



SCHOTT
glass made of ideas

Optisches Glas

Beschreibung der Eigenschaften
2011



SCHOTT
glass made of ideas

Optisches Glas

Beschreibung der Eigenschaften
2011

Inhaltsverzeichnis

Teil I	
Vorwort und Überblick	6
1 Optische Eigenschaften	14
1.1 Brechzahl, Abbezahl, Dispersion, Glasbezeichnung	14
1.2 Toleranzen für die Brechzahl und Abbezahl	15
1.3 Werkzeugeigenschaften für Brechzahlen und Dispersionen	18
1.4 Brechzahl-Homogenität	19
1.5 Reintransmission, Farbcode	21
1.6 Messmöglichkeiten für optische Eigenschaften	23
2 Innere Eigenschaften	24
2.1 Schlieren	24
2.2 Blasen und Einschlüsse	25
2.3 Spannungsdoppelbrechung	27
3 Chemische Eigenschaften	29
3.1 Klima-Resistenz	29
3.2 Flecken-Resistenz	30
3.3 Säure-Resistenz	31
3.4 Alkali- und Phosphat-Resistenz	33
3.5 Kennzeichnung sichtbarer Oberflächenveränderungen	34
3.6 Umweltaspekte, gefährliche Substanzen, RoHS	35
4 Mechanische Eigenschaften	36
4.1 Knoophärtigkeit	36
4.2 Schleifbarkeit	36
4.3 Viskosität	37
4.4 Koeffizient der thermischen Längenausdehnung	38
5 Thermische Eigenschaften	40
5.1 Wärmeleitfähigkeit	40
5.2 Spezifische Wärmekapazität	40
6 Lieferqualität	41
6.1 Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung	41
6.2 Standard Lieferqualität	42
6.3 Erhöhte Lieferqualität	42
7 Lieferformen und Toleranzen	45
7.1 Rohglas	45
7.2 Zugerichtetes Glas	46
7.3 Presslinge	52
7.4 Optische Glasstäbe	54
8 Optisches Glas zum Präzisions-Blankpressen	56

9	Produkt-Portfolio optischer Materialien	58
9.1	Vorzugsmaterialien	58
9.2	Anfragegläser	58
10	Formelsammlung und Wellenlängen-Tabelle.	59
11	Technische Informationen – TIE	65
Teil II		
	Optisches Glas – Eigenschaften 2011	67
	Glossar - Eigenschaften	104
	Ihre Kontakte	106

Tabellen

1	Optische Eigenschaften	
1.1	Beispiele für Glascodes	14
1.2	Toleranzen für Brechzahl und Abbezahl (gemäß ISO 12123)	15
1.3	Toleranzen für die Brechzahl-Streuung innerhalb eines Loses von feingekühltem Glas (gemäß ISO 12123) und innerhalb eines Pressling-Loses	16
1.4	Angaben zu den Brechzahlen und Dispersionen in Standard-Werkszeugnissen	18
1.5	Homogenität optischer Gläser	20
1.6	Messmöglichkeiten für optische Eigenschaften	23
2	Innere Eigenschaften	
2.1	Toleranzgrenzen (gemäß ISO 12123)	25
2.2	Toleranzen für Blasen und Einschlüsse in optischen Gläsern	26
2.3	Grenzwerte der Spannungsdoppelbrechung in vorbearbeiteten Gläsern für verschiedene Abmessungen	28
3	Chemische Eigenschaften	
3.1	Einteilung der optischen Gläser in Klima-Resistenzklassen CR 1–4	29
3.2	Einteilung der optischen Gläser in Flecken-Resistenzklassen FR 0–5	31
3.3	Einteilung der optischen Gläser in Säure-Resistenzklassen SR 1–53	32
3.4	Einteilung der optischen Gläser in Alkali-Resistenzklassen AR 1–4 und Phosphat-Resistenzklassen PR 1–4	34
4	Mechanische Eigenschaften	
4.1	Schleifbarkeit (gemäß ISO 12844)	37
6	Lieferqualität	
6.1	Erhöhte Qualitätsstufen bei verschiedenen Lieferformen	43
7	Lieferformen und Toleranzen	
7.1	Abmessungstoleranzen und Mindestmaße für Platten	47
7.2	Abmessungstoleranzen und Mindestmaße für Rundscheiben	49
7.3	Maße und Toleranzen für bearbeitete Stäbe mit Durchmesser von 6–80 mm	50

Abbildungsverzeichnis

7.4	Maße und Toleranzen für Schnittprismen	51
7.5	Maße und Toleranzen für Presslinge (gemäß DIN 58 926, Teil 2)	52
7.6	Maße und Toleranzen für gepresste Prismen	53
7.7	Optische Glasstäbe – Spezifikationen	55
10	Formelsammlung und Wellenlängen-Tabelle	
10.1	Wellenlängen für eine Auswahl häufig benutzter Spektrallinien.	64

1 Optische Eigenschaften

1.1	Lieferlos-Zusammensetzung von Glas für Heißverarbeitung und feingekühltem Glas	17
1.2	H4-Qualität eines N-BK7®-Rohlings mit 1 m Durchmesser, gemessen mit einer zentralen Apertur von 500 mm	21

Vorwort und Überblick

SCHOTT Advanced Optics – Ihr „Partner for Excellence in Optics“.

Der internationale Technologiekonzern SCHOTT entwickelt und fertigt seit über 125 Jahren Glas, Spezialwerkstoffe und Komponenten.

Advanced Optics, als Teil der SCHOTT AG, bietet optische Materialien, Komponenten und Filter und gilt als Wegbereiter innovativer Lösungen für die verschiedensten Anwendungen. Mit einem Portfolio aus über 100 optischen Gläsern, speziellen Materialien (z. B. aktive Lasergläser, IR-Materialien, Saphir-Glas), ultradünnem Glas, hochpräzisen optischen Komponenten, Wafern und optischen Filtergläsern entwickelt Advanced Optics weltweit maßgeschneiderte Produkte für die 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.



Otto Schott (1851–1935)

Weitere Informationen finden Sie auf unserer Website: http://www.schott.com/advanced_optics/german/index.html

Produkt-Portfolio von Advanced Optics:

Advanced Optics fertigt eine Vielzahl optischer Materialien, Filter und Komponenten. Im Folgenden finden Sie eine kurze Übersicht der Hauptprodukte und -anwendungen.

