SK5HTi	1,58913	61,27	0,991	gut	< 12
LLF1HTi	1,54815	45,9	0,997	exzellent	< 2
LF5HTi	1,58144	40,89	0,996	exzellent	< 1,5
F2HTi	1,62004	36,37	0,985	exzellent	< 1,5

1.5.2 Gläser mit Solarisations-Stabilisierung für blaue Laser

In den letzten Jahren haben blaue Laser (mit Wellenlängen um 450 nm) in industriellen und kommerziellen Anwendungen immer mehr an Bedeutung gewonnen. Dabei müssen diese durch die ständig steigende Leistung von blauen Lasern hohe Stabilitätsanforderungen erfüllen. Die Bestrahlung mit blauen Lasern hoher Leistung kann zu einer breitbandigen Verringerung der Transmission des Glases führen (induzierte Extinktion). Daher ist das Verständnis und die Minderung dieses Solarisations-Phänomens eine zentrale Herausforderung.

Zur Charakterisierung der Solarisation durch blaue Laserstrahlung wird eine allseitig polierte Probe von 4 x 4 mm² Querschnitt und 100 mm Länge in einem lichtleitenden Bestrahlungsaufbau verwendet. Die Probe wird mit einem blauen Laser bei 455 nm mit etwa 305 ± 5 W/cm² drei Tage lang bestrahlt. Die induzierte Extinktion wird in Einheiten von 1/m Probenlänge pro Wellenlänge charakterisiert.

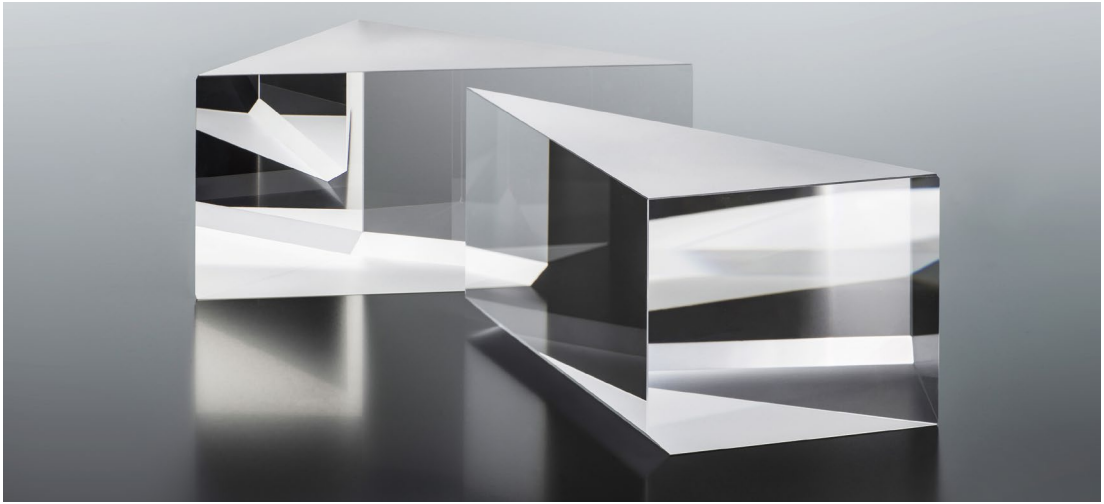
SCHOTT hat die Solarisation von N-BK7HT verbessert und bietet N-BK7HTSultra mit einem hohen Grad an Stabilisierung gegen Solarisation durch blaue Laserstrahlung an, ebenso wie der neue Glastyp N-SSK20. N-BK7HTSultra und N-SSK20 sind nur als anwendungsbezogene optische Komponenten erhältlich.

Grenzwerte für die induzierte Extinktion können für die Wellenlängen 436 nm, 546 nm und 644 nm garantiert werden. Spektrale Extinktionskurven sind auf Anfrage erhältlich.

1.6 Messmöglichkeiten für optische Eigenschaften

Tabelle 1.8 gibt einen Überblick über die Messgenauigkeit von Methoden zur Charakterisierung optischer Eigenschaften bei der Qualitätskontrolle von optischem Glas.

Eigenschaft		Genauigkeit		Methode	Spektralbereich	Probe	
						Form	Format
		Brechzahl	Dispersion				
Brechzahl	Standard	$\pm 3 \cdot 10^{-5}$	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$	V-Block-Refraktometer	g, F′, F, e, d, C′, C (ν_d, ν_e)	Würfel	$20 \cdot 20 \cdot 5$ mm³
	Erhöht	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$	$\pm 1 \cdot 10^{-5}$		i, h, g, F′, F, e, d, C′, C, r, s, t (ν_d, ν_e)	Würfel	
	Präzision	$\pm 0{,}4 \cdot 10^{-5}$	$\pm 0{,}2 \cdot 10^{-5}$	Prismen-Spektrometer (ISO21395-1:2020)	185 – 2325 nm	Prisma	Seite: 30 mm Höhe: 22 mm
Reintransmissionsgrad		±0,5 % T ±0,3 % T		Spektro-Photometer	250 – 2500 nm 400 – 700 nm	Würfel	$30 \cdot 30 \cdot$ Dicke mm³
Brechzahl-Homogenität		~ 10 nm Wellenfront pv		Fizeau-Interferometer	633 nm	rechtwinklig, rund	bis zu ~ 1500 mm Durchmesser
Temperaturkoeffizienten der Brechung		$\pm 5 \cdot 10^{-7} \cdot K^{-1}$		Prismen-Spektrometer	i, h, g, F′, e, d, C′, t –100 °C bis +140 °C	Prisma, einseitig beschichtet	Seite: 30 mm Höhe: 22 mm
Präzisionsmessung Spannungsdoppelbrechung		1 nm absolut (1 mm räumliche Auflösung)		bildgebendes Polarimeter	587 nm	beliebig	bis zu 300 mm Durchmesser



2 Innere Qualität

2.1 Schlieren



Kurzreichweitige Schwankungen der Brechzahl im Glas bezeichnet man als Schlieren. Diese bilden meist Schichten mit typischen Dicken im Zehntelmillimeter- bis Millimeterbereich.

Der Standard ISO 10110-18:2018 beinhaltet zwei Methoden zur Spezifikation von Schlieren. Die erste Methode spezifiziert eine Schlierendichte. Diese Klassifikation ist nur bedingt zur Spezifikation von optischem Glas in den üblichen Lieferformen anwendbar, da sie sich auf fertige optische Bauteile bezieht. Die Schlierendichte wird, gemäß ihres Flächenanteils bezogen auf die Testfläche des Bauteils, in die Klassen 1–4 eingeteilt. Dabei werden nur Schlieren berücksichtigt, die eine ebene Wellenfront mehr als 30 nm verformen.

Die fünfte Klasse kennzeichnet Glas mit extremer Schlierenfreiheit. Sie bezieht auch Schlieren ein, die eine Wellenfrontdeformation kleiner als 30 nm verursachen, und verweist die Anwender auf individuelle Absprachen mit dem Glashersteller.

Die Produktionsformate aller optischen Gläser von SCHOTT erfüllen die Anforderungen der Schlierendichteklassen 1–4 der ISO 10110-18:2018. Die geprüfte Glasdicke ist in der Regel wesentlich größer als die der fertigen optischen Bauteile. Die im optischen System wirksame Schlierenqualität ist damit erheblich besser.

Schlieren in optischem Rohglas werden über ihre Wellenfrontabweichung auf 50 mm Weglänge gemäß ISO 12123:2108 und ISO 10110-18:2018 definiert. Schlieren werden mit der Schattenmethode geprüft. Hierbei werden Vergleichsstandards mit bekannten Wellenfrontabweichungen herangezogen. Die Toleranzgrenzen sind in Tabelle 2.1 aufgeführt.

Tabelle 2.1: Toleranzgrenzen für Schlieren (Stufen gemäß ISO 12123:2018/ISO 10110-18:2018 in Klammern)

Schlieren-klasse	Wellenfrontabweichung Toleranzgrenze pro 50 mm Weglänge [nm]	Allgemein anwendbar für
Standard	≤ 30 (SW30)	Rohglas
B	≤ 15 (SW15)	Teilvolumen des Rohglases
A	≤ 10 (SW10)	Teilvolumen des Rohglases
VS1-3	mit der Schattenmethode nicht sichtbar	Zuschnitte

Qualitätsstufe VS kennzeichnet optisches Glas mit verschärfter Schlierenauswahl. Glas dieser Stufe enthält keine mit der Schattenmethode feststellbaren Schlieren. Für Prismenanwendungen bietet SCHOTT die Qualitätsstufe VS in 2 oder 3 zueinander senkrechten Prüfrichtungen an.

2.2 Blasen und Einschlüsse

TIE-28 Blasen und Einschlüsse in optischem Glas

Optisches Glas zeichnet sich durch eine besonders gute Blasenqualität aus. Dennoch können Blasen aufgrund der Glaszusammensetzung und der Notwendigkeit eines ökonomischen Fertigungsprozesses im Glas nicht vollständig vermieden werden.

Die Charakterisierung der Blasenhaltigkeit eines Glases erfolgt durch Angabe des auf 100 cm³ Glasvolumen bezogenen Gesamtquerschnitts in mm², errechnet aus der Summe der festgestellten Querschnitte von Blasen. Einschlüsse im Glas, wie Steinchen oder Kristalle, werden wie Blasen gleichen Querschnitts behandelt. Bei der Bewertung werden alle Blasen und Einschlüsse mit einer Abmessung ≥ 0,03 mm berücksichtigt.

Die maximal zulässige Querschnittsfläche und die maximal zulässige Anzahl von Blasen und Einschlüssen sind in Tabelle 2.2 aufgelistet. In den erhöhten Qualitätsstufen VB (Verschärfte Blasenauswahl) und EVB (Extra Verschärfte Blasenauswahl) sind die Gläser nur als zugerichtete Glasstücke lieferbar.

Gemäß ISO 12123:2018 können die Blasen aufgeteilt werden. Anstelle einer Blase mit einer vorgegebenen Größe kann eine größere Anzahl Blasen kleinerer Abmessungen zugelassen werden.

Tabelle 2.2: Grenzwerte für Blasen und Einschlüsse in optischen Gläsern (Stufen gemäß ISO 12123:2018 in Klammern)

Blasenqualität	Standard (IC03/IN010)	VB	EVB
Gesamt-Querschnittsfläche in mm² pro 100 cm³	0,03	0,02	0,006
Maximal zulässige Anzahl pro 100 cm³	10	4	2

Für besondere Anwendungen, z. B. bei Hochleistungslasern, in Strahlteiler-Prismen oder als Strichbildlinsen und Teilkreise, ist nur eine geringe Anzahl von sehr kleinen Blasen/Einschlüssen im Glas zulässig. Auf Anfrage kann eine entsprechende Qualität angeboten werden.

TIE-27 Spannungen in optischem Glas

2.3 Spannungsdoppelbrechung

Die Größe und Verteilung der permanenten Eigenspannung in Gläsern hängt von den Kühlbedingungen, der Glasart und den Abmessungen ab. Die Spannungen bewirken eine von der Glasart abhängige Doppelbrechung.

Die Spannungsdoppelbrechung wird mit der Methode von de Sénarmont und Friedel als Gangunterschied gemessen und bezogen auf die Prüfdicke in nm/cm angegeben. Ihre Genauigkeit beträgt bei einfachen geometrischen Formen der Prüfteile ca. 3 – 5 nm. Die Messung erfolgt bei Rundscheiben in einem Abstand von 5 % des Durchmessers vom Rand. Bei rechteckigen Platten wird die Messung in der Mitte der längeren Seite bei einem Randabstand von 5 % der Plattenbreite durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der Methode ist in der ISO 11455 zu finden.

Bei niedrigen Spannungsdoppelbrechungen und geringen Glasdicken reicht die Messgenauigkeit der manuellen Methode von de Sénarmont und Friedel nicht mehr aus. In diesen Fällen kann mit besonderen Messsystemen eine Genauigkeit von ± 1 nm erreicht werden.

Mit unseren Kühlverfahren sind wir in der Lage, neben einer guten optischen Homogenität sehr niedrige Werte der Spannungsdoppelbrechung zu erzielen. Die zu liefernden Glasstücke weisen eine weitgehend symmetrische Spannungsverteilung auf. An der Glasoberfläche herrscht in der Regel Druckspannung. Die Spannungsdoppelbrechung geht beim Aufschneiden von Block- und Barrenglas erheblich zurück. Wenn die optischen Elemente wesentlich kleiner sind als das Rohglas-Format, aus dem sie hergestellt worden sind, liegt die verbleibende Spannungsdoppelbrechung noch deutlich niedriger als die in der Tabelle 2.3 angegebenen Grenzwerte.

Grenzwerte für die Spannungsdoppelbrechung von Teilen größer als 600 mm stehen auf Anfrage zur Verfügung.

Bei Glas, das zur Heißnachverarbeitung eingesetzt wird, sind höhere Spannungen zulässig. Die mechanische Bearbeitung wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Tabelle 2.3: Grenzwerte der Spannungsdoppelbrechung in geschnittenen Rohteilen für verschiedene Abmessungen (Durchmesser (Durchm.)/Diagonal (Diag.) und Dicke (d)) (Stufen gemäß ISO 12123:2018)

Abmessungsklassen		max. Spannungsdoppelbrechung [nm/cm]		
Durchm./Diag. [mm]	d [mm]	Standard/ Feinkühlung (STD)	Spezial- kühlung (SK)	Präszisions- kühlung (SSK)
≤ 300	≤ 50	10	6 (SB06)	4 (SB04)
> 300 und ≤ 600	≤ 100	12 (SB12)	8	6 (SB06)
> 300 und ≤ 600	> 100 and < 200	20 (SB20)	auf Anfrage	
größere Abmessungen/Dicken		auf Anfrage		

3 Chemische Eigenschaften

TIE-30 Chemische Eigenschaften von optischem Glas

Die chemische Beständigkeit von polierten Glasoberflächen hängt von der Zusammensetzung des optischen Glases ab. So sind Phosphatkron- (PK) und Fluorkrongläser (FK) empfindlicher gegenüber sauren oder basischen Angriffen als Borosilikatgläser (z. B. SCHOTT N-BK7®). Daher ist eine besondere Sorgfalt beim Polieren, Reinigen und Schützen der Oberfläche empfindlicher Glasarten notwendig.

Für weitere Informationen stehen wir gerne zur Verfügung.

Zur Beurteilung der chemischen Beständigkeit polierter Glasoberflächen werden die folgenden fünf Prüfverfahren angewendet.

3.1 Klima-Resistenz

Die Klima-Resistenz beschreibt das Verhalten von optischen Gläsern bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit und hohen Temperaturen. Bei empfindlichen Gläsern kann an der Oberfläche eine fleckige Trübung auftreten, die im Allgemeinen nicht durch Abwischen entfernt werden kann.

Zur Prüfung der Gläser auf Klima-Resistenz wird ein Kurzzeitverfahren angewendet, bei dem polierte, unvergütete Glasplatten einer wasserdampfgesättigten Atmosphäre ausgesetzt werden, deren Temperatur stündlich zwischen 40 °C und 50 °C wechselt. Damit wird ein periodischer Wechsel von Feuchte-Kondensation auf der Glasoberfläche und anschließender Trocknung erzeugt.

Nach einer Expositionszeit von 30 Stunden werden die Glasplatten der Klimakammer entnommen. Als Maß für die eingetretenen Oberflächenveränderungen (fleckige Trübungen) wird die Differenz ΔH zwischen der Transmissionstrübung (englisch: Haze) vor und nach der Beanspruchung herangezogen. Die Messungen werden mit einem Kugel-Hazemeter

durchgeführt. Die Klasseneinstufung erfolgt anhand der Transmissionstrübungszunahme ΔH nach 30-stündiger Beanspruchungszeit. Die Klima-Resistenzklassen sind in Tabelle 3.1 aufgeführt.

Tabelle 3.1: Einteilung der optischen Gläser in Klima-Resistenzklassen CR 1–4

Klima-Resistenzklasse CR	1	2	3	4
Transmissionstrübungs-zunahme ΔH	< 0,3 %	≥ 0,3 % < 1,0 %	≥ 1,0 % < 2,0 %	≥ 2,0 %

Die Gläser der Klasse CR 1 zeigen nach 30-stündiger Beanspruchung durch Klimawechsel keinen sichtbaren Angriff. Bei den üblichen Feuchtebedingungen bei der Bearbeitung und Lagerung von optischen Gläsern der Klasse CR 1 ist ein Oberflächenangriff nicht zu erwarten. Die Bearbeitung und Lagerung der Gläser der Klasse CR 4 sollte dagegen mit besonderer Vorsicht erfolgen, da diese Gläser äußerst empfindlich gegenüber Klimaeinflüssen sind.

Grundsätzlich wird bei der Lagerung von optisch polierten Elementen die Anwendung von Schutzschichten und/oder das Sicherstellen einer möglichst geringen relativen Luftfeuchte empfohlen.

3.2 Flecken-Resistenz

Das Prüfverfahren gibt Informationen über mögliche Veränderungen der Glasoberfläche (Fleckenbildung) bei Einwirkung von leicht saurem Wasser im Unterschuss (z. B. Schweiß, saure Kondensate) ohne Verdampfung.

Die Klasse der Flecken-Resistenz wird nach folgendem Verfahren bestimmt: Die zu prüfende plan polierte Glasprobe wird auf eine Prüfküvette aufgedrückt, in der sich in einer einpolierten sphärischen

Vertiefung von 0,25 mm maximaler Tiefe einige Tropfen der jeweiligen Testlösung befinden.

Testlösung I: Natriumacetatpuffer pH = 4,6
Testlösung II: Natriumacetatpuffer pH = 5,6

Durch Einwirkung der Testlösung bilden sich infolge der Zersetzung der Glasoberfläche mehr oder weniger rasch Interferenzfarbflecken aus. Zur Klassifizierung der Gläser dient die Zeit, die bei 25 °C zur Bildung des ersten braun-blauen Farbumschlages benötigt wird. Farbveränderungen entsprechen bestimmten Dicken der Oberflächenschicht, die an Vergleichsplatten ermittelt wurden. Ein braunblauer Farbumschlag kennzeichnet die chemische Veränderung der Oberflächenschicht von 0,1 µm Dicke, sofern die Gläser überhaupt Schichten bilden können. Die Flecken-Resistenzklassen sind in Tabelle 3.2 aufgeführt.

Tabelle 3.2: Einteilung der optischen Gläser in Flecken-Resistenzklassen FR 0 – 5

Flecken-Resistenzklasse FR	0	1	2	3	4	5
Testlösung	I	I	I	I	II	II
Zeit (h)	100	100	6	1	1	0,2
Fleckenentwicklung	nein	ja	ja	ja	ja	ja
Farbumschlag	nein	ja/nein	ja	ja	ja	ja

Die Flecken-Resistenzklasse FR 0 enthält alle Gläser, die selbst bei 100-stündiger Einwirkung der Testlösung I praktisch keine Interferenzfarben zeigen. Gläser der Klasse FR 5 müssen bei der Verarbeitung besonders vorsichtig behandelt werden.

3.3 Säure-Resistenz

Die Säure-Resistenz klassifiziert das Verhalten optischer Gläser in Kontakt mit sauren Lösungen im Überschuss (in der Praxis z. B. Schweiß, Einkittsubstanzen, Kohlensäurewasser usw.). Ihre Bestimmung erfolgt nach ISO 8424 (1996).

Die Säure-Resistenz wird mit einer zwei- bzw. dreiziffrigen Zahl angegeben. Die erste bzw. die ersten beiden Ziffern geben die Säure-Resistenzklasse SR an. Die letzte Ziffer (durch einen Punkt abgetrennt) gibt an, welche sichtbaren Oberflächenveränderungen durch die Beanspruchung aufgetreten sind. Die Bedeutung der letzten Ziffer ist im Kapitel 3.5 beschrieben.

Zur Einteilung in Säure-Resistenzklassen dient die Zeitdauer, die bei einer Temperatur von 25 °C zum Abtrag einer Schichtdicke von 0,1 µm benötigt wird. Dabei werden zwei verschieden aggressive Angriffslösungen verwendet. Gegenüber resistenteren Glasarten wird eine starke Säure (Salpetersäure, c = 0,5 mol/l, pH 0,3) eingesetzt. Gegenüber Gläsern mit geringerer Säure-Resistenz kommt eine schwachsaure Lösung mit pH-Wert 4,6 (Natriumacetatpuffer) zum Einsatz. Die Schichtdicke wird aus dem Gewichtsverlust pro Fläche und der Dichte des Glases ermittelt. Die Säure-Resistenzklassen sind in Tabelle 3.3 aufgeführt.

Tabelle 3.3: Einteilung der optischen Gläser in Säure-Resistenzklassen SR 1–53

Säure-Resistenzklasse SR	1	2	3	4	5		51	52	53
pH-Wert	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	4,6	4,6	4,6	4,6
Zeit (h)	> 100	10–100	1–10	0,1–1	< 0,1	> 10	1–10	0,1–1	< 0,1

Die Klasse SR 5 stellt eine Übergangsklasse zwischen den höher säureresistenten Gläsern in SR 1–4 und den gegenüber Säure empfindlichen Gläsern der Klassen SR 51–53 dar. In SR 5 fallen Gläser, bei denen die Zeitdauer zum Abtrag einer Schichtdicke von 0,1 µm beim pH-Wert von 0,3 kleiner als 0,1 h und beim pH-Wert von 4,6 größer als 10 h ist.

3.4 Alkali- und Phosphat-Resistenz

Beide Prüfmethoden dienen zur Ermittlung der Resistenz gegenüber alkalischen Lösungen im Überschuss und verwenden dasselbe Klassifizierungsschema.