MATERIALIEN



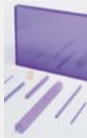
Optisches Glas

SCHOTT bietet ein breites Sortiment an hochwertigen optischen Gläsern, die die Anforderungen unterschiedlichster optischer und industrieller Anwendungen abdecken. Das Portfolio umfasst neben blei- und arsenfreien N-Glastypen, Gläser zum Präzisions-Blankpressen (low Tg-Glas) auch bleioxidhaltige Gläser, die aufgrund ihrer außergewöhnlichen optischen Eigenschaften eine hohe Bedeutung haben. Darüber hinaus werden spezielle Varianten wie z. B. HTultra-Gläser mit außergewöhnlich hoher Transmission geboten.



Low Tg-Glas

Blei- und arsenfreie low Tg-Gläser sind zum Präzisions-Blankpressen (P-Gläser) geeignet. Bei der Entwicklung der Zusammensetzung dieser Gläser stand vor allem die geringe Entglasungsneigung und geringere Reaktion mit den Formmaterialien bei Formgebungstemperatur im Fokus.



Aktive und passive Lasergläser

SCHOTT bietet modernste Phosphat- und Silikat-Lasergläser für Anwendungen in den Bereichen Sicherheit, Medizin (Dermatologie) sowie für Hochenergieanwendungen. Diese Gläser werden als fertige Komponenten mit individueller Politur und Beschichtung kundenspezifisch angeboten.



Strahlenresistentes Glas

SCHOTT bietet verschiedene strahlenresistente Glastypen, die wichtige Teile des Abbe-Diagramms abdecken. Diese Produkte eignen sich vor allem für Anwendungen in der Erdumlaufbahn, wobei sie eine Lebensdauer von bis zu 10 Jahren aufweisen.



Strahlenschutzglas

Strahlenschutzglas wurde speziell für die Anforderungen der Nukleartechnologie entwickelt. Einige unserer Glastypen enthalten Blei, um dessen hohe Strahlenabsorption zu nutzen.



Technisches Glas

Die technischen Gläser von SCHOTT wurden entwickelt, um anwendungsspezifische Anforderungen zu erfüllen. Ein hoher elektrischer Widerstand für hermetische Versiegelungen, herausragende Langzeitfestigkeit in korrosiven Umgebungen sowie hohe Transformationstemperatur des Glases machen sie zur idealen Wahl für Temperaturanwendungen.



IR-Materialien*

SCHOTT bietet Chalkogenid-Gläser mit exzellenter Transmission und geringer Änderung der Brechzahl bei thermischer Belastung und ist in kundenspezifischen Formaten verfügbar. Polykristallines ZnS FLIR und ZnS CLEAR werden unter Anwendung eines CVD-Prozesses hergestellt und sind nach Kundenanforderungen in den verschiedenen Formaten und Größen wie Fenster, Dome oder Linsen-Rohlinge verfügbar. *IR-Materialien werden teilweise von unserem Partner VITRON Spezialwerkstoffe GmbH geliefert.



ZERODUR®

ZERODUR® ist eine Glaskeramik mit Nullausdehnung für Hochpräzisions-Anwendungen, in denen kritische Geometrie und Abstandsgenauigkeit bei Temperaturwechseln exakt eingehalten werden müssen.

Dabei verfügt die Glaskeramik über außergewöhnliche Eigenschaften, wie einen extrem niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, hervorragende Homogenität der thermischen Ausdehnung, gute Bearbeitbarkeit, Polierbarkeit sowie außergewöhnliche chemische Beständigkeit.

FILTER



Optische Filtergläser

Die Filterwirkung von optischen Filtergläsern („Farbgläsern“) beruht auf Absorption, wobei das nicht gewünschte Wellenlängenspektrum absorbiert wird. Beispielsweise lassen IR-Cut Filter (z. B. BG 50) nur das für den Menschen sichtbare Licht durch und blocken das Infrarot-Wellenlängenspektrum. Filtergläser sind robust und können mittels Härtung noch widerstandsfähiger bezüglich thermischer und mechanischer Belastung gemacht werden. SCHOTT bietet über 57 verschiedene Filtergläser für Anwendungen in der Analytik, Fotografie, Medizintechnik und im Laserschutz.



Interferenzfilter – Individuelle Filterfunktionen

Interferenzfilter nutzen die Welleneigenschaft des Lichts – die Interferenz. Bandpass-, Langpass-, Kurzpass- und Bandblock-Filter können mittels dünner optischer Schichten gefertigt werden. Diese dünnen Schichten werden unter Hochvakuum aufgedampft. Dekorative und Barriere-Beschichtungen sind ebenfalls möglich. SCHOTT nutzt hierzu verschiedene Techniken, wie reaktives Aufdampfen im Hochvakuum, reaktives Ionen-Plattieren sowie Magnetron Sputtering. Unsere kundenspezifischen Interferenzfilter kommen in der Medizintechnik, zur Analyse von Trinkwasser und Klärwasser, in der Fluoreszenz-Mikroskopie und vielen weiteren Anwendungen zum Einsatz. Nachbearbeitete Filter, zementiert oder gerahmt, sind ebenfalls verfügbar.

KOMPONENTEN



Substrate und Fenster

SCHOTT ist ein Spezialist für die Herstellung planparallel polierter Substrate von höchster Präzision. Substrate mit einem Durchmesser von bis zu 625 mm, einer Oberflächenebenheit von bis zu $\lambda/20$, einer Rautiefe unter 8 Angstrom sowie Scratch & Digs bis zu 5–2 können erreicht werden. Beschichtungen stehen ebenfalls zur Verfügung.



Linsen

Linsen sind in jedem optischen System unverzichtbar. SCHOTT bietet unterschiedliche Linsentypen an: sphärisch, zylindrisch, asphärisch (gepresst oder CNC-bearbeitet, poliert, beschichtet), Achromate, Doublets und Triplets. Durchmesser von bis zu 200 mm, eine Oberflächenebenheit von bis zu $\lambda/10$, Scratch & Digs von bis zu 10–5 und eine Zentrierung besser als 30 Bogensekunden können erreicht werden.