Die Alkali-Resistenz gibt einen Hinweis auf die Empfindlichkeit optischer Gläser in Kontakt mit warmen alkalischen Flüssigkeiten, wie z. B. Kühlflüssigkeiten bei Schleif- und Polierprozessen. Ihre Bestimmung erfolgt nach ISO 10629 (1996).

Die Phosphat-Resistenz beschreibt das Verhalten von optischen Gläsern bei der Reinigung mit phosphathaltigen Waschlösungen (Detergentien). Ihre Bestimmung erfolgt nach ISO 9689 (1990).

Die Alkali- und die Phosphat-Resistenz werden mit zwei Ziffern angegeben, die durch einen Punkt getrennt sind. Die erste Ziffer gibt die Alkali-Resistenzklasse AR bzw. die Phosphat-Resistenzklasse PR an. Die Dezimale sagt aus, welche sichtbaren Oberflächenveränderungen durch die Beanspruchung aufgetreten sind.

Die Alkali-Resistenzklasse AR richtet sich danach, welche Zeit zum Abtrag einer Schichtdicke des Glases von 0,1 µm in einer alkalischen Lösung (Natriumhydroxid, c = 0,01 mol/l, pH = 12) im Überschuss bei einer Temperatur von 50 °C benötigt wird.

Die Phosphat-Resistenzklasse PR richtet sich danach, welche Zeit zum Abtrag einer Schichtdicke des Glases von 0,1 µm in einer alkalischen phosphathaltigen Lösung (Pentanatriumtriphosphat $Na_5P_3O_{10}$, c = 0,01 mol/l, pH = 10) im Überschuss bei einer Temperatur von 50 °C benötigt wird. Die Schichtdicke wird aus dem Gewichtsverlust pro Fläche und der Dichte des Glases ermittelt. Die Alkali- und Phosphat-Resistenzklassen sind in Tabelle 3.4 aufgeführt.

Die Gläser in der Klasse 1 sind resistenter gegenüber den Testlösungen als die Gläser der Klasse 4. Die Bedeutung der zur Kennzeichnung sichtbarer Oberflächenveränderungen dienenden Ziffer hinter der Klassenangabe wird im folgenden Kapitel 3.5 erklärt.

Tabelle 3.4: Einteilung der optischen Gläser in Alkali-Resistenzklassen AR 1–4 bzw. Phosphat-Resistenzklassen PR 1–4

Alkali-Resistenzklasse AR, Phosphat-Resistenzklasse PR	1	2	3	4
Zeit (h)	> 4	1–4	0,25–1	< 0,25

3.5 Kennzeichnung sichtbarer Oberflächenveränderungen

Die Oberflächenveränderungen in den beanspruchten Proben werden mit dem bloßen Auge qualitativ beurteilt. Die Bedeutung der Ziffern hinter der Klassenangabe bei Säure-, Alkali- und Phosphat-Resistenz ist wie folgt:

.0 keine sichtbaren Veränderungen
.1 klare, aber unregelmäßige Oberfläche (wellig, narbig, kraterartig)
.2 fleckig und/oder Interferenzfarben (leichte, selektive Auslaugung)
.3 festhaftende, dünne weiße Schicht (stärkere, selektive Auslaugung, wolkig getrübte Oberfläche)
.4 lose anhaftende, dickere Schichten, z. B. unlösliche, bröckelige Reaktionsprodukte auf der Oberfläche (dabei kann es sich um eine aufgerissene und/oder abplatzende oberflächliche Kruste oder aufgerissene Oberfläche handeln; starker Angriff)

3.6 Umweltaspekte, RoHS und REACH

Advanced Optics fertigt, verarbeitet und vertreibt seine Materialien in Übereinstimmung mit dem SCHOTT Managementsystem EHS (Environment, Health and Safety) und beachtet die Zielsetzungen und Verfahren unseres Qualitätsmanagementsystems. Der Umgang mit Rohstoffen, das Schmelzen von Gemenge und die Heißformgebung erfolgen in Übereinstimmung mit den geltenden Sicherheitsbestimmungen. Schlamm aus Schneid-, Schleif- und Poliervorgängen wird gemäß den Abfall- und Entsorgungsvorschriften der örtlichen Behörden entsorgt.

Alle optischen Materialien in diesem Katalog entsprechen den Vorgaben der europäischen Richtlinie 2011/65/EU (RoHS II). Sie beinhalten kein Quecksilber (Hg), ChromVI (CrVI), Cadmium (Cd), die Flammschutzmittel PBB und PBDE, Bis(2-ethylhexyl) phthalat (DEHP), Butylbenzylphthalat (BBP), Dibutylphthalat (DBP) oder Diisobutylphthalat (DIBP). Die Glastypen „N" und „P" entsprechen dem maximalen Konzentrationswert für Blei in Höhe von 0,1 %, welcher in Anhang II der RoHS II festgelegt ist. Einige klassische Glastypen enthalten Bleioxid, um die spezifischen optischen Eigenschaften dieser Produkte zu gewährleisten. Sie sind aufgrund der in Anhang III der RoHS II dokumentierten Ausnahme 13a RoHS-konform.

Darüber hinaus entsprechen alle Materialien in diesem Katalog den Anforderungen der europäischen Verordnung 1907/2006/EC (REACH zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien).

Die Sicherstellung der Verfügbarkeit unseres optischen Rohglasportfolios für alle Kundenanwendungen beginnt mit dem Materialentwicklungsprozess. Alle Innovationen folgen in Übereinstimmung mit RoHS II, REACH und den entsprechenden globalen Anforderungen, einem strikten Prozess für Substanzbestimmungen und rechtliche Vorgaben.

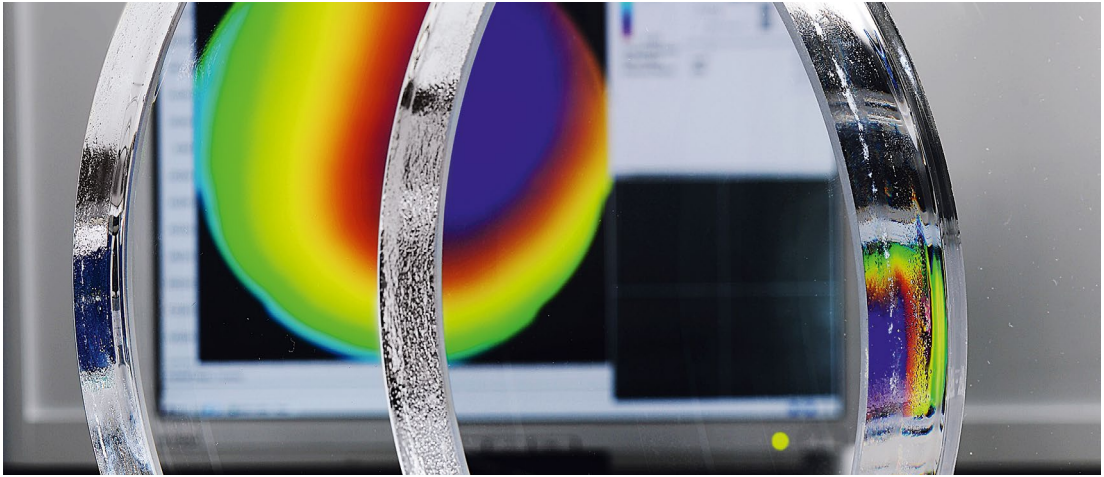
Während Updates der rechtlichen Bestimmungen, durch externe Fachkräfte in Europa/Afrika, Amerika und Asien, verfolgt werden, ist SCHOTT Teil des führenden Glas Verband-Netzwerkes, das gegründet wurde, um Konformitätsprobleme frühzeitig zu erkennen.

Um die Einhaltung der europäischen Chemikalienvorschriften, wie REACH sicherzustellen, hat SCHOTT Advanced Optics alle Glasarten klassifiziert und zahlreichreiche chemische Analyse und Auslaugtests durchgeführt.

Mit diesem systematischen Ansatz hat SCHOTT Advanced Optics wenige bei der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) registrierbedürftige Gläser identifiziert. Die ausgestellten Registrationsnummern wurden in den entsprechenden Sicherheitsdatenblättern dokumentiert.

In enger Abstimmung mit unseren Rohstofflieferanten behalten wir auch sorgfältig die Liste der besonders besorgniserregenden Stoffe (SVHC) und deren mögliche Aufnahme in den REACH-Anhang XIV (Liste der zulassungspflichtigen Stoffe) im Auge, um unseren Informationspflichten nachzukommen und die weitere Verwendung dieser Substanzen in unseren Produktionsprozessen zu gewährleisten.

Damit soll sichergestellt werden, dass die Kunden als nachgeschaltete Anwender beim Einsatz der Gläser von SCHOTT ebenfalls den Anforderungen von REACH entsprechen. Bitte beachten Sie außerdem die Informationen zur technischen Sicherheit bzw. die Sicherheitsdatenblätter, die den Gläsern jeweils beiliegen.



4 Mechanische Eigenschaften

4.1 Knoophärte

TIE-31 Mechanische und thermische Eigenschaften von optischem Glas

Die Knoophärte eines Materials ist ein Maß für bleibende Oberflächenveränderungen nach dem Eindringen eines Prüfdiamanten, wobei Druck und Dauer vorgegeben sind. Die ISO-Norm 9385 beschreibt das Messverfahren für Gläser. Gemäß dieser Norm sind die Werte für die Knoophärte HK in den Datenblättern für eine Prüfkraft von 0,9807 N (entspricht 0,1 kp) und eine Einwirkzeit der Prüfkraft von 20 s angegeben. Die Prüfung erfolgt an polierten Glasoberflächen bei Raumtemperatur. Die Angaben der Härtewerte sind auf 10 HK 0,1/20 gerundet. Die Mikrohärte ist abhängig von der Größe der Prüfkraft und nimmt mit zunehmender Prüfkraft ab.

4.2 Viskosität

Zwischen Schmelztemperatur und Zimmertemperatur durchlaufen Gläser drei Viskositätsbereiche: den Bereich der Schmelze, den Bereich der unterkühlten Schmelze und den Bereich der eingefrorenen Schmelze. Beim Abkühlen der Schmelze ($10^0 – 10^4$ dPa · s) nimmt die Viskosität von Glas stetig zu. Zwischen 10^4 und 10^{13} dPa · s beobachtet man einen Übergang von flüssigem zu plastischem Verhalten.

Zur Kennzeichnung des plastischen Bereichs, in dem sich Glasteile rasch unter ihrem Eigengewicht deformieren, dient der sogenannte Erweichungspunkt EW. Dies ist die Temperatur $T_{10^{7,6}}$, bei der das Glas eine Viskosität von $10^{7,6}$ dPa · s aufweist. Ab 10^{13} dPa · s kann man die Glasstruktur als erstarrt oder „eingefroren“ bezeichnen. Bei dieser Viskosität gleichen sich innere Spannungen im Glas in ca. 15 Minuten aus.

Eine andere Möglichkeit, den Transformationsbereich zu kennzeichnen, bietet die Änderung im Anstieg der relativen thermischen Längenausdehnung. Gemäß ISO 7884-8 bestimmt man daraus die so genannte Transformationstemperatur T_g. Sie liegt im Allgemeinen dicht bei $T_{10^{13}}$.

Wird bei evtl. Wärmebehandlung eine Temperatur von 200 K unterhalb $T_{10^{13}}$ überschritten, können Deformationen von optischen Präzisionsflächen und Änderungen der Brechzahlen auftreten.

TIE-31 Mechanische und thermische Eigenschaften von optischem Glas

4.3 Koeffizient der thermischen Längenausdehnung

Der typische Verlauf der thermischen Längenausdehnung von Gläsern beginnt in der Nähe des absoluten Nullpunkts mit einer deutlichen Steigungszunahme bis etwa Raumtemperatur. Es folgt ein fast linearer Anstieg bis zum Beginn merklichen plastischen Verhaltens. Eine deutliche Krümmung der Ausdehnungskurve infolge zunehmender Strukturbeweglichkeit im Glas kennzeichnet den Transformationsbereich. Oberhalb verläuft die Ausdehnung wieder annähernd linear, jedoch mit deutlich größerer Steigung.

Wegen der Abhängigkeit des Koeffizienten der thermischen Längenausdehnung α von der Temperatur gibt man üblicherweise zwei mittlere lineare Ausdehnungskoeffizienten α für die folgenden Temperaturbereiche an:

α (– 30 °C; + 70 °C) als relevante Angabe für Raumtemperatur (im Teil II Optisches Glas – Eigenschaften angegeben).

α (+ 20 °C; + 300 °C) als international gebräuchlicher Wert für Vergleichszwecke und zur Orientierung bei Verschmelzungsprozessen und Temperaturwechselbelastung (in den ausführlichen Datenblättern der Gläser angegeben).

Gläser mit großen Koeffizienten der thermischen Längenänderung wie z. B. Phosphatkron- (PK) und Fluorkrongläser (FK) sind besonders empfindlich gegenüber plötzlichen Temperaturänderungen bei der Bearbeitung, Reinigung und allgemeinen Handhabung.

5 Thermische Eigenschaften

5.1 Wärmeleitfähigkeit

TIE-31 Mechanische und thermische Eigenschaften von optischem Glas

Der Wertebereich der Wärmeleitfähigkeit von Gläsern liegt üblicherweise zwischen 1,38 W/(m·K) (reines Kieselglas) und etwa 0,5 W/(m·K) (hoch bleihaltige Gläser). Die am häufigsten verwendeten Silikatgläser liegen zwischen 0,9 und 1,2 W/(m·K).

Die in den Datenblättern genannte Wärmeleitfähigkeit gilt für eine Glastemperatur von 90 °C.

TIE-31 Mechanische und thermische Eigenschaften von optischem Glas

5.2 Spezifische Wärmekapazität

Für einen Teil der Gläser wird die mittlere isobare spezifische Wärmekapazität c_p (20 °C; 100 °C) angegeben, die aus der Wärmeabgabe eines 100 °C heißen Glases in einem Flüssigkeitskalorimeter bei 20 °C bestimmt wurde. Der Wertebereich für c_p (20 °C; 100 °C) und die typische Wärmekapazität c_p (20 °C) liegt bei Silikatgläsern innerhalb 0,42 bis 0,84 J/(g·K).

6 Lieferqualität

6.1 Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung

Der Geschäftsbereich Advanced Optics der SCHOTT AG in Mainz arbeitet mit einem gemäß ISO 9001/ISO 14001/ISO 45001 zertifizierten Qualitätsmanagementsystem. Die Zertifizierung wird von LRQA Limited, Birmingham/Vereinigtes Königreich durchgeführt.

Die Laboratorien von Advanced Optics für die Messung von physikalischen und chemischen Eigenschaften sind von der nationalen Akkreditierungsstelle der Bundesrepublik Deutschland DAkkS auf der Grundlage des Standards ISO 17025:2005 anerkannt. Regelmäßig werden gemeinsam mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt PTB in Braunschweig Ringversuche durchgeführt. Die PTB ist ein nationales Institut für Metrologie, das wissenschaftliche und technische Dienstleistungen bietet (http://www.ptb.de/cms/de.html), und ähnelt dem National Institute of Standards and Technology NIST in den USA.

Als technischer Werkstoff benötigt optisches Glas genau definierte reproduzierbare Eigenschaften, auf die sich Konstrukteure verlassen können. Die Qualitätssicherung dieser Eigenschaften basiert auf probenbasierten statistischen Messungen – teilweise 100 % – der optischen und inneren Qualitätseigenschaften während der laufenden Produktion von optischem Glas und auf kundenspezifischen individuellen Messungen der zugerichteten Gläser.

Um optische Materialien in hochwertigen professionellen Anwendungen einsetzen zu können, ist eine genaue Kenntnis der Glaseigenschaften unerlässlich. Die kontinuierliche Verbesserung der Qualität und der Produktion von optischen Gläsern stellt eine ständige Herausforderung an die Messmöglichkeiten dar. In den Entwicklungsprozessen von Advanced Optics ist die Verbesserung der Messtechnik zur Erfüllung der Anforderungen von Industrie und Forschung eine ständige Aufgabe.

6.2 Standard-Lieferqualität

Wenn keine besonderen Qualitätsstufen verlangt werden, wird das Glas in Brechzahl-, Abbezahl-Stufe 3 mit einem Standard-Werkszeugnis geliefert. Das Standard-Werkszeugnis bezieht sich auf ein Lieferlos, das die Standard-Streutoleranz erfüllt. Die Brechzahlen aller zu einem Los gehörenden Teile weichen nicht mehr als $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ (bei Presslingen $\pm 2 \cdot 10^{-4}$, wenn verlangt) von den Angaben im Werkszeugnis ab. Das Glas ist auf Blasen und Einschlüsse, Schlieren und Spannungsdoppelbrechung geprüft.

Die Fertigung von optischem Glas ist ein stabiler Prozess mit nur geringen Abweichungen in den chemischen, mechanischen und thermischen Eigenschaften des Glases. Diese Eigenschaften sind statistisch geprüfte Datenblatt-Referenzwerte und werden im Auftragsfall nicht individuell gemessen.

6.3 Erhöhte Lieferqualität

Zusätzlich zu den Standard-Lieferqualitäten bietet SCHOTT in Tabelle 6.1 erhöhte Lieferqualitäten bei verschiedenen Lieferformen.

Tabelle 6.1: Erhöhte Qualitätsstufen bei verschiedenen Lieferformen

	Barrenglas zur Heißnachverarbeitung	Presslinge	Feingekühltes Glas	Zugerichtetes Glas
Brechzahl-, Abbezahl-Stufen	2, 1	2, 1, 0,5	2, 1, 0,5	2, 1, 0,5
Prüfscheine	Kühlvorschrift	Standard (S)	Standard (S)	Standard (S)
Messgenauigkeit, Messbereiche	Mit Angabe der Kühlraten für die erreichbaren Brechzahl-, Abbezahl-Stufen nach der Feinkühlung	Wenn Einhaltung einer Streutoleranz verlangt ist	Standard mit erhöhter Genauigkeit (SE)	Standard mit erhöhter Genauigkeit (SE), Präzision (PZ) dn/dT (DNDT)
Brechzahl-Streuung	S0, S1	LH1, LH2	S0, S1	S0, S1
Homogenität	–	H1–H3 (Ø < 65 mm)	–	H1–H5
Spannungsdoppel-brechung	–	SK	SK	SK, SSK
Schlieren	–	–	–	VS*
Blasen/Einschlüsse	–	VB, EVB	–	VB, EVB
Bemerkungen			Mindestens eine Fläche ist bearbeitet	Prüfung von Schlieren und Homogenität in derselben Richtung

* 1–3 Prüfrichtungen möglich

Die angegebenen Qualitätsstufen können innerhalb einer Lieferform miteinander kombiniert werden. Allerdings kann die Verfügbarkeit von Schmelzen begrenzt sein, so dass nicht alle Kombinationen zu jeder Zeit verfügbar sind.

Wir empfehlen, die Liefermöglichkeit möglichst frühzeitig mit uns abzuklären.

Auch über die genannten Qualitätsstufen hinausgehende Anforderungen können erfüllbar sein. Bitte sprechen Sie uns für weitere Informationen an.

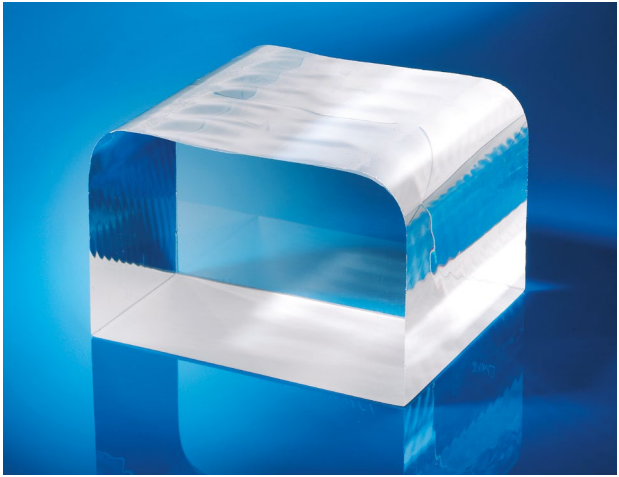
7 Lieferformen und Toleranzen

Advanced Optics deckt die komplette Wertschöpfungskette ab: von der kundenspezifischen Materialentwicklung und dessen Fertigung über hochpräzise optische Endbearbeitung und Verarbeitung bis hin zu äußerst genauen Messverfahren.

Dank der herausragenden Fähigkeiten im Bereich der Verarbeitung (Polieren, Beschichten, Bonding usw.) bietet Advanced Optics eine breite Palette individueller optischer Komponenten. Dies umfasst Linsen (asphärisch, sphärisch, zylindrisch), Prismen, Spiegel, Wafer, Substrate und vieles mehr.

Im Folgenden finden Sie eine Auswahl der verfügbaren Lieferformen:

7.1 Rohglas



7.1.1 Blöcke

Blöcke haben fünf unbearbeitete, gussblanke Flächen. Mindestens eine Fläche ist in der Regel bearbeitet.

Die Kanten sind gerundet. Blöcke sind feingekühlt und damit zur Kaltnachverarbeitung geeignet.

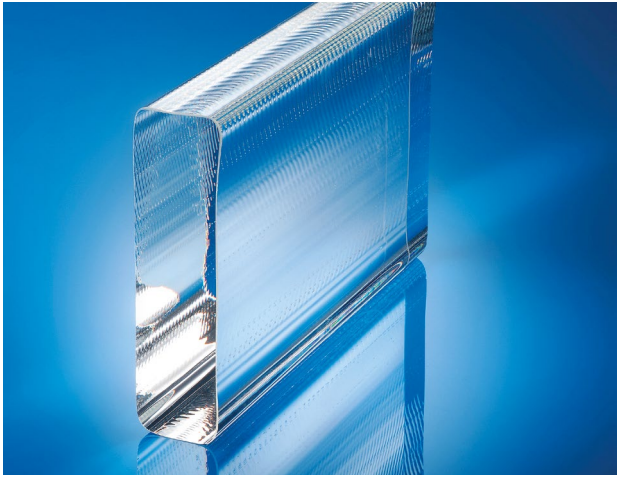
Beschrieben durch: **Länge, Breite, Dicke**
(gemessen am jeweiligen Minimum)

7.1.2 Barren

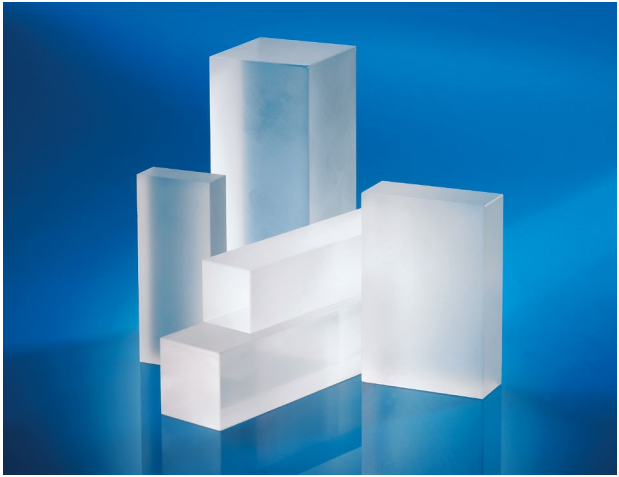
Barren haben gussblanke Mantelflächen und gebrochene oder geschnittene Stirnflächen.

Barren sind entweder grob- oder feingekühlt. Grobgekühlte Barren sind nur zur Heißnachverarbeitung geeignet.

Beschrieben durch: **Länge, Breite, Dicke**



7.2 Zugerichtetes Glas



7.2.1 Platten

Platten sind quaderförmig zugerichtete Teile.

Alle sechs Seiten sind bearbeitet, die Kanten mit Schutzfacetten versehen.

Beschrieben durch: **Länge, Breite, Dicke**

Durch Standard-Bearbeitung werden Oberflächenrauheiten von R_a = 20 – 25 µm erreicht. Platten mit deutlich engeren Abmessungstoleranzen und feineren Oberflächen sind auf Anfrage möglich.

Tabelle 7.1: Abmessungstoleranzen und Mindestmaße für Platten

Maximale Kantenlänge [mm]	Zulässige Toleranzen				
	Für Kantenlänge		Für Dicke		
	Standard [mm]	Präzision [mm]	Standard [mm]	Präzision [mm]	Mindestdicke[1] [mm]
> 3 – 80	±0,2	±0,1	±0,3	±0,15	2
> 80 – 120	±0,3	±0,15	±0,5	±0,25	4
> 120 – 250	±0,5	±0,25	±0,5	±0,25	6
> 250 – 315	±0,9	±0,45	±0,8	±0,4	8
> 315 – 400	±1,2	±0,6	±0,8	±0,4	8
> 400 – 500	±1,3	±0,65	±0,8	±0,4	20
> 500 – 630	±1,5	±0,75	±0,8	±0,4	20
> 630 – 800	±1,8	±0,9	±0,8	±0,4	20
> 800 – 1000	±2,0	±1,0	±0,8	±0,4	20
> 1000	Anfrage	Anfrage	Anfrage	Anfrage	

[1] Geringere Dicken als angegeben sind möglich. Um Rückfrage wird gebeten.



7.2.2 Rundscheiben

Rundscheiben sind allseitig bearbeitete zylindrische Teile, deren Durchmesser größer ist als die Dicke.

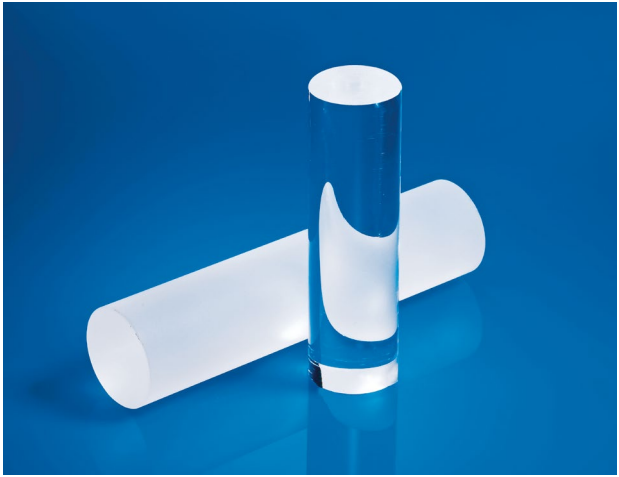
Beschrieben durch: **Durchmesser, Dicke**

Durch Standard-Bearbeitung werden Oberflächenrauheiten von R_a = 20 – 25 µm erreicht. Rundscheiben mit deutlich engeren Abmessungstoleranzen und feineren Oberflächen sind auf Anfrage möglich.

Tabelle 7.2: Abmessungstoleranzen und Mindestmaße für Rundscheiben

	Zulässige Toleranzen				
	Für Durchmesser		Für Dicke		
Durchmesser [mm]	Standard [mm]	Präzision [mm]	Standard [mm]	Präzision [mm]	Mindestdicke[1] [mm]
> 3 – 80	±0,2	±0,1	±0,3	±0,15	2
> 80 – 120	±0,3	±0,15	±0,5	±0,25	4
> 120 – 250	±0,3	±0,15	±0,5	±0,25	6
> 250 – 500	±0,5	±0,25	±0,8	±0,4	20
> 500 – 800	±0,8	±0,4	±0,8	±0,4	20
> 800 – 1250	±1,0	±0,5	±0,8	±0,4	40
> 1250	Anfrage	Anfrage	Anfrage	Anfrage	

[1] Geringere Dicken als angegeben sind möglich. Um Rückfrage wird gebeten.



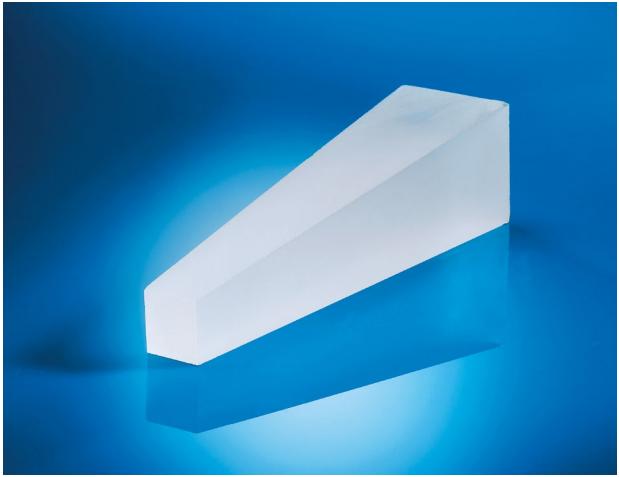
7.2.3 Bearbeitete Stäbe

Bearbeitete Stäbe sind allseitig bearbeitete zylindrische Teile, deren Länge größer ist als der Durchmesser.

Beschrieben durch: **Durchmesser, Länge**

Tabelle 7.3: Maße und Toleranzen für bearbeitete Stäbe, Ø-Bereich 6 – 80 mm

Durchmesser [mm]	Standard-toleranz [mm]	Toleranzen, gebohrt und nachrundiert gemäß ISO 286				Längenbereich [mm]	Toleranz für Länge [%]
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
6 – 10	± 0,2	h11 +0/–0,09	h10 +0/–0,058	h9 +0/–0,036	h8 +0/–0,022	max. 130	± 2
> 10 – 18	± 0,2	h11 +0/–0,11	h10 +0/–0,070	h9 +0/–0,043	h8 +0/–0,027	max. 130	± 2
> 18 – 30	± 0,2	h11 +0/–0,13	h10 +0/–0,084	h9 +0/–0,052	h8 +0/–0,033	max. 130	± 2
> 30 – 50	± 0,2	h11 +0/–0,16	h10 +0/–0,100	h9 +0/–0,062	h8 +0/–0,039	max. 130	± 2
> 50 – 80	± 0,3	h11 +0/–0,19	h10 +0/–0,120	h9 +0/–0,074		max. 130	± 2



7.2.4 Schnittprismen

Schnittprismen sind durch Schneiden und ggf. Schleifen hergestellte allseitig bearbeitete Prismen.

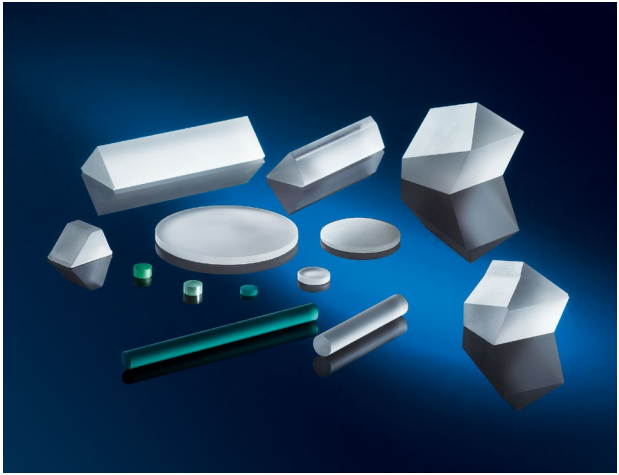
Mittels verschiedener Fertigungstechnologien sind gleichseitige und nicht gleichseitige Prismen in verschiedenen Formen wie z. B. Dachkanten-, Penta- und Tripelprismen herstellbar.

Beschrieben durch: **Zeichnung**

Tabelle 7.4: Maße und Toleranzen für Schnittprismen

Maximale Kantenlänge [mm]	Toleranzen für Größe [mm]	Toleranzen für Breite [mm]
< 50	+ 1,0/– 0	± 0,5
50 – 100	+ 1,5/– 0	± 1,0
> 100	+ 2,0/– 0	± 1,0

7.3 Presslinge



7.3.1 Gepresste Rohlinge

Gepresste Rohlinge sind Heißformteile mit meist rundem Querschnitt, definierten Radien und Facetten.

Beschrieben durch: **Durchmesser, Mittendicke, Radius 1, Radius 2, Facetten**

Tabelle 7.5: Maße und Toleranzen für gepresste Rohlinge

Durchmesser [mm]	Toleranz für Durchmesser [mm]	Toleranz für Dicke [mm]	Minimale Mittendicke [mm]	Minimale Randdicke [mm]	Maximale Randdicke [mm]
5 – 18	±0,075	±0,3	2	1	0,6 · Ø
> 18 – 30	±0,11	±0,3	3	1,5	0,45 · Ø
> 30 – 60	±0,14	±0,3	4	3	0,4 · Ø
> 60 – 90	±0,175	±0,3	5	4	0,3 · Ø
> 90 – 120	±0,25	±0,4	6	5	0,3 · Ø
> 120 – 140	±0,3	±0,4	7	5	0,3 · Ø
> 140 – 180	±0,4	±0,4	7	6	0,3 · Ø
> 180 – 250	±0,5	±0,5	10	8	0,3 · Ø
> 250 – 320	±0,6	±0,6	10	8	0,3 · Ø

Tabelle 7.6: Maße und Toleranzen für gepresste Prismen

Maximale Kantenlänge [mm]	Toleranz Kantenlänge [mm]	Toleranz Mittendicke [mm]	Winkel	Sockel [mm]
5 – 30	±0,2	±0,3		2
> 30 – 60	±0,3	±0,4		2
> 60 – 90	±0,4	±0,5	±0,5°	2,5
> 90 – 150	±0,5	±0,5		2,5
> 150 – 180	±0,7	±0,7		3
> 180 – 305	±1,0	±1,0		4

7.3.2 Gepresste Prismen

Gepresste Prismen sind Heißformteile mit einer winkligen prismatischen Form.

Andere Abmessungen sind auf Anfrage möglich.

Beschrieben durch: **Zeichnung**

7.4 Optische Glasstäbe für miniaturisierte Kugellinsen, Scheiben und mehr

SCHOTT bietet ein umfassendes Sortiment an Stäben mit unterschiedlichen Geometrien, Formaten und Materialien.

Optische Glasstäbe von SCHOTT für Anwendungen, bei denen kleine optische Komponenten wie Kugellinsen, Stablinsen, asphärische Linsen und Scheiben zur Anwendung kommen, werden mittels verschiedenster einzigartiger Verfahren hergestellt.

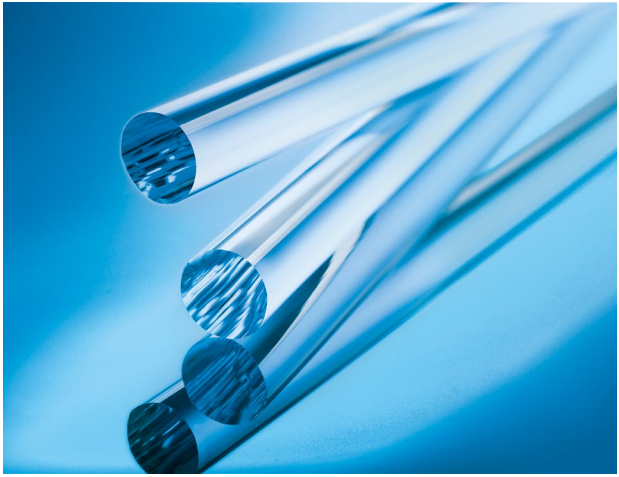


Tabelle 7.7: Optische Glasstäbe – Spezifikationen*

	Feuerpolierte Oberfläche		Matte Oberfläche	
Beschreibung	**Standardqualität**	**Premiumqualität**	**Standardqualität**	**Premiumqualität**
Durchmesser/Toleranz	± 5 % der Nennweite	± 3 % der Nennweite	± 0,1 mm	± 0,05 mm
Geradheitsabweichung	max. 0,1 mm/100 mm	max. 0,1 mm/100 mm	max. 0,05 mm/100 mm	max. 0,03 mm/100 mm
Längentoleranz	+ 5 mm	+ 2 mm	+ 5 mm	+ 2 mm
Durchmesser	< 1,0 – 7,0 mm	< 1,0 – 7,0 mm	2,0 – 12,5 mm	2,0 – 12,5 mm
Oberflächenqualität	feuerpoliert	feuerpoliert	matt	matt
Länge	bis zu 1000 mm		bis zu 150 mm	

* Referenz runde Form und Glasart P-LASF47

7.5 Prismen und Linsen aus N-BK7HTSultra und N-SSK20

SCHOTT bietet die gegen blaue Laserstrahlung solarisationsbeständigen Gläser N-BK7HTSultra und N-SSK20 als polierte und beschichtete optische Komponenten an.



Prismen
SCHOTT bietet präzisionsgefertigte polierte Prismen mit optischen Interferenzbeschichtungen an. Typische Spezifikationen für Prismen auf dem Markt für digitale Projektion sind das dichroitische RGB-Prisma (Philips Prisma) in Kombination mit einem Prisma mit interner Totalreflexion (TIR).

Linsen
SCHOTT bietet präzisionsgefertigte polierte Kugeln und Asphären mit hoher LIDT und interferenzoptischen Beschichtungen mit geringer Absorption an.

Lieferform
N-BK7HTSultra und N-SSK20 sind nur als polierte oder beschichtete Prismen und Linsen erhältlich.

8 Optisches Glas zum Präzisionsblankpressen

Das Präzisionsblankpressen wird für die Massenproduktion von direkt gepressten Asphären oder Freiformflächen eingesetzt. Beim Präzisionsblankpressen wird eine Glasvorform mit außergewöhnlich hoher Oberflächenqualität in ihre endgültige asphärische Geometrie geformt, wobei die Oberflächenqualität der Vorform erhalten bleibt. Dieser Niedrigtemperatur-Formprozess findet in der Regel bei 500 °C bis 700 °C statt, was zu einer längeren Lebensdauer des Formmaterials beiträgt.

„P"-Gläser sind Gläser mit niedriger Transformationstemperatur, die speziell für den Einsatz im Präzisionsblankpressen geeignet sind. Es sind Gläser, die exklusiv für den Prozess des Präzisionsblankpressens hergestellt werden.

Zusätzlich wurden weitere traditionelle optische Gläser mit niedriger Transformationstemperatur identifiziert, die zum Präzisionsblankpressen geeignet sind.

Gläser für das Präzisionsblankpressen werden im Allgemeinen nur grobgekühlt. Sie werden mit einem Brechungsindex/Abbe-Zahl Stufe 3/3 auf der Grundlage einer Referenz-Kühlrate von 2K/h hergestellt. Der tatsächliche Brechungsindex des Glases innerhalb des Lieferloses kann jedoch von diesem Wert abweichen.

Die schnelle Abkühlungsrate beim Präzisionsblankpressen verursacht eine erhebliche Änderung des Brechungsindexes des Glases im Vergleich zu seinem Ausgangswert. Dieser Brechungsindexabfall (index drop) ist die Differenz zwischen dem Brechungsindex nach dem Formen und dem ursprünglichen Brechungsindex auf der Grundlage einer Referenz-Kühlrate von 2 K/h.

Der Teil II Optisches Glas – Eigenschaften enthält die n_d- und ν_d-Werte nach der Formgebung mittels eines Referenzprozesses von SCHOTT. Einige dieser Werte sind vorläufige Daten auf der Basis einer theoretischen Referenz-Kühlrate von 5000 K/h. Der Katalogwert n_d fungiert als erste Brechzahl auf der Basis einer Referenz-Kühlrate von 2 K/h zur Berechnung der Änderung der optischen Lage (index drop).

Die Änderung der optischen Lage kann außerdem auf der Basis einer höheren anfänglichen Referenz-Kühlrate von 25 K/h berechnet werden. Zu diesem Zweck wird der n_d-Referenzwert auf Basis einer Kühlrate von 25 K/h aufgeführt.

Für einen bestimmten Glastyp hängt die Änderung der optischen Lage vom jeweiligen Verfahren und der Geometrie des Bauteils ab und wird leicht von den angezeigten Werten im Teil II Optisches Glas – Eigenschaften abweichen.

Falls die Brechzahl nach der Formgebung nicht die Kundenanforderungen erfüllt, sind entsprechende Indexanpassungen an die gegebenen Prozessbedingungen auf Anfrage möglich.

Die verfügbaren optischen Gläser, die für das Präzisionsblankpressen geeignet sind, werden im Teil II Optisches Glas – Eigenschaften dieses Katalogs aufgeführt. Dies umfasst die „P"-Gläser, aber auch die bisher hierfür genutzten Gläser. Der Teil II Optisches Glas – Eigenschaften zu Low T_g-Gläsern enthält außerdem zusätzliche Informationen zur Säurebeständigkeit nach JOGIS (Japanese Optical Glass Industrial Standard), Schleifbarkeit (Abrasion) nach JOGIS und Fließgrenze/Absenktemperatur des Glases.

9 Produkt-Portfolio optischer Gläser

9.1 Vorzugsgläser

Die im ersten Teil des Datenbereichs aufgelisteten Gläser sind Vorzugsgläser. Sie werden ohne eine spezifische Kundenanfrage produziert und für gewöhnlich auf Lager zur sofortigen Lieferung bereitgestellt. Für diese Gläser wird eine verlässliche und langfristige Verfügbarkeit garantiert. Wir empfehlen daher, beim Design neuer optischer Systeme auf Vorzugsgläser zurückzugreifen, die in der so genannten Positivliste optischer Gläser zusammengestellt sind. Die aktuelle Version unserer Positivliste optischer Gläser finden Sie auf unserer Internetseite (www.schott.com/products/optical-glass/downloads).

9.2 Anfragegläser

Der zweite Abschnitt des Teils II Optisches Glas – Eigenschaften enthält eine Auswahl an Anfragegläsern, die in der Regel nur auf spezielle Kundenanfrage hin produziert werden. Einige dieser Gläser können aufgrund von lang laufenden Projektgeschäften trotzdem ab Lager zur Verfügung stehen. Im Gegensatz zu den Vorzugsgläsern wird dieser Lagerbestand aber nicht ohne Kundenauftrag erzeugt. Auch wenn kein Lagerbestand verfügbar ist, kann das Glas auf Anfrage angeboten werden.

10 Formelsammlung und Wellenlängen-Tabelle

Relative Teildispersion $P_{x,y}$ für die Wellenlängen x und y, bezogen auf die blaue F- und rote C-Linie des Wasserstoffs

$$P_{x,y} = (n_x - n_y) / (n_F - n_C) \quad (10.1)$$

oder bezogen auf die blaue F'- und rote C'-Linie des Cadmiums

$$P'_{x,y} = (n_x - n_y) / (n_{F'} - n_{C'}) \quad (10.2)$$

Lineare Beziehung zwischen der Abbezahl und der relativen Teildispersion für „Normalgläser“

$$P_{x,y} \approx a_{xy} + b_{xy} \cdot \nu_d \quad (10.3)$$

Abweichungen ΔP von der „Normalgeraden“

$$P_{x,y} = a_{xy} + b_{xy} \cdot \nu_d + \Delta P_{x,y} \quad (10.4)$$

$$\Delta P_{C,t} = (n_C - n_t) / (n_F - n_C) - (0{,}5450 + 0{,}004743 \cdot \nu_d) \quad (10.5)$$

$$\Delta P_{C,s} = (n_C - n_s) / (n_F - n_C) - (0{,}4029 + 0{,}002331 \cdot \nu_d) \quad (10.6)$$

$$\Delta P_{F,e} = (n_F - n_e) / (n_F - n_C) - (0{,}4884 - 0{,}000526 \cdot \nu_d) \quad (10.7)$$

$$\Delta P_{g,F} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) - (0{,}6438 - 0{,}001682 \cdot \nu_d) \quad (10.8)$$

$$\Delta P_{i,g} = (n_i - n_g) / (n_F - n_C) - (1{,}7241 - 0{,}008382 \cdot \nu_d) \quad (10.9)$$

Die Lage der Normalgeraden ist anhand von Wertepaaren der Glasarten K7 und F2 festgelegt worden.