Prismen

SCHOTT bietet Prismen als transparente optische Elemente mit planpolierten Oberflächen zum Ablenken, Reflektieren oder Streuen von Licht. Lieferbar sind alle Prismentypen, u.a. Porro-, Dachkanten- und rechtwinklige Prismen in Größen von bis zu 200 mm bei einer Oberflächenebenheit von bis zu $\lambda/10$ und Scratch & Digs bis zu 10–5. Verschiedene kundenspezifische Beschichtungen sind ebenfalls verfügbar.



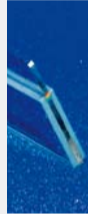
CNC-präzisionsbearbeitete Komponenten

CNC-bearbeitete Teile sind optische Komponenten, die zu komplexen Formen verarbeitet wurden, wie Laser-Gyroskop-Körper, Lithografie-Platten oder leichte Spiegel. In Verbindung mit CAD-Software können nahezu alle geometrischen Formen mit großer Genauigkeit erzeugt werden.



Beschichtungen

SCHOTT bietet Standard- und kundenspezifische Beschichtungen, wobei verschiedene Beschichtungstechniken für ein Wellenspektrum zwischen 200 nm und 3000 nm zur Anwendung kommen. Das Sortiment reicht von Antireflex-Beschichtungen, Spiegeln, dielektrischen Strahlteilern und Polarisatoren bis zu Highend-Interferenz-Filtern mit genauen und steilen Kanten und hohem Sperrbereich. Dabei können Beschichtungen auf viele optische Materialien wie z. B. Quarzglas, optisches Filterglas und optisches Glas aufgebracht werden.



Sub-Assembly

SCHOTT liefert optische und optomechanische Anbauteile gemäß Kundenanforderungen, wie z. B. Filteranordnungen, „Head-up“-Displays für Flugzeuge, Prismenanordnungen und Objektivlinsen. SCHOTT garantiert höchste Präzision und Qualität, solide Verbindung, Vakuumdichtigkeit und optische Eigenschaften (wie Transmission und Reflexion).

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:

- Blei- und arsenfreie N-Gläser
- Low Tg-Gläser für das Präzisions-Blankpressen
- Klassische Glastypen mit Bleioxid als wesentliche Komponente für hervorragende optische Eigenschaften
- Strahlungsresistente Glasarten
- HT- & HTultra-Gläser als optische Gläser mit verbesserten Transmissionswerten im sichtbaren Spektralbereich, insbesondere im blau-violetten Bereich

Bei den genannten Kategorien unterscheidet SCHOTT zwischen **Vorzugsmaterialien**, 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 Datenteil des Katalogs aufgeführt.

Wichtige Definitionen für die im Katalog aufgelisteten Materialien:

Die mit Cer stabilisierten **strahlenresistenten Glastypen** werden eingesetzt, um Transmission unter ionisierender Strahlung aufrecht zu erhalten. Sie zählen zu den Anfragegläsern.

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

Für den Einsatz von Materialien in der Lithografie, für die Transmissionsdaten unter 250 nm erforderlich sind, setzen Sie sich bitte direkt mit



uns in Verbindung, um technische Aspekte näher zu erörtern. Dies gilt auch für **i-Linien-Gläser**, die aufgrund ihrer hervorragenden Transmission im nahen UV-Bereich und der optischen Homogenität in der Lithografie verwendet werden. Gerne stellen wir Ihnen auf Anfrage die jeweiligen Datenblätter und technische Unterstützung zur Verfügung.

Lieferformen

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

Qualitätsmanagement

SCHOTT fertigt, verarbeitet und vertreibt die Produkte gemäß den Richtlinien unseres Integrierten Managementsystems für Sicherheit und Umweltschutz (IMSU), um Umweltverschmutzungen zu vermeiden und die natürlichen Ressourcen zu schonen. Darüber hinaus hat SCHOTT kürzlich Teile der neuen ISO-Norm 12123 „Optics and Photonics – Specification of raw optical glass“ (Optik und Photonik – Spezifikation von optischem Rohglas) umgesetzt, die in dieser aktualisierten Fassung des Katalogs berücksichtigt werden. Referenzen finden sich in den Beschreibungen.



Weitere Produktinformationen

Eines der Hauptanliegen von SCHOTT ist neben der Lieferung moderner Produkte 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 zum Einsatz 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.

Die Angabe des hier gezeigten Stempels im Katalog verweist auf die Verfügbarkeit relevanter TIEs. Eine Übersicht der TIEs befindet sich auf Seite 65 des Katalogs. Detaillierte technische Informationen sind unter http://www.schott.com/advanced_optics/german/our_products/materials/data_tools/index.html gelistet.



1 Optische Eigenschaften

1.1 Brechzahl, Abbezahl, Dispersion, Glasbezeichnung



Als gebräuchlichste Kenngröße zur Charakterisierung eines optischen Glases verwendet man die Brechzahl n_d im mittleren Bereich des sichtbaren Spektrums und die Abbezahl $v_d = (n_d - 1)/(n_f - n_c)$ 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 drei ersten Ziffern geben die Brechzahl n_d wieder, die folgenden drei Ziffern die Abbezahl v_d . Drei zusätzliche Ziffern nach dem Punkt geben die Dichte des Glases an.

Tabelle 1.1: Beispiele für Glascodes

Glasart	n_d	v_d	Dichte	Glascode
N-SF6	1,80518	25,36	3,37	805254.337 blei- und arsenfreies Glas
SF6	1,80518	25,43	5,18	805254.518 klassisches Bleisilikat-Glas

Bei der Spezifikation von optischen Bauelementen werden häufig die auf die e-Linie bezogenen Größen n_e und $v_e = (n_e - 1)/(n_f - n_c)$ verwendet.

Vorzugsglasarten des Lieferprogramms sind im n_d/v_d - oder n_e/v_e -Diagramm in Familien zusammengefasst. Im Datenteil 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 Stufe 3 für v_d . Auf Anfrage kann Material mit engeren Toleranzen geliefert werden.

Tabelle 1.2: Toleranzen für Brechzahl und Abbezahl (gemäß ISO 12123)

	n_d	v_d
Stufe 1	$\pm 0,0002$	$\pm 0,2\%$
Stufe 2	$\pm 0,0003$	$\pm 0,3\%$
Stufe 3	$\pm 0,0005$	$\pm 0,5\%$
Stufe 4	–	$\pm 0,8\%$

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.