Dispersionsgleichung nach Sellmeier

$$n^2(\lambda) - 1 = B_1 \lambda^2/(\lambda^2 - C_1) + B_2 \lambda^2/(\lambda^2 - C_2) + B_3 \lambda^2/(\lambda^2 - C_3) \quad (10.10)$$

Bei der Berechnung der Brechzahl gemäß Formel (10.10) mit Hilfe der Sellmeier-Koeffizienten aus den SCHOTT Datenblättern muss die Wellenlänge in µm eingegeben werden.

Änderung der Brechzahl und Abbezahl bei der Kühlung mit unterschiedlichen Kühlgeschwindigkeiten

$$n_d(h_x) = n_d(h_0) + m_{nd} \cdot \log(h_x/h_0) \quad (10.11)$$

$$\nu_d(h_x) = \nu_d(h_0) + m_{\nu d} \cdot \log(h_x/h_0) \quad (10.12)$$

$$m_{\nu d} = (m_{nd} - \nu_d(h_0) \cdot m_{nF-nC})/(n_F - n_C)^* \quad (10.13)$$

h_0	Ausgangs-Kühlgeschwindigkeit
h_x	Neue Kühlgeschwindigkeit
m_{nd}	Kühlkoeffizient für die Brechzahl, abhängig von der Glasart
$m_{\nu d}$	Kühlkoeffizient für die Abbezahl, abhängig von der Glasart
m_{nF-nC}	Kühlkoeffizient für die Hauptdispersion, abhängig von der Glasart

* näherungsweise

Messgenauigkeit der Abbezahl

$$\sigma_{vd} \approx \sigma_{nF-nC} \cdot \nu_d / (n_F - n_C) \quad (10.14)$$

Spektraler Reintransmissionsgrad

$$\tau_{i\lambda} = \Phi_{e\lambda} / \Phi_{i\lambda} \quad (10.15)$$

Spektraler Transmissionsgrad

$$\tau_{\lambda} = \tau_{i\lambda} \cdot P_{\lambda} \quad (10.16)$$

P_{λ} Reflexionsfaktor

Fresnel'sches Reflexionsvermögen bei senkrecht auf die Oberfläche fallendem Lichtstrom, unabhängig vom Polarisationszustand

$$R = ((n-1)/(n+1))^2 \quad (10.17)$$

Reflexionsfaktor unter Berücksichtigung mehrfacher Reflexion

$$P \approx (1-R)^2/(1-R^2) = 2n/(n^2+1) \quad (10.18)$$

n Brechzahl für die Wellenlänge λ

Umrechnung des Reintransmissionsgrads auf eine andere Schichtdicke

$\log \tau_{i1} / \log \tau_{i2} = d_1 / d_2$ oder (10.19)

$\tau_{i2} = \tau_{i1}^{(d_2/d_1)}$ (10.20)

τ_{i1}, τ_{i2} Reintransmissionsgrad bei den Dicken d_1 und d_2

Spannungsdoppelbrechung, optischer Wegunterschied

$\Delta s = 10 \cdot K \cdot d \cdot \sigma$ in nm (10.21)

K Spannungsoptische Konstante, abhängig von der Glasart in 10^{-6} mm²/N

d Lichtweglänge in der Probe in cm

σ Mechanische Spannung (positiv für Zugspannung) in N/mm² (= MPa)

Homogenität aus interferometrisch gemessenen Wellenfrontabweichungen

$\Delta n = \Delta W / (2 \cdot d)$ (10.22)

$= \Delta W[\lambda] \cdot 632{,}8 \cdot 10^{-6} / (2 \cdot d[mm])$

bei Angabe der Wellenfrontdeformation in Einheiten der Wellenlänge und einer Prüfwellenlänge von 632,8 nm (Helium-Neon-Gas-Laser)

ΔW Wellenfrontdeformation bei doppeltem Strahlendurchgang (Fizeau-Interferometerprüfung)

d Prüflingsdicke

Anmerkung: Die Formeln wurden mit Sorgfalt ausgewählt und angegeben.
Für Fehler bei ihrer Anwendung kann SCHOTT jedoch keine Gewährleistung übernehmen.

Tabelle 10.1: Wellenlängen für eine Auswahl häufig benutzter Spektrallinien

Wellenlänge [nm]	Bezeichnung	Verwendete Spektrallinie	Element
2325,42		infrarote Quecksilberlinie	Hg
1970,09		infrarote Quecksilberlinie	Hg
1529,582		infrarote Quecksilberlinie	Hg
1060,0		Neodym-Glas-Laser	Nd
1013,98	t	infrarote Quecksilberlinie	Hg
852,11	s	infrarote Cäsiumlinie	Cs
706,5188	r	rote Heliumlinie	He
656,2725	C	rote Wasserstofflinie	H
643,8469	C'	rote Cadmiumlinie	Cd
632,8		Helium-Neon-Gas-Laser	He-Ne
589,2938	D	gelbe Natriumlinie	Na
		(Mitte der Doppellinie)	
587,5618	d	gelbe Heliumlinie	He
546,0740	e	grüne Quecksilberlinie	Hg
486,1327	F	blaue Wasserstofflinie	H
479,9914	F'	blaue Cadmiumlinie	Cd
435,8343	g	blaue Quecksilberlinie	Hg
404,6561	h	violette Quecksilberlinie	Hg
365,0146	i	ultraviolette Quecksilberlinie	Hg
334,1478		ultraviolette Quecksilberlinie	Hg
312,5663		ultraviolette Quecksilberlinie	Hg
296,7278		ultraviolette Quecksilberlinie	Hg
280,4		ultraviolette Quecksilberlinie	Hg
248,3		ultraviolette Quecksilberlinie	Hg

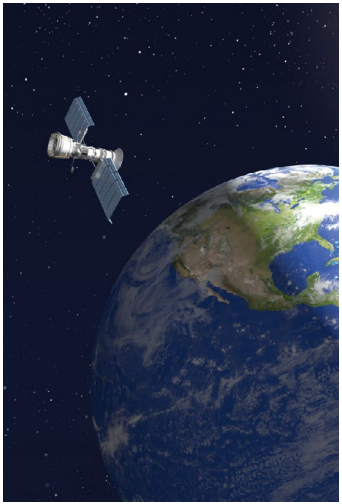
11 Technische Informationen – TIE



Die relevanten TIEs (Technische Informationen) stehen unter folgender Adresse zur Verfügung:
www.schott.com/products/optical-glass/downloads

Titel		
TIE-25:	Schlieren in optischem Glas	(Kapitel 2.1)
TIE-26:	Homogenität von optischem Glas	(Kapitel 1.4)
TIE-27:	Spannungen in optischem Glas	(Kapitel 2.3)
TIE-28:	Blasen und Einschlüsse in optischem Glas	(Kapitel 2.2)
TIE-29:	Brechzahl und Dispersion	(Kapitel 1.1)
TIE-30:	Chemische Eigenschaften von optischem Glas	(Kapitel 3)
TIE-31:	Mechanische und thermische Eigenschaften von optischem Glas	(Kapitel 4.1, 4.3, 5.1, 5.2)
TIE-35:	Transmission von optischem Glas	(Kapitel 1.5)
TIE-40:	Optisches Glas für das Präzisionsblankpressen	(Kapitel 8)
TIE-42:	Strahlenresistentes optisches Glas	(Kapitel 12.1, 13)

12 Anwendungshinweise



TIE-42 Strahlenresistentes optisches Glas

12.1 Optische Gläser stabilisiert gegen ionisierende Strahlung

Strahlenresistente Gläser sind optische Gläser, die durch einen Zusatz von Cer (Ce) gegen den Transmissionsverlust durch ionisierende Strahlung geschützt sind und deswegen in Optiken von Weltraumanwendungen genutzt werden. SCHOTT bietet strahlenresistente Gläser an, die einen großen Bereich im Abbe-Diagramm abdecken.

Strahlenresistente Glasarten wurden in einer Vielzahl von Weltraummissionen eingesetzt, wie z. B. VENUS Express Mission 2005 (ESA), Rosetta Comet Mission 2004 (ESA), Juno Mission 2011 (NASA) und OSIRIS-Rex Mission 2016 (NASA).

Anforderungen

- Stabilisierung der Transmission gegen ionisierende Strahlung
- Verschiedene Positionen im Abbe-Diagramm

SCHOTT-Gläser

BK7G18, K5G20, LF5G19, F2G12, LAK9G15, SF6G05



12.2 Optische Materialien für mobile Anwendungen

Moderne Smartphones kombinieren mehrere Objektive – von extremem Weitwinkel bis hin zu Teleobjektiven – in einem Gerät. Im Allgemeinen ist das physikalische Volumen für das Optikdesign in Smartphones begrenzt.

Asphärische Linsen mit hohem Brechungsindex unterstützen kompakte Designs. Die Faltung des Strahlengangs mit Periskopprismen ermöglicht optische Zooms mit hoher Vergrößerung. Optisches Glas mit niedriger Dichte für leichte Designs, höherer Härte und Umgebungsbeständigkeit für bessere Prozessierbarkeit sind zusätzliche Aspekte für die Auswahl der Gläser. Optische Gläser mit hoher Transmission vereinfachen brillante Aufnahmen bei Dämmerungsverhältnissen. Filterglas ermöglicht eine homogene spektrale Filterung unabhängig vom Einfallwinkel, was zu einer natürlichen Farbgebung beiträgt.

Anforderungen

- Hoher Index
- Geringe Dichte
- Höhere Härte
- Umgebungsstabil
- Hohe Transmission

SCHOTT-Gläser

N-LASF55, N-SF14, N-SF6, N-LASF40	Hoher Index, geringe Dichte, höhere Härte
NIR-Sperrfilter	Große Palette kundenspezifischer spektraler Eigenschaften



* nur als polierte optische Komponenten erhältlich: Sphären, Asphären, Prismen

12.3 Optische Materialien für Digitale Projektion

Die optischen Systeme von high-end Kinoprojektoren bestehen üblicherweise aus großvolumigen Prismenanordnungen und hochwertigen Projektionslinsensystemen und benötigen aufgrund der hohen thermischen Belastung in der Anwendung Materialien mit maximaler Transmission und geringer Solarisationstendenz.
Die Primärfarben werden durch blaue Laserdioden erzeugt, welche rotierende Räder mit Leuchtstoffen (sog. Konverter) beleuchten, um gelbes Licht zu generieren. Räder mit keramischem Konverter weisen eine viel höhere Temperaturstabilität auf und bieten eine signifikante Verbesserung gegenüber herkömmlichen Lösungen.

Anforderungen

- Hohe Transmission
- Große 3D homogene optische Glasprismen
- Geringe Solarisationstendenzen
- Keramische Konverter Materialien

SCHOTT Materialien

N-BK7HT	Herausragende Transmission und Homogenität in mehreren Richtungen für Prismenanwendung
N-BK7HTSultra*	N-BK7HT-Variante mit niedrigster Solarisation durch blaue Laser
N-BK10	Geringe Solarisation und hohe Homogenität in mehreren Richtungen für Prismenanwendungen
SF57HTultra	Hohe Brechzahl; geringe Spannungs-Doppelbrechung
Keramik Konverter	Keramisches Konvertermaterial mit herausragender Hochtemperaturstabilität



12.4 Optische Materialien für Industrielaser

Hochleistungslaser sind in industriellen Prozessen wie dem Laserschneiden und -schweißen weit verbreitet. Zum Industriestandard gehören Laser mit einer Wellenlänge von etwa 1 µm im NIR-Bereich und Intensitäten von mehreren kW. In jüngster Zeit wurden blaue Laser eingeführt, die aufgrund der höheren Absorption von blauem Licht beim Kupferschweißen effektiver sind. SCHOTT bietet Glastypen mit erhöhter Solarisationsbeständigkeit sowie optische Komponenten und Laserbeschichtungen an, die auf diese neuen Lasersysteme zugeschnitten sind.

Anforderungen

- Geringe Solarisation
- Eignung zum Verpressen für eine kostengünstige Herstellung
- Hohe Lichtdurchlässigkeit

SCHOTT Gläser

N-BK7	Primär für Spiegelsubstrate
N-BK7HTSultra*	N-BK7HT-Variante mit niedrigster Solarisation durch blaue Laser
N-SSK20*	Hoher Brechungsindex und niedrige Solarisation durch blaue Laser
N-PK51	Geringe Dispersion

* nur als polierte optische Komponenten erhältlich: Sphären, Asphären, Prismen



12.5 Optisches Glas in Automobilanwendungen

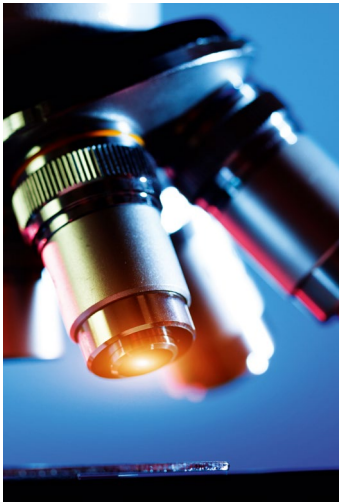
Fahrerassistenzsysteme in modernen Fahrzeugen sind mit einer Vielzahl von Kameras ausgestattet, welche nahezu 360° der Fahrzeugumgebung abdecken (wie z. B. Kameras als Spiegelersatz, Rückfahrsystem, Front- und Heckscheibenkamera, Überwachungskamera, Fahrerkamera). Diese Kameras müssen unabhängig von Temperaturunterschieden und aggressiven klimatischen Bedingungen über eine lange Zeit konstant gute Bildqualität liefern. Daher werden in Automobilanwendungen sehr oft athermal korrigierte Festbrennweiten als Objektive eingesetzt. Im Außenbereich muss die Frontlinse dieser Systeme zudem eine hohe chemische Stabilität aufweisen.

Anforderungen

- Blankpressbares Glas
- Glas mit hoher Brechzahl
- Niedriger oder negativer dn/dT oder sehr hoher dn/dT zur Temperaturkompensation
- Chemische Resistenz

SCHOTT Gläser

P-LAK35	Niedriger dn/dT, blankpressbar
P-LASF47	Hoher dn/dT, blankpressbar
P-SK60	Blankpressbar
N-LAK28	Geringe Dichte, hohe Härte, niedriger dn/dT



12.6 Optische Gläser für Life-Science-Anwendungen

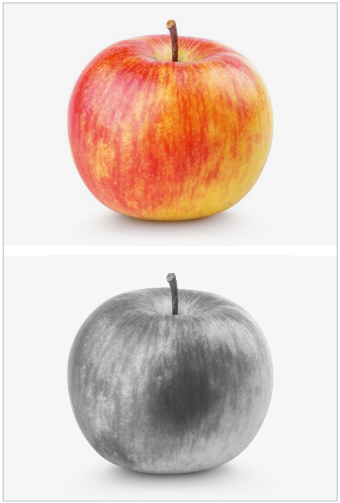
Multiphoton-Laserscanning-Mikroskopie und schnelle DNA-Sequenzierung sind typische Life-Science-Anwendungen mit speziellen Anforderungen an die Materialien, um High-End-optische Designs zu realisieren. SCHOTT bietet ein umfassendes Portfolio von optischen Gläsern und Filtern für High-End-Life-Science-Anwendungen.

Anforderungen

- Hochbrechende Gläser
- Gläser mit extrem niedriger Dispersion
- Gläser mit anormaler Teildispersion
- Hohe Transmission
- Kundenspezifisches Filterdesign
- Niedrige Fluoreszenz

SCHOTT Gläser

N-FK58 XLD	Sehr niedrige Dispersion, hervorragend niedrige Fluoreszenz und Laserbeständigkeit
N-KZFS4	Anormale Teildispersion mit größter Abweichung von der Normalgeraden
N-LAK33B	
N-LASF46B	
N-SF57HTultra	Hohe Brechzahl und Transmission
N-SSK20	Exzellente UV-Transmission bei vergleichsweiser hoher Brechzahl
SF3	Hervorragende Transmission und Farbcode an der UV-Kante
BG Filtergläser	
Schmalbandige Filter	



12.7 Optisches Glas für SWIR-Anwendungen

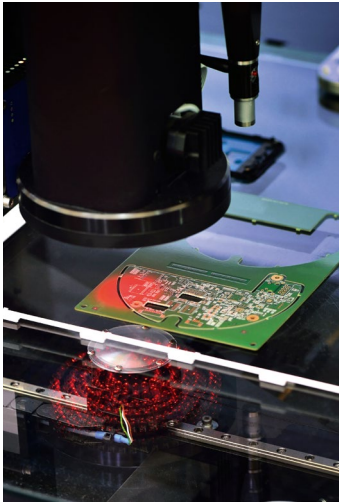
SWIR ist der kurzwellige Infrarotbereich von ca. 1 bis 2,7 µm Wellenlänge. SWIR-Anwendungen finden sich in Prüfeinrichtungen für Prozessoren, Solarzellen, Flaschen, Kunst und Lebensmittel. Mit SWIR-Anwendungen können Charakteristika sichtbar gemacht werden, welche im sichtbaren Licht alleine nicht visualisiert werden können, wie z. B. faulendes Obst bei der Obstsortierung, gefälschte Gemälde, Füllstandsprüfung bei opaken Flaschen. All diese Machine-Vision-Anwendungen benötigen Optiken und Materialien, die idealerweise Licht sowohl im sichtbaren als auch im SWIR-Bereich transmittieren, und das häufig sogar bis 4 µm.

Anforderungen

- Gläser mit guter Transparenz im sichtbaren und im SWIR-Spektralbereich bis 4 µm Wellenlänge

SCHOTT Gläser

N-FK58 XLD, N-PK52A, N-FK51A, IRG27	Hervorragende Transmission im sichtbaren und SWIR-Bereich



12.8 Optische Gläser für Machine-Vision-Anwendungen

Es gibt ein breites Feld verschiedenartigster Machine-Vision-Anwendungen z. B. in der Prüfung von Bauteilen oder in der Messtechnik. Solche Anwendungen benötigen kompakte Objektive mit hoher Auflösung und gutem Kontrast. Ihr Einsatzgebiet reicht vom UV- bis in den IR-Wellenlängenbereich (z. B. UV-Inspektion von Wafern oder SWIR-Inspektion in der Lebensmittelindustrie).

Optische Designs von telezentrischen Objektiven in polychromatischen Anwendungen benötigen spezielle optische Gläser zur Farbkorrektur. Engste optische Toleranzen ermöglichen eine höhere Auflösung und ein größeres Sichtfeld, wodurch sich der Durchsatz bei Inspektionsaufgaben verbessert.

Anforderungen

- Hochbrechende Gläser
- Gläser mit extrem niedriger Dispersion
- Gläser mit anormaler Teildispersion
- Hohe Transmission
- Enge optische Toleranzen

SCHOTT Gläser

N-FK58 XLD	Sehr niedrige Dispersion, Laserbeständigkeit und gute Bearbeitbarkeit
N-KZFS4	Anormale Teildispersion mit größter Abweichung von der Normalgeraden
N-LAK33B	
N-LASF46B	
N-SF57HTultra	Hohe Brechzahl und Transmission



12.9 Optische Gläser für High-End-Überwachungssysteme

Optiken von zivilen und militärischen High-End-Überwachungssystemen, welche überwiegend im Außeneinsatz verwendet werden, benötigen robuste und kompakte Objektive mit hoher Auflösung und hervorragender Performance unabhängig von Wetter- und Temperaturbedingungen.

Anforderungen

- Hochbrechende Gläser
- Gläser mit extrem niedriger Dispersion
- Gläser mit anormaler Teildispersion
- Gute chemische Stabilität

SCHOTT Gläser

N-FK58 XLD	Sehr niedrige Dispersion, gute Bearbeitbarkeit
N-SF57HTultra	Hohe Brechzahl und Transmission
P-LAK35	Niedriger dn/dT, gute chemische Beständigkeit
P-LASF47	Hoher dn/dT, gute chemische Beständigkeit
P-SK60	



12.10 Optische Gläser für professionelle Filmkamera-Objektive

Die ständig steigende Auflösung professioneller Filmkameras in der Filmindustrie, dem Mobile Broadcasting und der Videografie (bis zu 8K aktuell) erfordert Objektive mit hochauflösenden optischen Designs und großen Aperturen bei hervorragender Farbkorrektur.

Anforderungen

- Hochbrechende Gläser
- Gläser mit extrem niedriger Dispersion
- Gläser mit anormaler Teildispersion
- Hohe Transmission
- Hohe Homogenität
- Verfügbarkeit in großen Abmessungen

SCHOTT Gläser

N-FK51A	Niedrige Dispersion, sehr gute Homogenität
N-KZFS11	Große Abweichung von der Normalgeraden, sehr gute Homogenität
N-SF57HTultra	Hohe Brechzahl und Transmission
N-BK7HT	Sehr gute Transmission und Homogenität in allen Richtungen und verfügbar in großen Abmessungen für Prismen und Linsen

13 SCHOTT Advanced Optics auf einen Blick

SCHOTT Advanced Optics ist mit seiner herausragenden technologischen Kompetenz ein wertvoller Partner für seine Kunden bei der Entwicklung von Produkten und kundenspezifischen Lösungen für Anwendungen in Optik, Lithografie, Astronomie, Optoelektronik, Naturwissenschaften und Forschung.