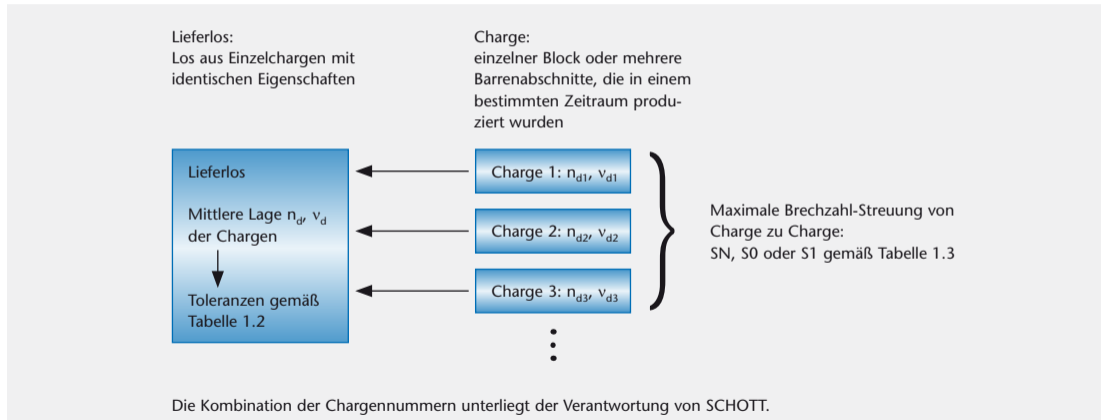
Alle Teile eines Lieferloses von feingekühltem optischem Glas, zugerichtetem Glas oder Presslingen erfüllen die Normalqualität der Brechzahl-Streuung gemäß der folgenden Tabelle 1.3. Auf Anfrage können Teile auch in Lieferlosen mit engerer Brechzahl-Streuung geliefert werden.

Tabelle 1.3: Toleranzen für die Brechzahl-Streuung innerhalb eines Loses von feingekühltem Glas (gemäß ISO 12123) und innerhalb eines Pressling-Loses

Feingekühltes Glas, zugerichtetes Glas		Presslinge	
Streuklasse	Brechzahl-Streuung	Streuklasse ¹⁾	Brechzahl-Streuung
SN	$\pm 1 \cdot 10^{-4}$	LN	$\pm 2 \cdot 10^{-4}$
S0	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$	LH1	$\pm 1 \cdot 10^{-4}$
S1	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$	LH2	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$

¹⁾ Alle Streutoleranzen für Presslinge nur auf Anfrage

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



1.3 Werkzeuge für Brechzahlen und Dispersionen

1.3.1 Standard-Werkzeugnisse

Für alle Lieferungen von feingekühltem optischem Glas werden Standard-Werkzeugnisse 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 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-Werkzeugnissen

n_d	v_d	$n_F - n_C$	$n_F - n_d$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_g - n_F$
n_e	v_e	$n_d - n_C$	$n_F - n_e$	$n_{F'} - n_e$	

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 Werkzeuge mit Standardgenauigkeit, wobei jedoch die Dispersionsangaben sechsstellig sind. Auf An-

frage 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-Goniometer. 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 standardmäßig an Luft bei einer Temperatur von 22 °C und einem Luftdruck von 1013,3 hPa. Temperaturkonstante Messungen können auf Wunsch innerhalb eines Tem-

peraturbereiches von 18 °C bis 28 °C durchgeführt werden. Die jeweilige Messtemperatur und der Druck werden auf dem Prüfschein aufgeführt. Auf Nachfrage sind auch Messungen in Stickstoffatmosphäre möglich.

1.4 Brechzahl-Homogenität



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 Teils im Einsatz ab.

Dabei entspricht diese im Allgemeinen der min./max.-Abweichung der Brechzahl, die aus interferometrisch gemessenen Wellenfrontdeformationen ermittelt wird. 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 Homogenitäts-Verteilung kann auf Anfrage mittels der Brechzahl-Änderung pro cm Apertur ermittelt werden. Dies sollte ebenfalls vorab spezifiziert werden.

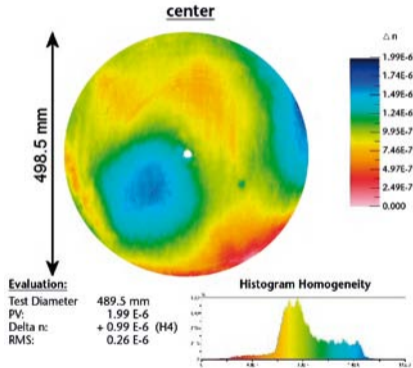
Das Angebot für Gläser mit erhöhten Anforderungen bezüglich Brechzahl-Homogenität umfasst fünf Klassen entsprechend der ISO-Norm 10110, Teil 4 (siehe Tabelle 1.5). Die maximale Abweichung der Brechzahl wird in min./max.-Werten gemäß ISO 12123 ausgedrückt.

Tabelle 1.5: Homogenität optischer Gläser

Homogenitäts-Klasse	Maximale Schwankung der Brechzahl	Anwendbarkeit, Lieferbarkeit
H 1	$40 \cdot 10^{-6}$	Für einzelne zugerichtete Glasstücke
H 2	$10 \cdot 10^{-6}$	Für einzelne zugerichtete Glasstücke
H 3	$4 \cdot 10^{-6}$	Für einzelne zugerichtete Glasstücke, nicht in allen Größen
H 4	$2 \cdot 10^{-6}$	Für einzelne zugerichtete Glasstücke, nicht in allen Größen, nicht für alle Glasarten
H 5	$1 \cdot 10^{-6}$	Für einzelne zugerichtete Glasstücke, nicht in allen Größen, nicht für alle Glasarten



Abb. 1.2: H4-Qualität eines N-BK7®-Rohlings mit 1 m Durchmesser, gemessen mit einer zentralen Apertur von 500 mm



1.5 Reintransmission, Farbcode

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

SCHOTT strebt innerhalb der technischen und ökonomischen Randbedingungen die bestmögliche Reintransmission an.

Die Angaben zu Reintransmission und Farbcode im Datenteil sind mittlere Werte aus mehreren Schmelzen einer Glasart. Auf Anfrage können für alle Glasarten Mindestwerte für die Reintransmission eingehalten werden. Die Lieferfähigkeit muss aber im Vorfeld geklärt werden. Im Datenteil ist die Reintransmission für 400 nm bei einer Probendicke von 10 mm angegeben.

Einige Gläser sind mit verbesserter Reintransmission im visuellen und insbesondere im blau-violetten Spektralbereich erhältlich. Solche Gläser sind mit dem Namenszusatz HT (high transmittance) oder HTultra (ultra high transmittance) gekennzeichnet und werden im Datenteil besonders hervorgehoben (z. B. N-SF6HT oder SF57HTultra). Bei HT- und HTultra-Gläsern entsprechen die angegebenen Reintransmissionswerte im sichtbaren Spektralbereich garantierten Minimalwerten.

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 $\lambda_{80} = 330$ nm und $\lambda_5 = 300$ 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 liegt in der Regel zwischen ± 10 nm.

1.6 Messmöglichkeiten für optische Eigenschaften

Tabelle 1.6 gibt einen Überblick über die Messgenauigkeit bei Messverfahren zur Charakterisierung optischer Eigenschaften bei der Qualitätskontrolle von optischem Glas.

Messung		Genauigkeit		Ausstattung	Spektralbereich	Probe	
						Form	Format
Brechzahl- Messung		Brechzahl	Dispersion	V-Block-Refraktometer	g, F', F, e, d, C', C (v_d, v_e)	Würfel	20 · 20 · 5 mm ³
	Standardmessung	$\pm 3 \cdot 10^{-5}$	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$				
	Standardmessung mit erhöhter Genauigkeit	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$	$\pm 1 \cdot 10^{-5}$		$i, h, g, F', F, e, d, C', C, r, t$ (v_d, v_e)	Würfel	
	Präzisionsmessung	$\pm 0,4 \cdot 10^{-5}$	$\pm 0,2 \cdot 10^{-5}$	Spektrometer	185–2325 nm	Prisma	Seite: 30 mm Höhe: 22 mm
	Reintransmission	$\pm 0,5\% T$ $\pm 0,3\% T$		Spektralphotometer	250–2500 nm 400–700 nm	Würfel	30 · 30 · Dicke mm ³
	Brechzahl-Homogenität	~ 10 nm Wellenfront pv		Interferometer	633 nm	rechtwinklig, rund	bis zu ~ 1.000 mm Durchmesser
	Temperaturkoeffizienten der Brechung	$\pm 5 \cdot 10^{-7} \cdot K^{-1}$		Spektral-Goniometer,	$i, h, g, F', e, d, C', t, 1060$ –100 °C bis +140 °C	Halbprisma, einseitig metallisiert	Seite: 30 mm Höhe: 22 mm
	Präzise Spannungsdoppelbrechung	1 nm absolut (1 mm räumliche Auflösung)		Bildgebendes Polarimeter	587 nm	beliebig	bis zu 300 mm Durchmesser

2 Innere Eigenschaften

2.1 Schlieren



Schwankungen der Brechzahl im Glas mit kurzen Reichweiten bezeichnet man als Schlieren. Sie ähneln Schichten, in denen die Brechzahl mit einer typischen Differenz von Zehnteln bis einigen Millimetern schwankt.

Die Klassifikation von Schlieren im Teil 4 der ISO-Norm 10110 ist nur bedingt zur Spezifikation von optischem Glas in den üblichen Lieferformen anwendbar, da sie sich auf fertige optische Bauteile bezieht. Die ISO-Norm 10110 bewertet die Schlieren in den Klassen 1–4 gemäß ihrer Fläche, bezogen auf die optisch wirksame Gesamtfläche des Bauteils. Dabei werden nur Schlieren berücksichtigt, die eine ebene Wellenfront stärker als 30 nm deformieren.

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 Herstellformate von allen optischen Gläsern von SCHOTT erfüllen die Anforderungen der Klassen 1–4 der ISO-Norm 10110, Teil 4. 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 werden in allen optischen Gläsern mit der Schattenmethode geprüft. Dabei werden Vergleichsstandards mit bekannten Wellenfrontabweichungen herangezogen. Tabelle 2.1 listet die Toleranzgrenzen gemäß ISO 12123 auf.

Tabelle 2.1: Toleranzgrenzen (gemäß ISO 12123)

Schlieren- klasse	Wellenfrontabweichung Toleranzgrenze pro 50 mm Weglänge [nm]	Allgemein anwendbar für
Standard	< 30	Rohglas
VS1 / VS2	nicht sichtbar	zugerichtetes Glas

Qualitätsstufe VS1 kennzeichnet optisches Glas mit verschärfter Schlierenauswahl. Glas dieser Stufe enthält keine mit der Schattenmethode feststellbaren Schlieren. Für Prismenanwendungen bietet SCHOTT die Qualitätsstufe VS2 an. Solche Glasteile erfüllen in zwei zueinander senkrechten Richtungen die Anforderungen der Stufe VS1.

2.2 Blasen und Einschlüsse



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 $\geq 0,03$ mm berücksichtigt. Die Blasenklassen sowie die maximal zulässige Anzahl und der Durchmesser der Blasen und Einschlüsse sind in Tabelle 2.1 angegeben. In den erhöhten Qualitätsstufen VB (verschärfte Blasenauswahl) und EVB (extra verschärfte Blasenauswahl) sind die Gläser nur als zugerichtete Glasstücke lieferbar.

Gemäß ISO 10110, Teil 3 können die Blasen aufgeteilt werden. Anstelle einer Blase mit einer vorgegebenen Größe kann eine größere Anzahl Blasen kleinerer Abmessungen zugelassen werden.

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.

Tabelle 2.2: Toleranzen für Blasen und Einschlüsse in optischen Gläsern

Blasenklasse		B0	B0	B0	B1	B1	B1
Qualitätsstufe			VB	EVB		VB	EVB
Maximal zulässige Querschnittsfläche aller Blasen und Einschlüsse in mm ² pro 100 cm ³ Glasvolumen		0,03	0,01	0,006	0,1	0,03	0,02
Maximal zulässige Anzahl pro 100 cm ³		10	4	2	30	10	4
Maximal zulässiger Durchmesser von Blasen oder Einschlüssen in mm in Tei-	50	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,10
len mit Durchmesser bzw. größter	100	0,15	0,15	0,10	0,20	0,15	0,10
Kantenlänge in mm	200	0,20	0,15	0,10	0,30	0,20	0,10
	300	0,25	0,20	0,10	0,40	0,25	0,10
	500	0,40	–	–	0,60	–	–
	800	0,55	–	–	0,80	–	–