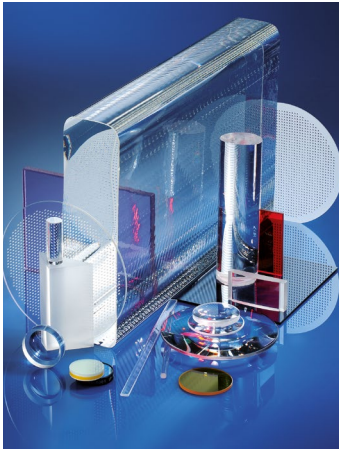
Mit einem Portfolio von mehr als 120 optischen Gläsern, speziellen Materialien und Komponenten decken wir die Wertschöpfungskette von der kundenspezifischen Glasentwicklung über die hochpräzise optische Fertigung bis hin zur Metrologie ab.

SCHOTT Advanced Optics – Your Partner for Excellence in Optics.

Dieses Kapitel soll Ihnen einen Überblick über das Portfolio von SCHOTT Advanced Optics vermitteln. Es umfasst folgende Produkte:

- Optische Materialien, wie optisches Glas, HT- & HTultra-Gläser, aktives & passives Laserglas, Saphir, Glaswafer mit hoher Brechzahl und Infrarot-Chalkogenid-Gläser
- Optische Komponenten, wie Linsen, Planoptiken, Prismen und Keramik Konverter
- Optische Filter, wie NIR-Sperrfilter, Kontrastverstärkungsfilter, optisches Filterglas sowie Interferenzfilter

Optische Materialien





Optisches Glas

Mehr als 120 optische Glasarten

Seit über 140 Jahren fertigt SCHOTT Advanced Optics ein breites Sortiment hochwertiger optischer Gläser, um die Anforderungen einer Vielzahl optischer und industrieller Anwendungen zu erfüllen – vom Konsumgüterbereich bis hin zu optischen Hochleistungssystemen in Forschung und Entwicklung.

Unser Sortiment umfasst „N“-Glasarten, die ohne die Verwendung von Blei und Arsen hergestellt werden, Gläser für das Präzisionsblankpressen (Low T_g-Gläser) sowie klassische Glasarten mit Bleioxid als wichtige Komponente für herausragende optische Eigenschaften. Darüber hinaus bieten wir Varianten unserer Gläser mit besonders hoher Transmission (HT- & HTultra-Gläser) und mit besonders hoher Homogenität an.



HT- & HTultra-Glas

Optisches Glas mit herausragender Transmission

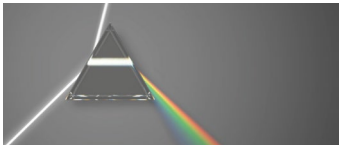
Innerhalb seines umfangreichen Portfolios an optischen Glasarten bietet SCHOTT Gläser mit hervorragender Transmission an. Sie eignen sich besonders für digitale Projektoren sowie optische Hochleistungssysteme.



HTSultra-Glas

Blaue Laser-solarisations-stabilisiertes Glas

SCHOTT hat sein hochtransmittierendes Glas N-BK7HT mit N-BK7HTSultra auf die nächste Stufe gehoben. Aufgrund seiner verbesserten Solarisationsstabilität behält es seine hohe Transmission auch bei intensivem blauem Licht bei. Diese Eigenschaft ist für Anwendungen wie die digitale Projektion und die industrielle Laserbearbeitung von entscheidender Bedeutung.



XLD Glas

Optisches Glas mit extrem geringer Dispersion

Optische Gläser mit sehr hohen Abbezahlen $\nu_d > 90$ kennzeichnet SCHOTT mit dem Suffix XLD (eXtreme Low Dispersion). Diese Gläser bieten aufgrund ihrer einzigartigen Teildispersion hervorragende apochromatische Korrekturmöglichkeiten. XLD Gläser wurden auf ausgezeichnete Verarbeitungseigenschaften hin entwickelt.



Hochhomogenes Glas

Extreme Homogenität für große Präzisionsoptiken

Optische Gläser, die in Hochenergie-Laser- oder astronomischen Anwendungen eingesetzt werden, erfordern eine extreme Homogenität. SCHOTT fertigt hochwertige Gläser bis zur Homogenitätsklasse H5 und hält nun auch einige Glasarten bis Qualitätsstufe H4 ab Lager verfügbar.



Low T_g-Glas

Optisches Glas zum Präzisionsblankpressen

Das Präzisionsblankpressen ist ein Verfahren in der Massenfertigung komplexer Linsenformen, z. B. von asphärischen Linsen, für die unterschiedlichsten Anwendungen, wie z. B. in Digitalkameras und Smartphones, in der Telekommunikation, in Linsen-Arrays oder der Mikroskopie.



i-Linienglas

Mit hoher UV-Transmission bei 365 nm und hoher Brechzahlhomogenität

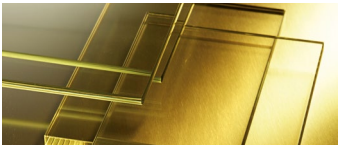
i-Liniengläser, deren Name sich auf die i-Wellenlänge bezieht, sind optische Gläser, die sowohl über eine hohe UV-Transmission bei 365 nm als auch über eine hohe Brechzahlhomogenität verfügen. Diese Glasarten finden hauptsächlich in der Lithografie in i-Linien-Steppern und Wafer-Scannern Anwendung.



Strahlenresistentes Glas

Hohe Strahlenresistenz und unterschiedliche Dispersionseigenschaften

SCHOTT bietet eine Auswahl an strahlenresistenten Glasarten mit unterschiedlichen Dispersionseigenschaften an. Diese Glasarten eignen sich sehr gut in Umgebungen mit ionisierender Strahlung. Strahlenresistentes Glas ist in Form von Zuschnitten, Presslingen, Stäben sowie bearbeiteten optischen Komponenten erhältlich.



Strahlenschutzglas

Herausragende optische Eigenschaften und hohe Abschirmwirkung gegen ionisierende Strahlung

SCHOTT bietet eine Reihe von speziell entwickelten Strahlenschutzgläsern mit einer Dichte von 2,5 bis 5,2 g/cm³, die sich aufgrund ihrer optischen Eigenschaften und hohen Abschirmwirkung gegen ionisierende Strahlung ideal für Strahlenschutzfenster eignen.



Saphir

Eines der härtesten, beständigsten und kratzfestesten Materialien

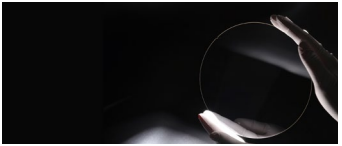
Saphir besitzt eine hohe Transmission vom UV- bis hin zum mittleren Infrarot-Wellenlängenbereich (250 – 5000 nm) und ist unempfindlich gegenüber extremen Umgebungsbedingungen sowie Temperaturschwankungen. SCHOTT liefert Saphir in bearbeiteter Form gemäß Kundenspezifikationen.



Quarzglas

Reines nicht kristallines Siliciumdioxidglas

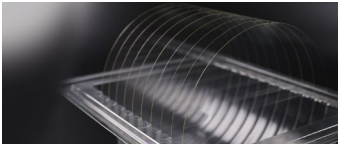
Quarzglas bietet hervorragende Transmission im UV-Bereich bei Wellenlängen über 180 nm. Dank dieser hohen Schmelztemperatur ist es für Hochtemperaturanwendungen geeignet. Es enthält keine alkalischen Elemente und eignet sich sehr gut für die Halbleiterindustrie.

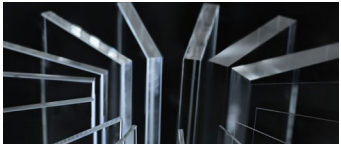


RealView®

Glaswafer mit einer hohen Brehzahl

Optisches Glas mit n_d >1,6, hoher Transmission und hoher Homogenität für Augumented Reality Wellenleiter. Speziell entwickelte Gläser, mit einer Brehzahl von über 1,6 mit extremer Homogenität und hoher Transmission im VIS, für minimale Verluste bei der Lichtführung, bei maximalem Totalreflexionswinkel kombinieren. Wafer mit extremer geometrischer Präzision bis zu einem Durchmesser von 300 mm, mit geringer globaler und lokaler Dickenschwankung und Rauheit, lokaler Keiligkeit für eine präzise Bildwiedergabe.







Borosilikatglas

Robustes Material für optische Anwendungen

Technische Gläser wie BOROFLOAT® 33 bieten starke mechanische und chemische Eigenschaften für anspruchsvolle Anwendungen. Die Massenfertigung ist ein gut gesteuerter Prozess, der diese Gläser kostengünstig macht.

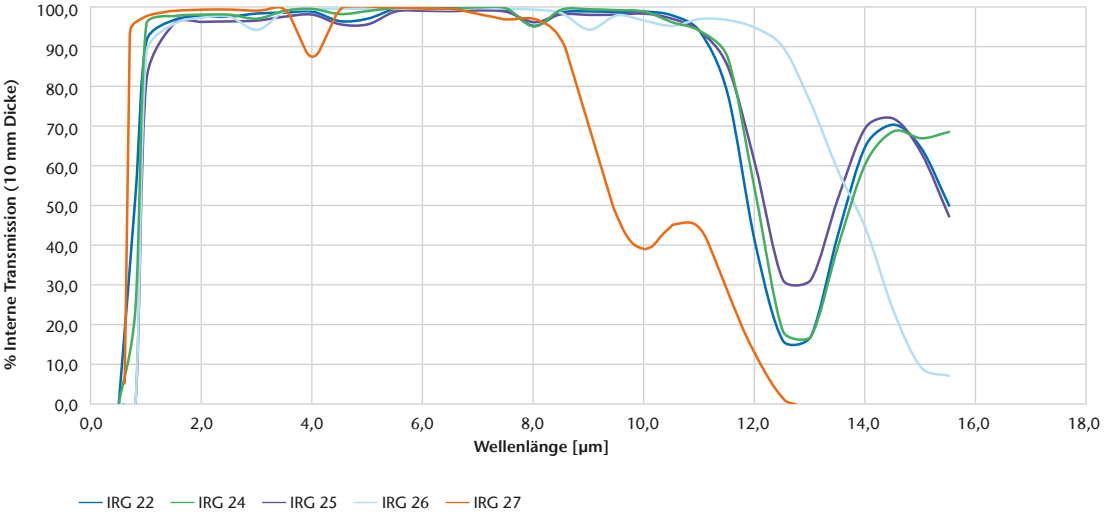
Infrarot-Chalkogenid Gläser IRG

IR-Gläser mit hervorragender Transmission im SWIR-, MWIR- und LWIR-Bereich Die physikalischen Eigenschaften wie niedrige dn/dT und geringe Dispersion ermöglichen Optik-Ingenieuren die Gestaltung von farbkorrigierten optischen Systemen ohne thermische Verzerrung. Die IRG-Familie der Chalkogenidgläser ist optimiert für die Zusammenführung mit der Familie der IR-Gläser und mit anderen Infrarotmaterialien für kostengünstige und hochwertige optische Designs. Diese Gläser umfassen die allgemeinen IR-Transmissionsbänder: 3 – 5 µm und 8 – 12 µm, Übertragungen sind jedoch bis hinab zu 0,7 µm möglich. Darüber hinaus können die Gläser der IR-Serie mit konventionellem Schleifen und Polieren, Einpunkt-Diamantdrehen oder Formgebung bearbeitet werden.

USP

- Niedrige dn/dT
- Geringe Dichte vs. Ge 14 – 39 % leichter
- Höhere Farbkorrektur
- Keine Einschränkung wegen hoher Temperatur
- IRG 26/IRG 27 Germaniumfreie Zusammensetzungen

Interne Transmission von Infrarot Glas IRG 22, IRG 24, IRG 25, IRG 26, IRG 27 mit einer Dicke von 10,0 mm (typische Werte)



Optische Komponenten

Verschiedene Produkte für zahlreiche Anwendungen

SCHOTT Advanced Optics fertigt ein breites Sortiment an verschiedenen Komponententypen für Optik, Lithografie und Wissenschaft. Von der Materialentwicklung bis zur Endbearbeitung bieten wir alle Leistungen aus einer Hand. Kunden schätzen vor allem unsere Innovationsstärke, die einzigartige Produktqualität und unseren exzellenten Service.

Als endbearbeitete Produkte liefern wir unter anderem blankgepresste und polierte asphärische Linsen, Glasfilter sowie präzisionsbearbeitete Komponenten wie CNC-bearbeitete Gläser, planparallele Substrate und Wafer.

Detaillierte Informationen zu unserem umfassenden Angebot an optischen Komponenten finden Sie unter:
www.schott.com/products/optical-components



Asphärische Linsen

Asphären für hervorragende Bildqualität

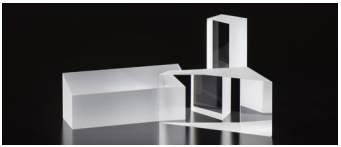
Aufgrund ihrer einzigartigen Oberflächenstruktur vermeiden asphärische Linsen monochromatische Abbildungsfehler und ermöglichen damit eine hervorragende Bildqualität. Eine asphärische Linse kann die Funktion von mehreren sphärischen Elementen übernehmen, was kompakte, leichte Designs ermöglicht.



Sphärische Linsen

Als Einzellinse oder Doublet in verschiedenen Ausprägungen

Sphärische Linsen kommen in vielen verschiedenen Anwendungen zum Einsatz, wie z. B. in Kameras, Projektoren und Mikroskopen, zur Sammlung, Fokussierung und Streuung von Licht und sind oft Bestandteil von Linsensystemen mit achromatischer Funktion.



Prismen

Maßgeschneiderte Komponenten

Prismen sind transparente optische Elemente mit einer flach polierten Oberfläche, die Licht ablenken, reflektieren oder streuen. Sie können in einem optischen System positioniert werden und bieten hervorragende thermische Stabilität. Über eine interne Reflexion wird der Lichtverlust im optischen Pfad minimiert.



Fenster & Substrate

Höchste Präzision aus verschiedenen Materialien

Substrate sind Materialien, die beschichtet werden können, um z. B. Interferenzfilter herzustellen. Fenster sind transparente, meist planparallel polierte und/oder beschichtete Komponenten, die für eine äußerst effiziente, verzerrungsfreie Licht- und perfekte Bildübertragung in optischen Systemen eingesetzt werden.



Beschichtung

Vollständiges Spektrum optischer Beschichtungen

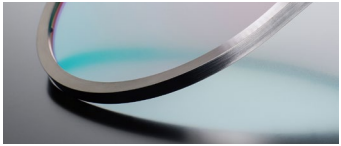
Über das gesamte Spektrum der optischen Beschichtungen bietet SCHOTT einen großen Bereich moderner Dünnschicht-Technologien, die ein breites Spektrum an Industrieanforderungen abdecken. Aufbauend auf unseren herausragenden Filtergläsern können wir durch Kombinationen aus Filterglas und Dünnschicht-Technologie einzigartige kundenspezifische Optikkomponenten herstellen.



CNC-Bearbeitung

Präzise gefertigte Teile

Eine Vielzahl an Hochleistungs-CNC-Maschinen bietet die Möglichkeit, nahezu jede erdenkliche Geometrie zu fertigen. Dadurch bieten sich unseren Kunden neue Freiheiten in der Gestaltung ihrer Produkte. Der SCHOTT eigene Bestand an optischen Rohmaterialien ermöglich die beschleunigte Fertigung, z. B. von Prototypen.



Einfassungen

Optische und mechanische Einfassungen

Kundenspezifische Bauteile (z. B. Positionierung, optische Zentrierung usw.) können in einer Reinraumumgebung zusammengesetzt werden. Darüber hinaus sind alle benötigten Messgeräte, einschließlich optischer 3D-Messung, Profilometern und Interferometern, vorhanden.



Dynamischer keramischer Konverter

Heller als die Sonne

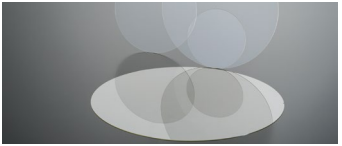
SCHOTTs dynamischer keramischer Laser bietet eine hohe Lumineszenz für gleichmäßig helle und klare Lichtquellen. Sie bestehen aus dotierten Keramiken und garantieren eine hohe Temperaturstabilität, hervorragende Wärmeleitfähigkeit, lange Lebensdauer und höchste Zuverlässigkeit. Sie sind ideal für eine Vielzahl von Anwendungen, von Projektoren bis hin zu Scheinwerfern.



Statischer keramischer Konverter

Enabler für Lichtquellen mit hoher Lumineszenz

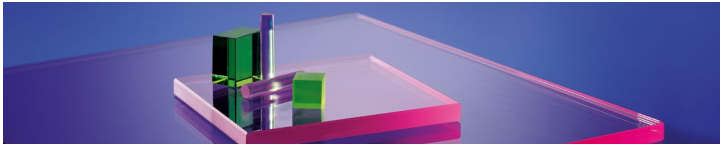
Unsere statischen keramischen Laser-Phosphor-Konverter bieten eine hervorragende Lumineszenz, verbesserte Lichtausbeute, leichte Integrierbarkeit, hohe Beleuchtungsdichte und Helligkeit auch in der grünen Lücke ohne bewegliche Teile. Für die digitale Projektion, Machine-Vision, Messtechnik, Life Sciences, Bühnenbeleuchtung und Suchscheinwerfer.



Optische Wafer

Ultraflach polierte Substrate für optische Anwendungen

SCHOTT bietet ultraflach polierte Substrate für optische Anwendungen mit einer gut kontrollierten Abweichung der Gesamtdicke unter 1 µm für Wafer mit 300 mm Durchmesser. Verfügbare Wafer-Materialfamilien: Optische Gläser, technische Gläser, Quarzglas, Glaskeramik und Saphir.





Aktive Gläser für Laser Anwendungen

SCHOTT bietet eine breite Palette an aktiven Gläsern für Hochleistungs- und Ultrakurzpulslaser sowie Laserentfernungsmesser und medizinische Anwendungen. Auf Wunsch können diese Gläser auf die speziellen Erfordernisse der Verwendung angepasst werden, z. B. Blitzlampen- oder Diodenpumpen. Die von SCHOTT entwickelte platinpartikelfreie Herstellmethode erlaubt es, die phosphatbasierten Gläser bei hohen Energieflüssen ohne laserinduzierte Zerstörungen zu betreiben. Abmessungen mit bis zu 400 mm Aperturen und die Möglichkeit der Herstellung großer Mengen erlauben die Anwendung in Kernfusionsprogrammen; Laserstäbe mit großen Abmessungen und einer hohen optischen Qualität und Homogenität ermöglichen hohe Leistungen für Materialbearbeitungssysteme.

Die aktiven Gläser sind erhältlich als Stäbe, Platten oder Scheiben. AR- und HR-Beschichtungen mit hohem LIDT für Laserwellenlängen sind erhältlich. All diese Komponenten werden mit Oberflächengüten von bis zu λ/10 nach Kundenspezifikation gefertigt.

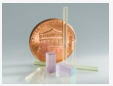
In diesem Bereich bietet SCHOTT zusätzlich ein breites Portfolio an passiven Laserkomponenten an, wie z. B. Laserspiegel und -fenster.



- Aktive Lasergläser (Neodym dotiert, Erbium dotiert) z. B. APG, IOG, LG, BLG
- Silikat basierende Gläser
- Phosphat basierende Gläser

- Stäbe
- Platten







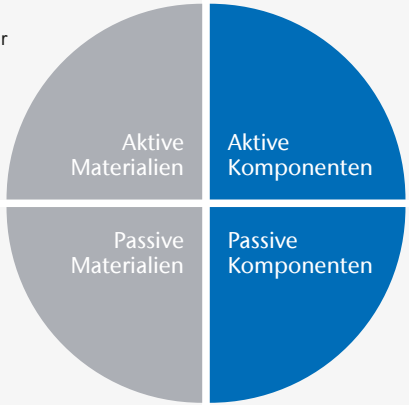


- Passive Lasergläser z. B. S7000, S7005, S7010N
- Große Auswahl an optischen Gläsern und Sondervarianten (z. B. SCHOTT N-BK7®)
- ZERODUR®
- N-BK7HTSultra





- Asphärische Linsen
- Spiegel & Fenster
- Beamsplitter und Polarisatoren
- Polierte Prismen
- Optische Filter
- Flowtubes





Optisches Filterglas

Farbfilter für das komplette Spektrum

SCHOTT Advanced Optics verfügt über eines der umfangreichsten Portfolios mit optischen Filtergläsern weltweit und kann somit die jeweils für Ihre Anforderungen am besten geeignete Lösung anbieten. Anwendungen sind in der Analytik, Fotografie, Medizintechnik und im Laserschutz zu finden.