2.3 Spannungsdoppelbrechung



Die Größe und Verteilung der permanenten Eigenspannungen 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-Norm 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 oder weniger 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 2.2 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 vorbearbeiteten Gläsern für verschiedene Abmessungen (\emptyset : Durchmesser oder maximale Länge, d : Dicke)

Abmessungen	Spannungsdoppelbrechung		
	Feinkühlung [nm/cm]	Sonderkühlung (SK) [nm/cm]	Spezialkühlung (SSK) [nm/cm]
$\emptyset \leq 300$ mm $d \leq 60$ mm	≤ 10	≤ 6	≤ 4
$\emptyset: > 300-600$ mm $d: > 60-80$ mm	≤ 12	≤ 6	≤ 4

3 Chemische Eigenschaften



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 nach ISO/WD 13384 angewendet, bei dem polierte, unvergütete Glasplatten einer wasserdampfgesättigten Atmosphäre ausgesetzt werden, deren Temperatur stündlich zwischen 40°C

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

Klima-Resistenzklasse CR	1	2	3	4
Transmissionstrübungszunahme ΔH	< 0,3%	$\geq 0,3\%$ < 1,0%	$\geq 1,0\%$ < 2,0%	$\geq 2,0\%$

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 Beanspruchung herangezogen. Die Messungen werden mit einem Kugel-Hazemeter durchgeführt. Die Klasseneinstufung erfolgt anhand der Transmissionsstrübungszunahme ΔH nach 30-stündiger Beanspruchungszeit. Die Klima-Resistenzklassen sind in Tabelle 3.1 aufgeführt.

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 von 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 braun-blauer 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.

Die Fleckenresistenzklasse 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.

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	I/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

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, $c = 0,5 \text{ mol/l}$, pH 0,3) eingesetzt. Gegenüber Gläsern

mit geringerer Säure-Resistenz kommt eine schwachsaure Lösung vom 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.

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

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	
Zeit (h)	> 100	10–100	1–10	0,1–1	< 0,1	> 10	1–10	0,1–1	< 0,1

denen die Zeitdauer zum Abtrag einer Schichtdicke von $0,1 \mu\text{m}$ beim pH-Wert von 0,3 kleiner als 0,1 h und beim pH-Wert von 4,6 größer als 10 Stunden ist.

3.4 Alkali- und Phosphat-Resistenz

Beide Prüfmethode 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 $0,1 \mu\text{m}$ in einer alkalischen Lösung (Natriumhydroxid, $c = 0,01 \text{ mol/l}$, $\text{pH} = 12$) 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 $0,1 \mu\text{m}$ in einer alkalischen phosphathaltigen Lösung (Pentatriumtriphosphat $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$,

$c = 0,01 \text{ mol/l}$, $\text{pH} = 10$) 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.

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

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.

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 getrübe 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, gefährliche Substanzen, RoHS

Die Produktion, die Verarbeitung und die Auslieferung unserer Materialien stehen in Einklang sowohl mit unserem Integrierten Managementsystem für Sicherheit und Umweltschutz (IMSU) zur Vermeidung von Umweltverschmutzungen und Schonung natürlicher Ressourcen als auch mit unserem Managementsystem (EHS), das die Umwelt, Gesundheit und Sicherheit betrifft. Damit folgen wir den Verfahren und dem Selbstverständnis unseres Qualitätsmanagementsystems.

Der Umgang mit Rohstoffen, das Schmelzen des Gemenges und die Heiß-Formung folgen eingeführ-

ten Sicherheitsbestimmungen. Schlämme vom Schneiden, Schleifen und Polieren müssen entsprechend den Abfallbeseitigungsvorschriften behandelt werden, die durch die örtlichen Behörden vorgeschrieben sind. Glasteile sind weit über das Ende ihres Einsatzes hinaus beständig, ohne irgendwelche ihrer chemischen Bestandteile freizugeben. Ihre Beseitigung ist ein seltener und räumlich zerstreut auftretender Fall und verhindert die mögliche Ansammlung auf ein kritisches Niveau.

Alle Materialien dieses Kataloges entsprechen der Europäischen Richtlinie 2002/95/EG (RoHS) und enthalten weder Quecksilber (Hg), Chrom VI (CrVI), Cadmium (Cd) noch die flammhemmenden Stoffe PBB und PBDE. N- und P-Glasarten entsprechen dem Grenzwert von 0,1 % für Blei in der EG-Richtlinie 2005/618/EG, die die zulässigen Werte für die gefährlichen Substanzen festlegt, die in der RoHS gefordert werden. Die klassischen Glasarten können Bleioxid in größeren Mengen enthalten. Sie sind konform mit der RoHS gemäß der Ausnahme, die in der EU-Kommissions-Entscheidung 2011/65/EU dokumentiert ist. Weiterhin sind alle Materialien konform mit der Europäischen Richtlinie 2006/1907/EC (REACH: Registration, Evaluation and Authorization of Chemical Substances).

4 Mechanische Eigenschaften



4.1 Knoophärte

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 Mikrohärtigkeit ist abhängig von der Größe der Prüfkraft und nimmt mit zunehmender Prüfkraft ab.

4.2 Schleifbarkeit

Die Schleifbarkeit mit Diamantkorn nach ISO 12844 erlaubt den Vergleich des Schleifverhaltens verschiedener Gläser untereinander. Zwanzig Proben des zu klassifizierenden Glases werden mit einem standardisierten Diamant-Pellet-Werkzeug unter festgelegten Bedingungen 30 Sekunden lang geschliffen. Anschließend vergleicht man den Volumen-Abtrag des Glases mit dem des Referenzglases N-SK16. Dabei ist der Wert für N-SK16 willkürlich auf 100 gesetzt.

Die Klassifikation geschieht nach dem folgenden Schema:

Tabelle 4.1: Schleifbarkeitsklassen (gemäß ISO 12844)

Schleifbarkeitsklasse	Schleifbarkeit
HG 1	≤ 30
HG 2	$> 30 \quad \leq 60$
HG 3	$> 60 \quad \leq 90$
HG 4	$> 90 \quad \leq 120$
HG 5	$> 120 \quad \leq 150$
HG 6	> 150

Die Schleifbarkeit von N-SK16 ist als 100 definiert.

Gemäß diesem Schema ist der Abtrag in den niedrigeren Klassen geringer und in den höheren Klassen stärker als bei dem Referenzglas N-SK16.

4.3 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 so genannte 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 eine Deformation von optischen Präzisionsflächen und eine Änderung der Brechzahlen auftreten.

4.4 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 ; $+70^{\circ}\text{C}$) als relevante Angabe für Raumtemperatur (im Datenteil angegeben).

α ($+20^{\circ}\text{C}$; $+300^{\circ}\text{C}$) als international gebräuchlicher Wert für Vergleichszwecke und zur Orientierung bei Verschmelzungsprozessen und Temperaturwechselbelastung.

5 Thermische Eigenschaften



5.1 Wärmeleitfähigkeit

Der Wertebereich der Wärmeleitfähigkeit ist für Gläser bei Raumtemperatur mit den Grenzen $1,38 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ (reines Kieselglas) und etwa $0,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ (hoch bleihaltige Gläser) angegeben. Die am häufigsten verwendeten Silikatgläser liegen zwischen $0,9$ und $1,2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

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

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 wahre Wärmekapazität c_p (20°C) liegt bei Silicatgläsern innerhalb $0,42$ bis $0,84 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$.

6 Lieferqualität

6.1 Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung

Der Geschäftsbereich Advanced Optics der SCHOTT AG in Mainz arbeitet mit einem gemäß ISO 9001/ISO 14001 zertifizierten Qualitätsmanagementsystem. Die Zertifizierung wurde von Lloyd's Register Quality Assurance, Köln, erteilt.

Die Laboratorien für die Messung von physikalischen und chemischen Eigenschaften sind von der deutschen GAZ Gesellschaft für Akkreditierung und Zertifizierung GmbH auf der Grundlage der ISO-Norm 17025:2005-08 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/index_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.

Die professionelle Arbeit mit hochwertigen Materialien erfordert eine genaue Kenntnis ihrer Eigenschaften. Wie schon Fraunhofer erkannte, sind Fortschritte bei der Herstellung von optischen Gläsern und deren Anwendungen stets durch die vorhandenen Messmöglichkeiten begrenzt. Ständig wachsende Qualitätsanforderungen bei industriellen und wissenschaftlichen Anwendungen erfordern daher eine ständige Verbesserung der Messtechnik.

6.2 Standard Lieferqualität

Wenn keine besonderen Qualitätsstufen verlangt werden, wird das Glas in Brechzahl-, Abbezahl-Stufe 3/3 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

Unsere Lieferformen werden gemäß der Tabelle 6.1 in erhöhten Qualitätsstufen angeboten.

Tabelle 6.1: Erhöhte Qualitätsstufen bei verschiedenen Lieferformen

	Barrenglas zur Heißnachverarbeitung	Presslinge	Feingekühltes Glas	Zugerichtetes Glas
Brechzahl –, Abbezahl-Stufen	2, 1 3, 2, 1	2, 1 3, 2, 1	2, 1 3, 2, 1	2, 1 3, 2, 1
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 (DNDD)
Brechzahl-Streuung	S0, S1	LH1, LH2	S0, S1	S0, S1
Homogenität	–	–	–	H1–H5
Spannungsdoppel- brechung	–	SK	SK	SK, SSK
Schlieren	–	VS1	–	VS1, VS2
Blasen/Einschlüsse	–	VB, EVB	–	VB, EVB
Bemerkungen			Mindestens eine Fläche ist bearbeitet	Prüfung Schlieren und Homoge- nität in derselben Richtung

Die innerhalb einer Lieferform angegebenen Qualitätsstufen können miteinander kombiniert werden. Es sind jedoch nicht immer Schmelzen verfügbar, die für beliebige Kombinationen geeignet 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.

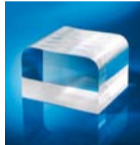
7 Lieferformen und Toleranzen

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*

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 $R_a = 20\text{--}25\ \mu\text{m}$ 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		Mindestdicke ¹⁾ [mm]
	Standard [mm]	Präzision [mm]	Standard [mm]	Präzision [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 $R_a = 20\text{--}25\ \mu\text{m}$ erreicht. Rundscheiben mit deutlich engeren Abmessungstoleranzen und feineren Oberflächen sind auf Anfrage möglich.

Tabelle 7.2: Abmessungstoleranzen und Mindestmaße für Rundscheiben

Durchmesser [mm]	Zulässige Toleranzen				Mindestdicke ¹⁾ [mm]
	Für Durchmesser		Für Dicke		
	Standard [mm]	Präzision [mm]	Standard [mm]	Präzision [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

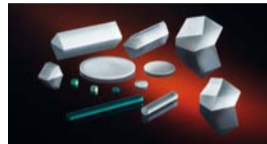


Tabelle 7.5: Maße und Toleranzen für Presslinge (gemäß DIN 58 926, Teil 2)

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

7.3.2 Gepresste Prismen

Gepresste Prismen sind Heißformteile mit einer winkligen, prismatischen Form. Andere Abmessungen sind auf Anfrage möglich.

Beschrieben durch: *Zeichnung*

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

7.4 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 verschiedener einzigartiger Verfahren hergestellt.



Tabelle 7.7 Optische Glasstäbe – Spezifikationen*

Beschreibung	Feuerpolierte Oberfläche		Matte Oberfläche	
	Standardqualität	Premiumqualität	Standardqualität	Premiumqualität
Durchmesser/Toleranz	$\pm 5\%$ der Nennweite	$\pm 3\%$ der Nennweite	$\pm 0,1$ mm	$\pm 0,05$ 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 1.000 mm		Bis zu 150 mm	

* Referenz runde Form und Glasart P-LASF47



8 Optisches Glas zum Präzisions-Blankpressen

Technologien zum Präzisions-Blankpressen von asphärischen Linsen oder Freiformflächen im Allgemeinen haben in den letzten Jahren weltweit immer mehr an Bedeutung gewonnen. Beim Präzisions-Blankpressen werden Vorformen mit sehr guten Oberflächenqualitäten zu asphärischen Geometrien verpresst. Die Oberflächenqualität der Vorform bleibt bei diesem Vorgang erhalten. Das Präzisions-Blankpressen ist ein Niedrigtemperatur-Verformungsprozess, der typischerweise bei Temperaturen zwischen 500 °C und 700 °C stattfindet. Niedrigtemperatur-Prozesse helfen dabei, die Lebensdauer des Formmaterials zu verlängern.