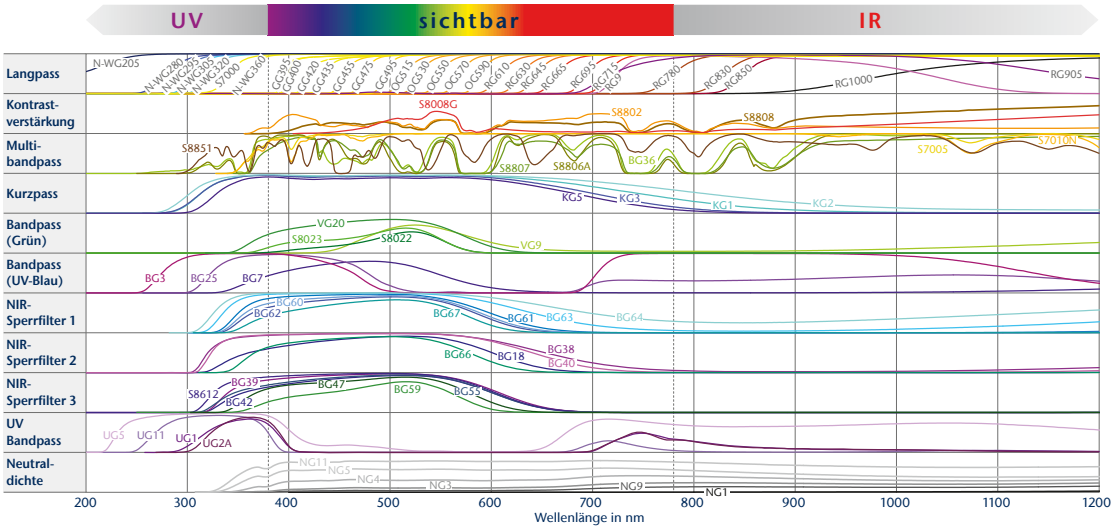
Optische Filtergläser zeichnen sich durch ihre selektive Absorption im sichtbaren Wellenlängenbereich aus. Dabei erscheinen optische Filtergläser farbig, wenn ihr Filtereffekt innerhalb des sichtbaren Lichtspektrums liegt. Zahlreiche Farbstoffe mit unterschiedlichen Konzentrationen und viele verschiedene Basisgläser wurden entwickelt, um ein Produktsortiment an Filtern, teilweise mit extremen Filtereigenschaften, in einem möglichst großen Spektralbereich zu ermöglichen.

Optische Filtergläser umfassen die folgenden Filtertypen im Wellenlängenbereich über 200 nm:

- Bandpassfilter
- Langpassfilter
- Kurzpassfilter
- Neutralfilter
- Kontrastverstärkungsfilter
- Multibandfilter

Pocket-Katalog
Optisches Filterglas 2024

Reintransmission der SCHOTT Filtergläser





Interferenzfilter

Beschichtete Filter für den gesamten Spektralbereich

Interferenzfilter nutzen den optischen Interferenzeffekt, um eine spektrale Funktion zu ermöglichen. Sie werden hergestellt, indem mehrere dünne Schichten mit verschiedenen Brechungsindizes auf ein Substrat aufgebracht werden. Anwendung finden die Filter in der Medizintechnik, bei Analysen in der Mess- und Umwelttechnik sowie in vielen weiteren Bereichen.

SCHOTT liefert unterschiedlichste Geometrien und Größen von Interferenzfiltern im Spektralbereich von 200 nm bis 3000 nm. Diese Produkte werden anhand von Kundenspezifikationen entwickelt, konzipiert und gefertigt. Interferenzfilter bieten eine hervorragende Witterungsbeständigkeit und extrem stabile spektrale Eigenschaften in Bezug auf Veränderungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

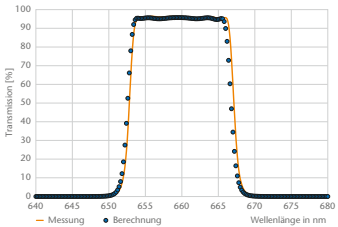
Unsere Produktpalette umfasst verschiedene Interferenzfilter-Typen:
Bandpass-Filter, Kantenfilter, Notch-Filter, UV-Bandpassfilter, harte und abriebfeste Filter, i-Linien-Filter, variable lineare Veril-Filter, optimierte AR- und Breitband-AR-Beschichtung, Strahlteiler, Neutralfilter, Spiegel-Beschichtungen (dichroitisch oder metallisch) und schwarze Absorberschichten.

Die gesamte Prozesskette für Interferenzfilter aus einer Hand

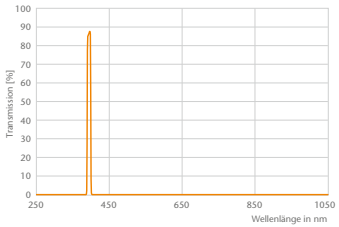
Kundenspezifische Entwürfe werden von einer Gruppe aus Wissenschaftlern und Ingenieuren berechnet. Die Substrate werden poliert und direkt in die Beschichtung weitergeleitet. Eine große Produktion im Reinraum mit verschiedenen Beschichtungstechnologien kann fast jede Anforderung abdecken. Unser komplexes Messtechnik-Equipment gewährleistet eine perfekte Qualitätskontrolle für jede Funktion des Filters.



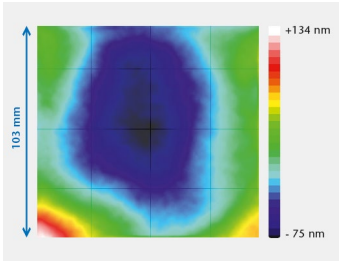
Perfekte Übereinstimmung zwischen Berechnung und Fertigung



Bandpassfilter mit breiter Blockung T < 10^{-5}



Geringe Wellenfrontdeformation



Änderungsverzeichnis – Teil II Optisches Glas – Eigenschaften

SCHOTT Advanced Optics ist bestrebt, seine Kunden durch die kontinuierliche Verbesserung des bestehenden Produktangebots und die Erweiterung seines Portfolios zu unterstützen. Wir halten es außerdem für wichtig, detaillierte Informationen zu den Eigenschaften unserer Gläser bereitzustellen, damit unsere Kunden ihre Aufgaben effektiver bewältigen können. Aus diesem Grund finden Sie in folgender Tabelle eine Aufstellung zu den relevanten Änderungen bei unseren optischen Gläsern und den Ergänzungen unseres Portfolios. Alle Änderungen sind ebenfalls im Teil II Optisches Glas – Eigenschaften bei den entsprechenden Gläsern blau markiert. Wenn Sie Fragen zu diesen Produkten haben, nehmen Sie bitte direkt Kontakt mit einem unserer Vertreter auf.

N-BK7HTSultra, N-SSK20	Hinzugefügt
K7, N-ZK7, LAFN7, N-LAF35	Jetzt Anfrageglas
N-SK14	T_g und Dichte geändert
N-LAK22, N-LAF7	Transmission und Farbcode geändert
N-LAF2, N-SF66	$T_{10}^{7,6}$ geändert
P-LAF37	Transmission geändert
F2G12	CTE, $T_{10}^{7,6}$, Dichte, HK, Transmission und Farbcode geändert

Optisches Glas 2025

Eigenschaften

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-FK58** 456909.365	1,45600	90,90	0,005017	1,45720	90,47	0,005053	1,45358	1,45446	1,45976	1,46216	1,46436
N-FK5* 487704.245	1,48749	70,41	0,006924	1,48914	70,23	0,006965	1,48410	1,48535	1,49266	1,49593	1,49894
N-FK51A* 487845.368	1,48656	84,47	0,005760	1,48794	84,07	0,005804	1,48379	1,48480	1,49088	1,49364	1,49618
N-PK51* 529770.386	1,52855	76,98	0,006867	1,53019	76,58	0,006923	1,52527	1,52646	1,53372	1,53704	1,54010
N-PK52A 497816.370	1,49700	81,61	0,006090	1,49845	81,21	0,006138	1,49408	1,49514	1,50157	1,50450	1,50720
N-PSK3 552635.291	1,55232	63,46	0,008704	1,55440	63,23	0,008767	1,54811	1,54965	1,55885	1,56302	1,56688
N-PSK53A* 618634.357	1,61800	63,39	0,009749	1,62033	63,10	0,009831	1,61334	1,61503	1,62534	1,63007	1,63445

*** Verfügbar in Stufe 0,5 ** SCHOTT XLD Glas (eXtreme Low Dispersion)**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5347	0,0438	1	1	52.3	3.3	4.3	13,7	445	508	3,65	372	0,996	0,996	33/--
0,5290	0,0036	2	1	4	2	2.3	9,2	466	672	2,45	520	0,998	0,997	30/26
0,5359	0,0342	1	0	52.3	2.2	4.3	12,7	464	527	3,68	345	0,997	0,997	34/28
0,5401	0,0258	1	0	52.3	3.3	4.3	12,4	487	568	3,86	415	0,994	0,994	34/29
0,5377	0,0311	1	0	52.3	3.3	4.3	13,0	467	538	3,70	355	0,997	0,996	34/28
0,5365	–0,0005	3	0	2.2	2	2	6,2	599	736	2,91	630	0,994	0,994	33/28
0,5424	0,0052	1	1	53.3	2.3	4.3	9,6	606	699	3,57	415	0,985	0,992	36/31

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
SCHOTT N-BK7®* 517642.251	1,51680	64,17	0,008054	1,51872	63,96	0,008110	1,51289	1,51432	1,52283	1,52668	1,53024
N-BK7HT* 517642.251	1,51680	64,17	0,008054	1,51872	63,96	0,008110	1,51289	1,51432	1,52283	1,52668	1,53024
N-BK7HTSultra*/** 517642.251 Neu	1,51680	64,17	0,008054	1,51872	63,96	0,008110	1,51289	1,51432	1,52283	1,52668	1,53024
N-BK10 498670.239	1,49782	66,95	0,007435	1,49960	66,78	0,007481	1,49419	1,49552	1,50337	1,50690	1,51014
N-K5 522595.259	1,52249	59,48	0,008784	1,52458	59,22	0,008858	1,51829	1,51982	1,52910	1,53338	1,53734
K10 501564.252	1,50137	56,41	0,008888	1,50349	56,15	0,008967	1,49713	1,49867	1,50807	1,51243	1,51649
N-ZK7A 508610.247	1,50805	61,04	0,008323	1,51004	60,84	0,008384	1,50403	1,50550	1,51429	1,51829	1,52198

*** Verfügbar in Stufe 0,5 ** Nur als polierte optische Komponenten erhältlich: Sphären, Asphären, Prismen**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5349	–0,0009	1	0	1	2.3	2.3	7,1	557	719	2,51	610	0,997	0,997	33/29
0,5349	–0,0009	1	0	1	2.3	2.3	7,1	557	719	2,51	610	0,998	0,998	33/29
0,5349	–0,0009	1	0	1	2	2.3	7,1	565	716	2,50	548	0,999	0,999	32/29
0,5303	–0,0008	1	0	1	1	1	5,8	551	753	2,39	560	0,996	0,996	31/27
0,5438	0,0000	1	0	1	1	1	8,2	546	720	2,59	530	0,995	0,996	34/30
0,5475	–0,0015	1	0	1	1	1.2	6,5	459	691	2,52	470	0,994	0,995	33/30
0,5368	–0,0043	1	0	2	1.2	2.2	4,61	519	729	2,47	530	0,990	0,992	34/29

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-BAK1 573576.319	1,57250	57,55	0,009948	1,57487	57,27	0,010039	1,56778	1,56949	1,58000	1,58488	1,58941
N-BAK2 540597.286	1,53996	59,71	0,009043	1,54212	59,44	0,009120	1,53564	1,53721	1,54677	1,55117	1,55525
N-BAK4 569560.305	1,56883	55,98	0,010162	1,57125	55,70	0,010255	1,56400	1,56575	1,57649	1,58149	1,58614
N-BAK4HT 569560.305	1,56883	55,98	0,010162	1,57125	55,70	0,010255	1,56400	1,56575	1,57649	1,58149	1,58614
N-SK2* 607567.355	1,60738	56,65	0,010722	1,60994	56,37	0,010821	1,60230	1,60414	1,61547	1,62073	1,62562
N-SK2HT 607567.355	1,60738	56,65	0,010722	1,60994	56,37	0,010821	1,60230	1,60414	1,61547	1,62073	1,62562
N-SK4 613586.354	1,61272	58,63	0,010450	1,61521	58,37	0,010541	1,60774	1,60954	1,62059	1,62568	1,63042
N-SK5 589613.330	1,58913	61,27	0,009616	1,59142	61,02	0,009692	1,58451	1,58619	1,59635	1,60100	1,60530
N-SK11 564608.308	1,56384	60,80	0,009274	1,56605	60,55	0,009349	1,55939	1,56101	1,57081	1,57530	1,57946

*** Verfügbar in Stufe 0,5**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (−30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5472	0,0002	2	1	3.3	1.2	2	7,6	592	746	3,19	530	0,996	0,996	33/29
0,5437	0,0004	2	0	1	1	2.3	8,0	554	727	2,86	530	0,997	0,997	32/28
0,5487	−0,0010	1	0	1.2	1	1	7,0	581	725	3,05	550	0,992	0,995	36/33
0,5487	−0,0010	1	0	1.2	1	1	7,0	581	725	3,05	550	0,993	0,996	36/33
0,5477	−0,0008	2	0	2.2	1	2.3	6,0	659	823	3,55	550	0,994	0,994	33/28
0,5477	−0,0008	2	0	2.2	1	2.3	6,0	659	823	3,55	550	0,996	0,997	33/28
0,5448	−0,0004	3	1	51.2	2	2	6,5	658	769	3,54	580	0,990	0,993	36/32
0,5400	−0,0007	3	1	4.4	2	1.3	5,5	660	791	3,30	590	0,992	0,994	34/29
0,5411	−0,0004	2	0	2	1	2.3	6,5	610	760	3,08	570	0,990	0,994	34/29

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-SK14 603606.344	1,60311	60,60	0,009953	1,60548	60,34	0,010034	1,59834	1,60008	1,61059	1,61542	1,61988
N-SK16* 620603.358	1,62041	60,32	0,010285	1,62286	60,08	0,010368	1,61548	1,61727	1,62814	1,63312	1,63773

*** Verfügbar in Stufe 0,5**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (−30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5415	−0,0003	4	2	51.3	2	2.3	6,0	654	773	3,43	600	0,990	0,993	35/29
0,5412	−0,0011	4	4	53.3	3.3	3.2	6,3	636	750	3,58	600	0,988	0,992	36/30

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-KF9 523515.250	1,52346	51,54	0,010156	1,52588	51,26	0,010258	1,51867	1,52040	1,53114	1,53620	1,54096
N-BALF4 580539.311	1,57956	53,87	0,010759	1,58212	53,59	0,010863	1,57447	1,57631	1,58769	1,59301	1,59799
N-BALF5 547536.261	1,54739	53,63	0,010207	1,54982	53,36	0,010303	1,54255	1,54430	1,55510	1,56016	1,56491
N-SSK2 622533.353	1,62229	53,27	0,011681	1,62508	52,99	0,011795	1,61678	1,61877	1,63112	1,63691	1,64232
N-SSK5 658509.371	1,65844	50,88	0,012940	1,66152	50,59	0,013075	1,65237	1,65455	1,66824	1,67471	1,68079
N-SSK8 618498.327	1,61773	49,83	0,012397	1,62068	49,54	0,012529	1,61192	1,61401	1,62713	1,63335	1,63923
N-SSK20* Neu 626502.345	1,62568	50,20	0,012464	1,62865	49,92	0,012593	1,61984	1,62194	1,63512	1,64132	1,64712
N-LAK7 652585.384	1,65160	58,52	0,011135	1,65425	58,26	0,011229	1,64628	1,64821	1,65998	1,66539	1,67042
N-LAK8 713538.375	1,71300	53,83	0,013245	1,71616	53,61	0,013359	1,70668	1,70897	1,72297	1,72944	1,73545

*** Nur als polierte optische Komponenten erhältlich: Sphären, Asphären, Prismen**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5558	–0,0014	1	0	1	1	1	9,6	476	640	2,50	480	0,986	0,994	37/34
0,5520	–0,0012	1	0	1	1	1	6,5	578	661	3,11	540	0,985	0,992	37/33
0,5532	–0,0004	1	0	1	2	1	7,3	558	711	2,61	600	0,983	0,991	37/34
0,5526	–0,0016	1	0	1.2	1	1	5,8	653	801	3,53	570	0,981	0,990	37/33
0,5575	–0,0007	2	3	52.2	2.2	3.2	6,8	645	751	3,71	590	0,959	0,976	38/34
0,5602	0,0002	1	0	1	1.3	1	7,2	616	742	3,27	570	0,950	0,975	39/35
0,5553	–0,0041	1	0	1	1	1	6,7	560	719	3,45	582	0,997	0,998	31/26
0,5433	–0,0021	3	2	53.3	3.3	4.3	7,1	618	716	3,84	600	0,988	0,991	35/29
0,5450	–0,0083	3	2	52.3	1	3.3	5,6	643	717	3,75	740	0,977	0,988	37/30

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-LAK9* 691547.351	1,69100	54,71	0,012631	1,69401	54,48	0,012738	1,68497	1,68716	1,70051	1,70667	1,71239
N-LAK10 720506.369	1,72003	50,62	0,014224	1,72341	50,39	0,014357	1,71328	1,71572	1,73077	1,73779	1,74438
N-LAK12 678552.410	1,67790	55,20	0,012281	1,68083	54,92	0,012396	1,67209	1,67419	1,68717	1,69320	1,69882
N-LAK14 697554.363	1,69680	55,41	0,012575	1,69980	55,19	0,012679	1,69077	1,69297	1,70626	1,71237	1,71804
N-LAK21 640601.374	1,64049	60,10	0,010657	1,64304	59,86	0,010743	1,63538	1,63724	1,64850	1,65366	1,65844
N-LAK22 651559.377	1,65113	55,89	0,011650	1,65391	55,63	0,011755	1,64560	1,64760	1,65992	1,66562	1,67092
N-LAK28 744508.409	1,74429	50,77	0,014660	1,74778	50,54	0,014797	1,73734	1,73985	1,75535	1,76257	1,76931
N-LAK33B 755523.422	1,75500	52,30	0,014436	1,75844	52,07	0,014566	1,74814	1,75062	1,76589	1,77296	1,77954
N-LAK34 729545.402	1,72916	54,50	0,013379	1,73235	54,27	0,013493	1,72277	1,72509	1,73923	1,74575	1,75180

*** Verfügbar in Stufe 0,5**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5447	–0,0071	3	3	52	1.2	4.3	6,3	656	722	3,51	700	0,980	0,988	37/31
0,5515	–0,0072	2	2	52.3	1	3	5,7	636	714	3,69	780	0,964	0,980	38/33
0,5485	–0,0024	3	1	53.3	3.3	4.3	7,6	614	714	4,10	560	0,976	0,981	37/31
0,5427	–0,0079	3	2	52.3	1	3	5,5	661	734	3,63	730	0,981	0,988	36/27
0,5411	–0,0017	4	2	53.2	4.3	4.3	6,8	639	716	3,74	600	0,979	0,985	37/31
0,5467	–0,0031	2	2	51.2	1	2.3	6,6	689		3,77	600	0,991	0,993	34/28
0,5499	–0,0085	2	1	52.3	1	3.3	5,7	625		4,09	740	0,950	0,980	40/34
0,5473	–0,0085	1	1	51.3	1	2	5,8	668	750	4,22	797	0,980	0,988	37/28
0,5443	–0,0079	1	0	52.3	1	2.3	5,8	668	740	4,02	740	0,981	0,989	37/28

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
LLF1 548458.294	1,54814	45,75	0,011981	1,55099	45,47	0,012118	1,54256	1,54457	1,55725	1,56333	1,56911
N-BAF4 606437.289	1,60568	43,72	0,013853	1,60897	43,43	0,014021	1,59926	1,60157	1,61624	1,62336	1,63022
N-BAF10 670471.375	1,67003	47,11	0,014222	1,67341	46,83	0,014380	1,66339	1,66578	1,68083	1,68801	1,69480
N-BAF51 652450.333	1,65224	44,96	0,014507	1,65569	44,67	0,014677	1,64551	1,64792	1,66328	1,67065	1,67766
N-BAF52 609466.305	1,60863	46,60	0,013061	1,61173	46,30	0,013211	1,60254	1,60473	1,61856	1,62521	1,63157

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5660	–0,0009	1	0	1	2	1	8,1	431	628	2,94	450	0,997	0,998	33/31
0,5733	0,0030	1	0	1	1.2	1.3	7,2	580	709	2,89	610	0,946	0,976	39/35
0,5629	–0,0016	1	0	4.3	1.3	1	6,2	660	790	3,75	620	0,950	0,976	39/35
0,5670	–0,0012	2	0	5.4	1.3	1	8,4	569	712	3,33	560	0,954	0,976	39/34
0,5678	0,0024	1	0	1	1.3	1	6,9	594	716	3,05	600	0,950	0,975	39/35

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
LF5 581409.322	1,58144	40,85	0,014233	1,58482	40,57	0,014413	1,57489	1,57723	1,59231	1,59964	1,60668
N-F2 620364.265	1,62005	36,43	0,017020	1,62408	36,16	0,017258	1,61229	1,61506	1,63310	1,64209	1,65087
F2 620364.360	1,62004	36,37	0,017050	1,62408	36,11	0,017284	1,61227	1,61503	1,63310	1,64202	1,65064
F2HT 620364.360	1,62004	36,37	0,017050	1,62408	36,11	0,017284	1,61227	1,61503	1,63310	1,64202	1,65064
F5 603380.347	1,60342	38,03	0,015867	1,60718	37,77	0,016078	1,59616	1,59875	1,61556	1,62381	1,63176
N-BASF2 664360.315	1,66446	36,00	0,018457	1,66883	35,73	0,018720	1,65607	1,65905	1,67862	1,68838	1,69792
N-BASF64 704394.320	1,70400	39,38	0,017875	1,70824	39,12	0,018105	1,69578	1,69872	1,71765	1,72690	1,73581

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5748	–0,0003	2	0	1	2.3	2	9,1	419	585	3,22	450	0,997	0,997	34/31
0,5881	0,0056	1	0	1	1	1	7,8	569	686	2,65	600	0,946	0,980	39/36
0,5828	0,0002	1	0	1	2.3	1.3	8,2	434	594	3,60	420	0,994	0,996	35/32
0,5828	0,0002	1	0	1	2.3	1.3	8,2	434	594	3,60	420	0,996	0,997	35/32
0,5795	–0,0003	1	0	1	2.3	2	8,0	438	608	3,47	450	0,993	0,995	35/32
0,5890	0,0057	1	0	1	1	1	7,1	619	766	3,15	580	0,891	0,954	41/36
0,5769	–0,0006	1	0	3.2	1.2	1	7,3	582	712	3,20	650	0,924	0,950	40/35

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-LAF2 744449.430	1,74397	44,85	0,016588	1,74791	44,57	0,016780	1,73627	1,73903	1,75659	1,76500	1,77298
N-LAF7 750348.373	1,74950	34,82	0,021525	1,75459	34,56	0,021833	1,73972	1,74320	1,76602	1,77741	1,78854
N-LAF21 788475.428	1,78800	47,49	0,016593	1,79195	47,25	0,016761	1,78019	1,78301	1,80056	1,80882	1,81657
N-LAF33 786441.436	1,78582	44,05	0,017839	1,79007	43,80	0,018038	1,77751	1,78049	1,79937	1,80837	1,81687
N-LAF34 773496.424	1,77250	49,62	0,015568	1,77621	49,38	0,015719	1,76515	1,76780	1,78427	1,79196	1,79915

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5656	–0,0027	2	3	52.2	1	2.2	8,1	653	734	4,30	530	0,933	0,965	40/34
0,5894	0,0042	1	2	51.3	1.2	1.2	7,3	568	669	3,73	530	0,905	0,948	41/36
0,5555	–0,0084	1	1	51.3	1	1.3	6,0	653	729	4,28	730	0,966	0,981	39/32
0,5626	–0,0071	1	2	52.2	1	3	5,6	600	673	4,36	730	0,963	0,978	39/32
0,5518	–0,0085	1	1	51.3	1	1	5,8	668	745	4,24	770	0,980	0,988	38/30

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-LASF9 850322.441	1,85025	32,17	0,026430	1,85650	31,93	0,026827	1,83834	1,84255	1,87058	1,88467	1,89845
N-LASF31A 883408.551	1,88300	40,76	0,021663	1,88815	40,52	0,021921	1,87298	1,87656	1,89950	1,91050	1,92093
LASF35 022291.541	2,02204	29,06	0,035170	2,03035	28,84	0,035721	2,00628	2,01185	2,04916	2,06805	2,08663
N-LASF40 834373.443	1,83404	37,30	0,022363	1,83935	37,04	0,022658	1,82380	1,82745	1,85114	1,86275	1,87393
N-LASF41 835431.485	1,83501	43,13	0,019361	1,83961	42,88	0,019578	1,82599	1,82923	1,84972	1,85949	1,86872
N-LASF43 806406.426	1,80610	40,61	0,019850	1,81081	40,36	0,020089	1,79691	1,80020	1,82122	1,83137	1,84106
N-LASF44* 804465.444	1,80420	46,50	0,017294	1,80832	46,25	0,017476	1,79609	1,79901	1,81731	1,82594	1,83405
N-LASF45 801350.363	1,80107	34,97	0,022905	1,80650	34,72	0,023227	1,79066	1,79436	1,81864	1,83068	1,84237
N-LASF46B 904313.451	1,90366	31,32	0,028852	1,91048	31,09	0,029289	1,89065	1,89526	1,92586	1,94130	1,95647
N-LASF55 954306.486	1,95380	30,56	0,031211	1,96118	30,33	0,031688	1,93976	1,94473	1,97783	1,99454	2,01096

*** Verfügbar in Stufe 0,5**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5934	0,0037	1	0	2	1	1	7,4	683	817	4,41	515	0,799	0,901	41/36*
0,5667	–0,0085	1	0	2.3	1	1	6,7	719	830	5,51	650	0,933	0,960	38/33*
0,5982	0,0033	1	0	1.3	1	1.3	7,4	774		5,41	810	0,634	0,787	45/37*
0,5786	–0,0024	1	1	51.2	1	1.3	5,8	590	677	4,43	580	0,891	0,937	39/35*
0,5629	–0,0083	1	1	4	1	1	6,2	651	739	4,85	760	0,948	0,967	37/32*
0,5703	–0,0052	1	1	51.3	1	2	5,5	614	699	4,26	720	0,919	0,954	42/34
0,5572	–0,0084	1	1	4	1	1	6,2	655	742	4,44	770	0,963	0,980	40/31
0,5859	0,0009	1	0	3.2	1	1	7,4	647	773	3,63	630	0,857	0,924	44/35
0,5956	0,0045	1	0	3.3	1	1	6,0	611	703	4,51	712	0,815	0,901	41/37*
0,5961	0,0037	1	0	2.3	1	1	6,6	718	796	4,86	710	0,650	0,810	44/37*

* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-SF1 717296.303	1,71736	29,62	0,024219	1,72308	29,39	0,024606	1,70651	1,71035	1,73605	1,74919	1,76224
N-SF2 648338.272	1,64769	33,82	0,019151	1,65222	33,56	0,019435	1,63902	1,64210	1,66241	1,67265	1,68273
N-SF4 755274.315	1,75513	27,38	0,027583	1,76164	27,16	0,028044	1,74286	1,74719	1,77647	1,79158	1,80668
N-SF5* 673323.286	1,67271	32,25	0,020858	1,67763	32,00	0,021177	1,66330	1,66664	1,68876	1,69998	1,71106
N-SF6 805254.337	1,80518	25,36	0,031750	1,81266	25,16	0,032304	1,79114	1,79608	1,82980	1,84738	1,86506
N-SF6HT 805254.337	1,80518	25,36	0,031750	1,81266	25,16	0,032304	1,79114	1,79608	1,82980	1,84738	1,86506
N-SF6HTultra 805254.337	1,80518	25,36	0,031750	1,81266	25,16	0,032304	1,79114	1,79608	1,82980	1,84738	1,86506
N-SF8 689313.290	1,68894	31,31	0,022005	1,69413	31,06	0,022346	1,67904	1,68254	1,70589	1,71775	1,72948
N-SF10 728285.305	1,72828	28,53	0,025524	1,73430	28,31	0,025941	1,71688	1,72091	1,74800	1,76191	1,77578
N-SF11 785257.322	1,78472	25,68	0,030558	1,79192	25,47	0,031088	1,77119	1,77596	1,80841	1,82533	1,84235

*** Verfügbar in Stufe 0,5**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}{}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,6037	0,0097	1	0	1	1	1	9,1	553	660	3,03	540	0,867	0,946	41/36
0,5950	0,0081	1	0	1	1.2	1	6,7	608	731	2,72	539	0,928	0,970	40/36
0,6096	0,0118	1	0	1.3	1	1	9,5	570	661	3,15	520	0,830	0,916	43/36
0,5984	0,0088	1	0	1	1	1	7,9	578	693	2,86	620	0,905	0,963	40/36
0,6158	0,0146	1	0	2	1	1	9,0	589	669	3,37	550	0,821	0,919	44/37
0,6158	0,0146	1	0	2	1	1	9,0	589	669	3,37	550	0,877	0,937	44/37
0,6158	0,0146	1	0	2	1	1	9,0	589	669	3,37	550	0,887	0,945	43/37
0,5999	0,0087	1	0	1	1	1	8,6	567	678	2,90	600	0,901	0,950	41/36
0,6066	0,0108	1	0	1	1	1	9,4	559	652	3,05	540	0,837	0,924	42/36
0,6156	0,0150	1	0	1	1	1	8,5	592	688	3,22	615	0,815	0,919	44/37

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-SF14 762265.312	1,76182	26,53	0,028715	1,76859	26,32	0,029204	1,74907	1,75356	1,78405	1,79986	1,81570
N-SF15 699302.292	1,69892	30,20	0,023142	1,70438	29,96	0,023511	1,68854	1,69222	1,71677	1,72933	1,74182
N-SF57 847238.353	1,84666	23,78	0,035604	1,85504	23,59	0,036247	1,83099	1,83650	1,87432	1,89423	1,91440
N-SF57HT 847238.353	1,84666	23,78	0,035604	1,85504	23,59	0,036247	1,83099	1,83650	1,87432	1,89423	1,91440
N-SF57HTultra 847238.353	1,84666	23,78	0,035604	1,85504	23,59	0,036247	1,83099	1,83650	1,87432	1,89423	1,91440
N-SF66 923209.400	1,92286	20,88	0,044199	1,93322	20,70	0,045076	1,90368	1,91039	1,95739	1,98285	
SF1 717295.446	1,71736	29,51	0,024307	1,72310	29,29	0,024687	1,70647	1,71031	1,73610	1,74916	1,76201
SF2* 648339.386	1,64769	33,85	0,019135	1,65222	33,60	0,019412	1,63902	1,64210	1,66238	1,67249	1,68233
SF3 740282.464	1,74000	28,20	0,026244	1,74620	27,98	0,026667	1,72829	1,73242	1,76027	1,77446	1,78846
SF4 755276.479	1,75520	27,58	0,027383	1,76167	27,37	0,027829	1,74300	1,74730	1,77636	1,79121	1,80589

*** Verfügbar in Stufe 0,5**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,6122	0,0130	1	0	1	1	1	9,4	566	657	3,12	515	0,891	0,946	42/36
0,6038	0,0108	1	0	1	1	1	8,0	580	692	2,92	610	0,857	0,941	42/37
0,6216	0,0178	1	0	1	1	1	8,5	629	716	3,53	520	0,733	0,872	42/37*
0,6216	0,0178	1	0	1	1	1	8,5	629	716	3,53	520	0,793	0,896	41/37*
0,6216	0,0178	1	0	1	1	1	8,5	629	716	3,53	520	0,830	0,917	40/37*
0,6394	0,0307	1	0	1	1	1	5,9	710	800	4,00	440	0,504	0,758	45/39*
0,5983	0,0042	2	1	3.2	2.3	3	8,1	417	566	4,46	390	0,967	0,984	39/34
0,5886	0,0017	1	0	2	2.3	2	8,4	441	600	3,86	410	0,981	0,990	37/33
0,6020	0,0056	1	2	4.3	2.3	2.3	8,4	415	548	4,64	380	0,940	0,971	40/35
0,6036	0,0062	1	2	4.3	2.3	3.3	8,0	420	552	4,79	390	0,954	0,980	40/35

* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
SF5 673322.407	1,67270	32,21	0,020885	1,67764	31,97	0,021195	1,66327	1,66661	1,68876	1,69986	1,71069
SF6 805254.518	1,80518	25,43	0,031660	1,81265	25,24	0,032201	1,79117	1,79609	1,82970	1,84707	1,86436
SF6HT 805254.518	1,80518	25,43	0,031660	1,81265	25,24	0,032201	1,79117	1,79609	1,82970	1,84707	1,86436
SF10 728284.428	1,72825	28,41	0,025633	1,73430	28,19	0,026051	1,71681	1,72085	1,74805	1,76198	1,77579
SF11 785258.474	1,78472	25,76	0,030467	1,79190	25,55	0,030997	1,77125	1,77599	1,80834	1,82518	1,84208
SF56A 785261.492	1,78470	26,08	0,030092	1,79180	25,87	0,030603	1,77136	1,77605	1,80800	1,82449	1,84092
SF57 847238.551	1,84666	23,83	0,035536	1,85504	23,64	0,036166	1,83102	1,83650	1,87425	1,89393	1,91366
SF57HTultra* 847238.551	1,84666	23,83	0,035536	1,85504	23,64	0,036166	1,83102	1,83650	1,87425	1,89393	1,91366

*** Verfügbar in Stufe 0,5**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5919	0,0023	1	1	2	2.3	3	8,2	425	580	4,07	410	0,980	0,989	37/33
0,6102	0,0092	2	3	51.3	2.3	3.3	8,1	423	538	5,18	370	0,915	0,967	42/36
0,6102	0,0092	2	3	51.3	2.3	3.3	8,1	423	538	5,18	370	0,941	0,977	41/36
0,6046	0,0085	1	0	1	1.2	2	7,5	454	595	4,28	430	0,862	0,967	41/37
0,6147	0,0142	1	0	1	1.2	1	6,1	503	635	4,74	450	0,525	0,867	44/39
0,6098	0,0098	1	1	3.2	2.2	3.2	7,9	429	556	4,92	380	0,857	0,959	42/37
0,6160	0,0123	2	5	52.3	2.3	4.3	8,3	414	507	5,51	350	0,847	0,941	40/37*
0,6160	0,0123	2	5	52.3	2.3	4.3	8,3	414	507	5,51	350	0,924	0,971	39/36*

* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-KZFS2** 558540.255	1,55836	54,01	0,010338	1,56082	53,83	0,010418	1,55337	1,55519	1,56612	1,57114	1,57580
N-KZFS4* 613445.300	1,61336	44,49	0,013785	1,61664	44,27	0,013929	1,60688	1,60922	1,62380	1,63071	1,63723
N-KZFS5* 654397.304	1,65412	39,70	0,016477	1,65803	39,46	0,016675	1,64649	1,64922	1,66667	1,67511	1,68318
N-KZFS8** 720347.320	1,72047	34,70	0,020763	1,72539	34,47	0,021046	1,71099	1,71437	1,73637	1,74724	1,75777
N-KZFS11**/*** 638424.320	1,63775	42,41	0,015038	1,64132	42,20	0,015198	1,63069	1,63324	1,64915	1,65670	1,66385

*** Verfügbar in Stufe 0,5**
**** Verfügbar in Stufe 0,5 nur für feingekühltes Glas**
***** Nur auf Anfrage als Prisma verfügbar**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}{}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5419	–0,0111	1	4	52.3	4.3	4.2	4,4	482	600	2,54	490	0,985	0,990	34/30
0,5590	–0,0100	1	1	3.4	1.2	1	7,3	536	664	3,00	520	0,979	0,984	36/32
0,5710	–0,0060	1	0	1	1	1	6,4	584	739	3,04	555	0,976	0,983	37/32
0,5833	–0,0021	1	0	1	1	1	7,8	509	635	3,20	570	0,963	0,976	38/33
0,5605	–0,0120	1	1	3.4	1	1	6,6	551		3,20	530	0,987	0,990	36/30

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
P-SK57 587596.301	1,58700	59,60	0,009849	1,58935	59,36	0,009928	1,58227	1,58399	1,59440	1,59917	1,60359
P-SK60 610579.308	1,61035	57,90	0,010541	1,61286	57,66	0,010628	1,60530	1,60714	1,61828	1,62340	1,62815
P-LAK35 693532.385	1,69350	53,20	0,013036	1,69661	52,95	0,013156	1,68732	1,68955	1,70334	1,70974	1,71569
P-SF69 723292.293	1,72250	29,23	0,024718	1,72883	29,00	0,025116	1,71144	1,71535	1,74158	1,75502	1,76840
P-LAF37 755457.399	1,75550	45,66	0,016546	1,75944	45,42	0,016722	1,74775	1,75054	1,76804	1,77633	1,78414
P-LASF47 806409.454	1,80610	40,90	0,019709	1,81078	40,66	0,019941	1,79696	1,80023	1,82110	1,83112	1,84064
P-SF68 005210.619	2,00520	21,00	0,047867	2,01643	20,82	0,048826	1,98449	1,99171	2,04262	2,07018	
N-FK51A 487845.368	1,48656	84,47	0,005760	1,48794	84,07	0,005804	1,48379	1,48480	1,49088	1,49364	1,49618
N-FK5 487704.245	1,48749	70,41	0,006924	1,48914	70,23	0,006965	1,48410	1,48535	1,49266	1,49593	1,49894
N-PK52A 497816.370	1,49700	81,61	0,006090	1,49845	81,21	0,006138	1,49408	1,49514	1,50157	1,50450	1,50720

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	n_d ref.*1	After Molding*2 n_d	ν_d	SR-J	WR-J	α (–30/+70)	α (20/300)	T_g	AT	ρ	HK	Abrasion Aa	τ_i (10/400)	FC
0,5412	–0,0024	1,58596	1,5843	59,4	4	1	7,2	8,9	493	522	3,01	535	124	0,994	34/31
0,5427	–0,0037	1,60918	1,6068	57,7	4	3	7,1	8,9	507	547	3,08	601	86	0,997	33/29
0,5482	–0,0061	1,69234	1,6904	53,0	4	3	8,1	9,7	508	544	3,85	616	119	0,988	36/29
0,6050	0,0104	1,72006	1,7155	29,7	1	1	9,0	11,1	508	547	2,93	612	142	0,915	41/36
0,5590	–0,0080	1,75396	1,7508	45,5	4	1	6,3	7,8	506	546	3,99	697	67	0,976	37/31
0,5671	–0,0079	1,80449	1,8016	40,8	3	1	6,0	7,3	530	580	4,54	620	70	0,967	39/33
0,6392	0,0308	2,00365	1,9958	20,9	4	1	8,4	9,7	428	468	6,19	404	298	0,007	49/41*
0,5359	0,0342	1,48597	1,4847	84,2	3	1	12,7	14,8	464	503	3,68	345	528	0,997	34/28
0,5290	0,0036	1,48666	1,485	70,2	5	4	9,2	10,0	466	557	2,45	520	109	0,998	30/27
0,5377	0,0311	1,49640	1,4952	81,3	4	1	13,0	15,0	467	520	3,70	355	526	0,997	34/28

*1 n_d Referenzwert (Kühlrate 25 K/h) *2 SCHOTT spezifischer Pressprozess; für weitere Informationen bitte an SCHOTT wenden
* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-PK51 529770.386	1,52855	76,98	0,006867	1,53019	76,58	0,006923	1,52527	1,52646	1,53372	1,53704	1,54010
N-KZFS2 558540.255	1,55836	54,01	0,010338	1,56082	53,83	0,010418	1,55337	1,55519	1,56612	1,57114	1,57580
N-KZFS4 613445.300	1,61336	44,49	0,013785	1,61664	44,27	0,013929	1,60688	1,60922	1,62380	1,63071	1,63723
N-KZFS11** 638424.320	1,63775	42,41	0,015038	1,64132	42,20	0,015198	1,63069	1,63324	1,64915	1,65670	1,66385
N-KZFS5 654397.304	1,65412	39,70	0,016477	1,65803	39,46	0,016675	1,64649	1,64922	1,66667	1,67511	1,68318
N-KZFS8 720347.320	1,72047	34,70	0,020763	1,72539	34,47	0,021046	1,71099	1,71437	1,73637	1,74724	1,75777
N-LAF33 786441.436	1,78582	44,05	0,017839	1,79007	43,80	0,018038	1,77751	1,78049	1,79937	1,80837	1,81687
N-LASF46B 904313.451	1,90366	31,32	0,028852	1,91048	31,09	0,029289	1,89065	1,89526	1,92586	1,94130	1,95647
SF57 847238.551	1,84666	23,83	0,035536	1,85504	23,64	0,036166	1,83102	1,83650	1,87425	1,89393	1,91366
SF57HTultra 847238.551	1,84666	23,83	0,035536	1,85504	23,64	0,036166	1,83102	1,83650	1,87425	1,89393	1,91366

**** Nur auf Anfrage als Prisma verfügbar**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	n_d ref.*1	After Molding*2 n_d	ν_d	SR-J	WR-J	α (–30/+70)	α (20/300)	T_g	AT	ρ	HK	Abrasion Aa	τ_i (10/400)	FC
0,5401	0,0258	1,52784	1,5267	76,7	3	1	12,4	14,1	487	528	3,86	415	592	0,994	34/29
0,5419	–0,0111	1,55666	1,5534	53,7	6	6	4,4	5,4	472	533	2,54	490	70	0,985	34/30
0,5590	–0,0100	1,61227	1,6100	44,5	6	4	7,3	8,2	536	597	3,00	520	130	0,979	36/32
0,5605	–0,0120	1,63658	1,6341	42,3			6,6	7,6	551		3,20	530	74	0,987	36/30
0,5710	–0,0060	1,65272	1,6498	39,8	1	1	6,4	7,4	584	648	3,04	555	122	0,976	37/32
0,5833	–0,0021	1,71896	1,7158	34,8	1	1	7,8	9,4	509	561	3,20	570	152	0,963	38/33
0,5626	–0,0071	1,78425	1,7811	43,9	6	1	5,6	6,7	600	628	4,36	730	67	0,963	39/32
0,5956	0,0045	1,90165	1,8977	31,4	1	2	6,0	7,1	611	649	4,51	712	55	0,847	40/36*
0,6160	0,0123	1,84608	1,8447	23,6	6	1	8,3	9,2	414	449	5,51	350	344	0,847	40/37*
0,6160	0,0123	1,84608	1,8447	23,7	6	1	8,3	9,2	414	449	5,51	350	344	0,924	39/36*

*1 n_d Referenzwert (Kühlrate 25 K/h) *2 SCHOTT spezifischer Pressprozess; für weitere Informationen bitte an SCHOTT wenden
* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
BK7G18 520636.252	1,51975	63,58	0,008174	1,52170	63,36	0,008233	1,51579	1,51724	1,52587	1,52981	1,53345
K5G20 523568.259	1,52344	56,76	0,009222	1,52564	56,47	0,009308	1,51906	1,52065	1,53040	1,53494	1,53919
LF5G15* 584408.322	1,58397	40,83	0,014301	1,58736	40,55	0,014484	1,57739	1,57974	1,59489	1,60228	
LF5G19 597399.330	1,59655	39,89	0,014954	1,60010	39,60	0,015153	1,58970	1,59214	1,60799	1,61578	1,62330
F2G12 621366.360	1,62072	36,56	0,016979	1,62474	36,30	0,017212	1,61298	1,61573	1,63373	1,64261	1,65121
LAK9G15 691548.353	1,69064	54,76	0,012612	1,69364	54,53	0,012721	1,68462	1,68680	1,70013	1,70630	1,71205
SF6G05 809253.520	1,80906	25,27	0,032015	1,81661	25,08	0,03257	1,79491	1,79988	1,83387		

*** Anfrageglas**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5376	0,0007		0	1	2		7,0	585	722	2,52	580	0,764	0,905	41/37
0,5500	0,0017		0	1	1		9,0	483	679	2,59	510	0,821	0,924	41/37
0,5759	0,0008	2	0	1	1.3	2.3	9,3	407	578	3,22	446	0,569	0,833	43/37
0,5803	0,0036	2–3	2	3.4	2.2	3	10,7	474	606	3,30	410	0,276	0,657	45/39
0,5831	0,0008	1	0	1	1.3	2.3	7,6	435	612	3,61	411	0,246	0,618	46/39
0,5462	–0,0055	1–2	2	53.0	1.3	4.3	6,3	634	710	3,53	721	0,292	0,634	46/38
0,6121	0,0108	4	3	51.3	2.3	3.3	7,8	427	529	5,20	360		–	52/46*

* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
FK3 464658.227	1,46450	65,77	0,007063	1,46619	65,57	0,007110	1,46106	1,46232	1,46978	1,47315	1,47625
N-ZK7** 508612.249	1,50847	61,19	0,008310	1,51045	60,98	0,008370	1,50445	1,50592	1,51470	1,51869	1,52238
K7 511604.253	1,51112	60,41	0,008461	1,51314	60,15	0,008531	1,50707	1,50854	1,51748	1,52159	1,52540
N-BAF3 583466.279	1,58272	46,64	0,012495	1,58569	46,35	0,012637	1,57689	1,57899	1,59222	1,59857	1,60463
BAFN6 589485.317	1,58900	48,45	0,012158	1,59189	48,16	0,012291	1,58332	1,58536	1,59823	1,60436	1,61017
N-KZFS4HT 613445.300	1,61336	44,49	0,013785	1,61664	44,27	0,013929	1,60688	1,60922	1,62380	1,63071	1,63723
N-PSK53 620635.360	1,62014	63,48	0,009769	1,62247	63,19	0,009851	1,61547	1,61717	1,62749	1,63223	1,63662
N-SK10 623570.364	1,62278	56,98	0,010929	1,62539	56,70	0,011029	1,61759	1,61947	1,63102	1,63638	1,64137
N-SK15 623580.362	1,62296	58,02	0,010737	1,62552	57,75	0,010832	1,61785	1,61970	1,63105	1,63629	1,64116
KZFSN5 654396.346	1,65412	39,63	0,016507	1,65803	39,40	0,016701	1,64644	1,64920	1,66668	1,67512	1,68319

**** Nicht verfügbar in Stufe 1/1; für Designs mit engen Toleranzen wird N-ZK7A empfohlen**

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (−30/+70)	T_g	$T_{10}{}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5329	−0,0003	2	3	52.4	2	1	8,2	362	622	2,27	380	0,994	0,995	33/30
0,5370	−0,0039	1	0	2	1.2	2.2	4,5	539	721	2,49	530	0,990	0,992	34/29
0,5422	0,0000	3	0	2	1	2.3	8,4	513	712	2,53	520	0,996	0,996	33/30
0,5669	0,0015	1	0	1	1	1	7,2	583	714	2,79	560	0,959	0,981	39/35
0,5625	0,0002	2	0	2	2	1	7,8	549		3,17	540	0,971	0,981	38/33
0,5590	−0,0100	1	1	3.4	1.2	1	7,3	536	664	3,00	520	0,985	0,988	36/32
0,5423	0,0053	2	1	52.3	1.2	4.3	9,4	618	709	3,60	440	0,985	0,992	36/31
0,5474	−0,0005	3	3	52.2	2	2.2	6,8	633	758	3,64	550	0,988	0,994	36/32
0,5453	−0,0009	3	3	52.2	2	3.2	6,7	641	752	3,62	620	0,984	0,990	36/31
0,5700	−0,0071	3	2	52.3	4.3	4.3	4,5	501		3,46	460	0,976	0,987	37/34

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
N-SF19 667331.290	1,66679	33,12	0,020131	1,67154	32,86	0,020435	1,65769	1,66092	1,68228	1,69309	1,70377
KZFS12 696363.384	1,69600	36,29	0,019179	1,70055	36,06	0,019425	1,68717	1,69033	1,71065	1,72059	1,73017
N-SF64 706302.299	1,70591	30,23	0,023350	1,71142	29,99	0,023720	1,69544	1,69914	1,72392	1,73657	1,74912
N-LAF3 717480.414	1,71700	47,96	0,014950	1,72055	47,68	0,015112	1,71001	1,71252	1,72834	1,73585	1,74293
N-LAF35 743494.412	1,74330	49,40	0,015047	1,74688	49,16	0,015194	1,73620	1,73876	1,75467	1,76212	1,76908
LAFN7 750350.438	1,74950	34,95	0,021445	1,75458	34,72	0,021735	1,73970	1,74319	1,76592	1,77713	1,78798
N-LAK33A 754523.422	1,75393	52,27	0,014424	1,75737	52,04	0,014554	1,74707	1,74956	1,76481	1,77187	1,77845
N-SF56 785261.328	1,78470	26,10	0,030071	1,79179	25,89	0,030587	1,77137	1,77607	1,80800	1,82460	1,84126
N-LAF36 800424.443	1,79952	42,37	0,018871	1,80400	42,12	0,019090	1,79076	1,79390	1,81387	1,82345	1,83252
N-LASF45HT 801350.363	1,80107	34,97	0,022905	1,80650	34,72	0,023227	1,79066	1,79436	1,81864	1,83068	1,84237

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,5976	0,0095	1	0	1	1.2	1	7,2	598	707	2,90	630	0,901	0,950	40/36
0,5778	–0,0050	4	1	53.3	4.3	4.3	5,2	492	549	3,84	440	0,919	0,963	40/35
0,6028	0,0099	1	0	1	1.2	1	8,5	572	685	2,99	620	0,850	0,934	42/37
0,5603	–0,0028	2	3	52.3	1.2	3.3	7,6	646	740	4,14	580	0,954	0,976	39/34
0,5523	–0,0084	2	1	52.3	1	3.3	5,3	589	669	4,12	660	0,976	0,987	38/30
0,5825	–0,0025	3	1	53.3	2.2	4.3	5,3	500	573	4,38	520	0,937	0,976	40/35
0,5473	–0,0086	1	1	51	1	2	5,8	669	744	4,22	740	0,976	0,988	38/30
0,6139	0,0140	1	0	1	1.3	1	8,7	592	691	3,28	560	0,799	0,905	44/37
0,5659	–0,0067	1	2	52.3	1	3.3	5,7	579	670	4,43	680	0,946	0,967	40/33
0,5859	0,0009	1	0	3.2	1	1	7,4	647	773	3,63	630	0,886	0,941	43/35

* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
SFL6 805254.337	1,80518	25,39	0,031708	1,81265	25,19	0,032260	1,79116	1,79609	1,82977	1,84733	1,86500
SFL57 847236.355	1,84666	23,62	0,035841	1,85510	23,43	0,036489	1,83089	1,83643	1,87451	1,89456	1,91488
SF57HT 847238.551	1,84666	23,83	0,035536	1,85504	23,64	0,036166	1,83102	1,83650	1,87425	1,89393	1,91366
N-LASF9HT 850322.441	1,85025	32,17	0,026430	1,85650	31,93	0,026827	1,83834	1,84255	1,87058	1,88467	1,89845
N-LASF46A 904313.445	1,90366	31,32	0,028853	1,91048	31,09	0,029287	1,89064	1,89526	1,92586	1,94129	1,95645

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	α (–30/+70)	T_g	$T_{10}^{7,6}$	ρ	HK	τ_i (10/400)	τ_i (10/420)	FC
0,6159	0,0148	1	0	2	1	1	9,0	585		3,37	570	0,850	0,920	45/37
0,6218	0,0177	1	0	1.3	1	1.3	8,7	598	700	3,55	580	0,525	0,770	44/38*
0,6160	0,0123	2	5	52.3	2.3	4.3	8,3	414	519	5,51	350	0,847	0,964	40/37*
0,5934	0,0037	1	0	2	1	1	7,4	683	817	4,41	515	0,843	0,915	40/36*
0,5953	0,0042	1	0	3	1	1	6,0	638	733	4,45	666	0,815	0,905	41/37*

Glasart	n_d	ν_d	$n_F - n_C$	n_e	ν_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h
P-BK7 516641.243	1,51640	64,06	0,008061	1,51832	63,87	0,008115	1,51248	1,51392	1,52243	1,52628	1,52982
P-PK53 527662.283	1,52690	66,22	0,007957	1,52880	65,92	0,008022	1,52309	1,52447	1,53288	1,53673	1,54029
P-SK57Q1 586595.301	1,58600	59,50	0,009849	1,58835	59,26	0,009928	1,58127	1,58299	1,59340	1,59817	1,60260
P-SK58A 589612.297	1,58913	61,15	0,009634	1,59143	60,93	0,009707	1,58449	1,58618	1,59636	1,60100	1,60530
N-KZFS4HT 613445.300	1,61336	44,49	0,013785	1,61664	44,27	0,013929	1,60688	1,60922	1,62380	1,63071	1,63723
P-SF8 689313.290	1,68893	31,25	0,022046	1,69414	31,01	0,022386	1,67901	1,68252	1,70591	1,71778	1,72950
P-LASF50 809405.454	1,80860	40,46	0,019985	1,81335	40,22	0,020223	1,79934	1,80266	1,82382	1,83399	1,84367
P-LASF51 810409.458	1,81000	40,93	0,019792	1,81470	40,68	0,020025	1,80082	1,80411	1,82506	1,83512	1,84467
P-SF67 907214.424	1,90680	21,40	0,042374	1,91675	21,23	0,043191	1,88833	1,89480	1,93985	1,96401	

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	n_d ref.*1	After Molding*2 n_d	ν_d	SR-J	WR-J	α (–30/+70)	α (20/300)	T_g	AT	ρ	HK	Abrasion Aa	τ_i (10/400)	FC
0,5335	–0,0025	1,51576	1,5144	63,9	1	4	6,0	7,3	498	546	2,43	627	66	0,997	33/30
0,5408	0,0084	1,52567	1,5232	66	3	1	13,3	16,0	383	418	2,83	335	977	0,994	36/31
0,5414	–0,0024	1,58496	1,5833	59,4	4	1	7,2	8,9	493	522	3,01	535	124	0,994	34/31
0,5386	–0,0023	1,58795	1,5860	60,8	4	2	6,8	8,4	510	551	2,97	662	102	0,994	35/31
0,5590	–0,0100	1,61227	1,6100	44,5	6	4	7,3	8,2	536	597	3,00	520	130	0,985	36/32
0,5991	0,0079	1,68623	1,6814	31,7	1	1	9,4	11,1	524	580	2,90	533	200	0,924	40/36
0,5680	–0,0078	1,80699	1,8036	40,3			5,9	7,3	527	571	4,54	655	62	0,967	39/32
0,5670	–0,0080	1,80842	1,8055	40,8	3	1	6,0	7,4	526	570	4,58	722	66	0,967	39/33
0,6334	0,0256	1,90439	1,8998	21,6	1	1	6,2	7,4	539	601	4,24	440	309	0,276	48/39*

*1 n_d Referenzwert (Kühlrate 25 K/h) *2 SCHOTT spezifischer Pressprozess; für weitere Informationen bitte an SCHOTT wenden
* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Glossar

Glascode – Internationaler Glascode aus Brechzahl n_d und Abbezahl ν_d mit Dichte

n_x, ν_x, $n_x - n_y$ – Brechzahl, Abbezahl und Dispersion bei verschiedenen Wellenlängen

$P_{g,F}$, $\Delta P_{g,F}$ – Relative Teildispersion und Abweichung der relativen Teildispersion von der Normalgeraden zwischen der g- und F-Linie

CR – Klima-Resistenzklasse

FR – Flecken-Resistenzklasse

SR – Säure-Resistenzklasse (ISO 8424)

AR – Alkali-Resistenzklasse (ISO 10629)

PR – Phosphat-Resistenzklasse (ISO 9689)

$\alpha(-30/+70)$ – Koeffizient der thermischen Längenausdehnung zwischen –30 °C und +70 °C in 10^{-6}/K

T_g – Transformationstemperatur in °C (ISO 7884-8)

$T_{10^{7,6}}$ – Temperatur des Glases in °C bei einer Viskosität von $10^{7,6}$ dPa · s

ρ – Dichte in g/cm³

HK – Knoophärte (ISO 9385)

$\tau_i(10/400)$ – Reintransmissionsgrad bei 400 nm; Glasdicke: 10 mm

$\tau_i(10/420)$ – Reintransmissionsgrad bei 420 nm; Glasdicke: 10 mm

FC – Farbcode: Wellenlängen für Transmission 0,80 bzw. 0,05; Glasdicke: 10 mm (ISO 12123:2018)

Nur für Gläser zum Blankpressen

Abrasion Aa – Schleifbarkeit gemäß JOGIS

n_d ref. – n_d Referenzwert (Kühlrate 25 K/h)

n_d, ν_d after molding – SCHOTT spezifischer Pressprozess (vorläufige Daten auf einer Kühlrate von 5000 K/h basierend)

SR-J – Säure-Resistenzklasse nach JOGIS

WR-J – Wasser-Resistenzklasse nach JOGIS

AT – Dilatometrischer Erweichungspunkt in °C

$\alpha(20/300)$ – Koeffizient der thermischen Längenausdehnung zwischen +20 °C und +300 °C in 10^{-6}/K

JOGIS – Japanese Optical Glass Industrial Standards

Die Daten stellen den aktuell bekannten Wissensstand dar. Durch den technischen Fortschritt bedingte Änderungen behalten wir uns vor. Das führende Dokument ist der online verfügbare Glaskatalog, siehe www.schott.com.

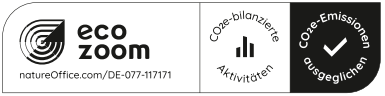
Impressum

Herausgeber
SCHOTT AG
Hattenbergstraße 10
55122 Mainz
Germany
Telefon +49 (0)6131/66-1812
Telefax +49 (0)3641/2888-9047
info.optics@schott.com
schott.com

Gestaltung, Satz und Druckvorstufe
Knecht GmbH, Ockenheim

Druck
Rainer Herrmann GmbH
Raiffeisenstraße 1
55595 Weinsheim



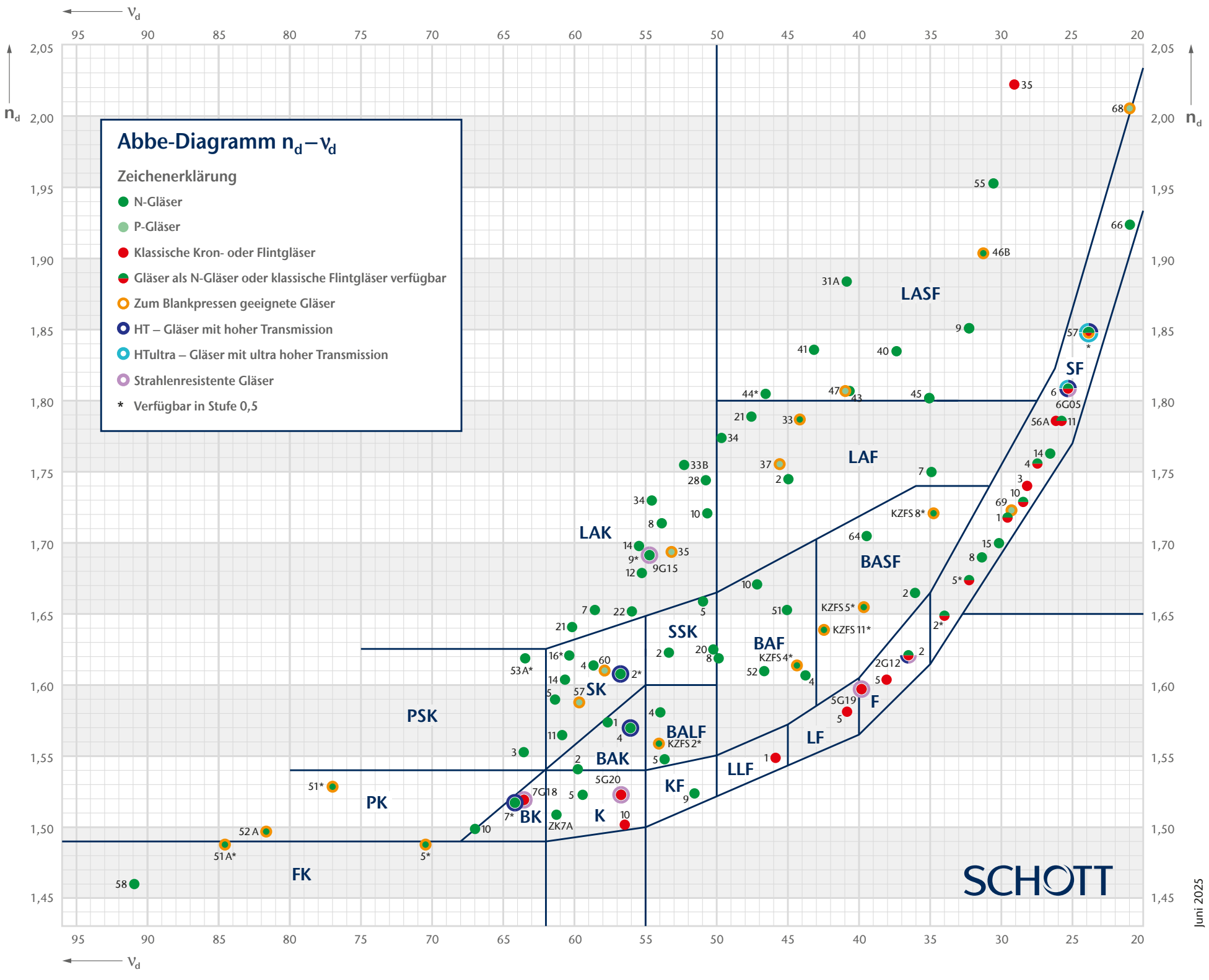


schott.com

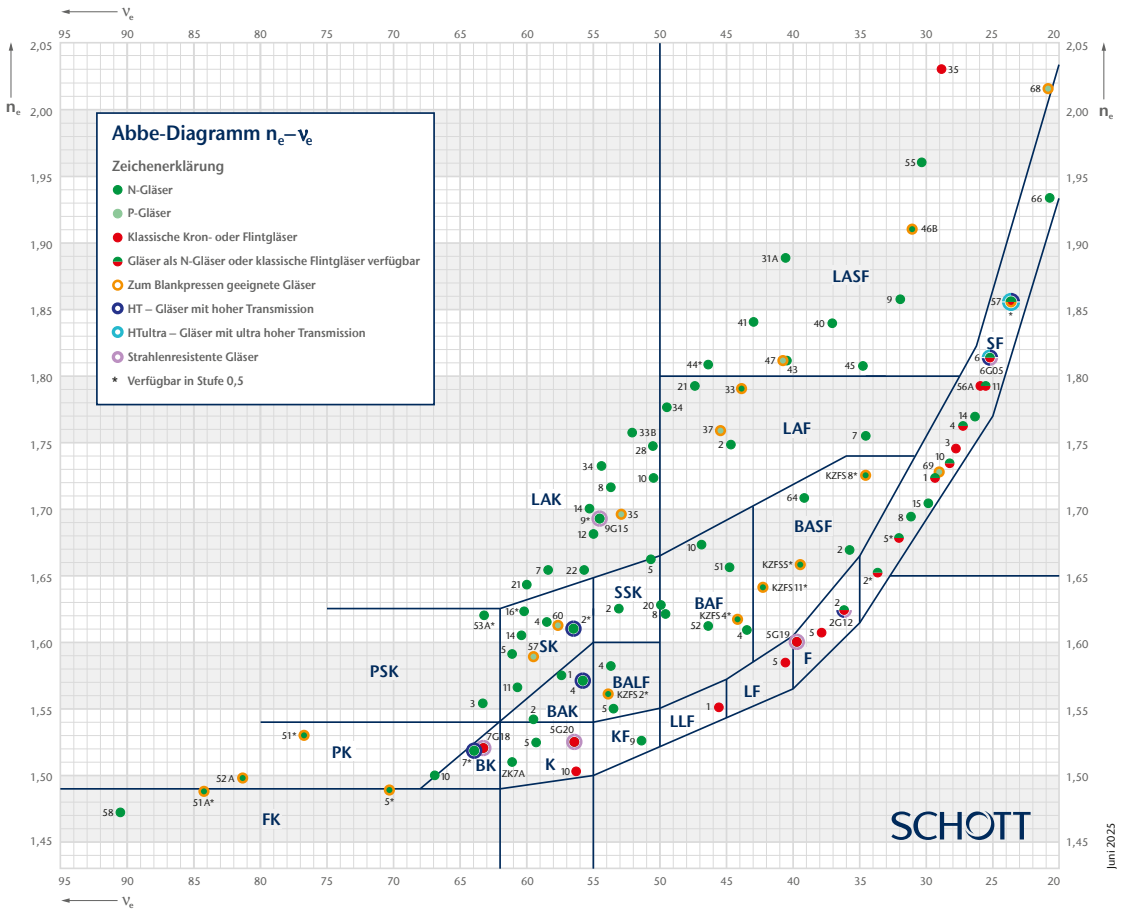
SCHOTT AG, Hattenbergstraße 10, 55122 Mainz, Germany
Telefon +49 (0)6131/66-1812, info.optics@schott.com

10463 GERMAN 06/2025 kn/herrmann Printed in Germany

Abbe-Diagramm $n_d - \nu_d$



Abbe-Diagramm n_e–ν_e



$P_{g,F}$-Diagramm