Die neu entwickelten P-Gläser verfügen über eine niedrige Transformationstemperatur T_g und eignen sich dadurch besonders zum Präzisions-Blankpressen. Der Buchstabe „P“ steht für blei- und arsenfreie Gläser, die exklusiv für den Prozess des Präzisions-Blankpressens hergestellt werden. Zusätzlich wurden weitere traditionelle optische Gläser mit niedriger Transformationstemperatur identifiziert, die zum Präzisions-Blankpressen geeignet sind.

Gläser zum Präzisions-Blankpressen sind im Allgemeinen grobgekühlte Gläser in der Brechzahl- und Abbezahl-Stufe 3/3 basierend auf einer Referenzkühlrate von 2 K/h. Die tatsächliche Brechzahl des Glases innerhalb des Lieferloses weicht von diesem Wert ab.

Die schnelle Abkühlrate während des Präzisions-Blankpressens führt zu einer Brechzahländerung, womit sich die Brechzahl des Glases signifikant im Vergleich zu den im Datenblatt angegebenen Werten verringert. Die Brechzahländerung ist definiert als die Differenz zwischen der Brechzahl des Glases nach dem Präzisions-Blankpressen und dem Referenzwert auf der Basis einer Kühlrate von 2 K/h. Die Höhe der Brechzahländerung hängt vom Prozess, der Glasart und der Geometrie der Teile ab.

Der Datenteil enthält die n_d - und Abbezahl-Werte nach der Formgebung mittels eines Referenzprozesses von SCHOTT. Einige dieser Werte sind vorläufige Daten auf der Basis einer theoretischen Referenz-Kühlrate von 5.000 K/h. Der Katalog 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 Datenteil 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 Präzisions-Blankpressen geeignet sind, werden im Datenteil dieses Katalogs aufgeführt. Dies umfasst die neu entwickelten P-Gläser, aber auch die bisher hierfür genutzten Gläser. Der Datenteil zu Low Tg-Gläsern enthält außerdem zusätzliche Informationen zur Säurebeständigkeit nach JOGIS (Japanese Optical Glass Industrial Standard), Schleifbarkeit (Abrasion) nach JOGIS und Fließgrenze/Absenkttemperatur des Glases.

9 Produkt-Portfolio optischer Materialien

9.1 Vorzugsmaterialien

Die im ersten Teil des Datenbereichs aufgelisteten Materialien sind Vorzugsmaterialien. Sie werden ohne eine spezifische Kundenanfrage produziert und für gewöhnlich auf Lager zur sofortigen Lieferung bereitgestellt. Für diese Materialien wird eine verlässliche und langfristige Verfügbarkeit garantiert. Wir empfehlen daher, beim Design neuer optischer Systeme auf Vorzugsmaterialien zurückzugreifen, die in der so genannten Positivliste optischer Gläser zusammengestellt sind. Die aktuelle Version unserer Positivliste optischer Gläser finden Sie auf unserer Internetseite.

9.2 Anfragegläser

Der zweite Abschnitt des Datenteils enthält eine Auswahl an Anfragegläsern, die in der Regel nur auf spezielle Kundenanfrage hin produziert werden. Einige dieser Materialien können aufgrund von lang laufenden Projektgeschäften trotzdem ab Lager zur Verfügung stehen. Im Gegensatz zu den Vorzugsmaterialien 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“

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

Abweichungen ΔP von der „Normalgeraden“

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

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

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

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

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

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

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

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

$$v_d(h_x) = v_d(h_0) + m_{vd} \cdot \log(h_x/h_0) \quad (10.12)$$

$$m_{vd} = (m_{nd} - v_d(h_0) \cdot m_{nF-nC}) / ((n_F - n_C) + 2 \cdot m_{nF-nC} \cdot \log(h_x/h_0)) \quad (10.13)$$

h_0 Ausgangs-Kühlgeschwindigkeit

h_x Neue Kühlgeschwindigkeit

m_{nd} Kühlkoeffizient für die Brechzahl, abhängig von der Glasart

m_{vd} Kühlkoeffizient für die Abbezahl, abhängig von der Glasart

m_{nF-nC} Kühlkoeffizient für die Hauptdispersion, abhängig von der Glasart

Messgenauigkeit der Abbezahl

$$\sigma_{vd} \approx \sigma (n_F - n_C) \cdot v_d / (n_F - n_C) \quad (10.14)$$

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

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

n Brechzahl für die Wellenlänge λ

Umrechnung der Reintransmission auf eine andere Schichtdicke

$$\log \tau_{i1} / \log \tau_{i2} = d_1 / d_2 \text{ oder} \tag{10.19}$$

$$\tau_{i2} = \tau_{i1}^{(d2/d1)} \tag{10.20}$$

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

Spannungsdoppelbrechung, optischer Wegunterschied

$$\Delta s = 10 \cdot K \cdot d \cdot \sigma \text{ in nm} \tag{10.21}$$

K Spannungsoptische Konstante, abhängig von der Glasart in $10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$

d Lichtweglänge in der Probe in cm

σ Mechanische Spannung (positiv für Zugspannung) in N/mm^2 (= MPa)

Homogenität aus interferometrisch gemessenen Wellenfrontabweichungen

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

$$= \Delta W [\lambda] \cdot 633 \cdot 10^{-6} / (2 \cdot d [\text{mm}])$$

bei Angabe der Wellenfrontdeformation in Einheiten der Wellenlänge und einer Prüfwellenlänge von 633 nm (He-Ne-Laser)

ΔW Wellenfrontdeformation bei doppeltem Strahlendurchgang (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)	

Wellenlänge [nm]	Bezeichnung	Verwendete Spektrallinie	Element
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:

http://www.schott.com/advanced_optics/Technische_Informationen



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 3.1)
TIE-31:	Mechanische und thermische Eigenschaften von optischem Glas	(Kapitel 4.1, 4.2, 4.4, 5.1, 5.2)
TIE-35:	Transmission von optischem Glas	(Kapitel 1.5)
TIE-40:	Optisches Glas für das Präzisions-Blankpressen	(Kapitel 8)
TIE-42:	Strahlenresistentes optisches Glas	(Vorwort und Überblick)



SCHOTT
glass made of ideas

Optisches Glas

Eigenschaften
2011

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
1	0	1	2.3	2.3	7,1	557	719	2,51	610	3	0	0,997	33/29
1	0	1	2.3	2.3	7,1	557	719	2,51	610	3	0	0,998	33/29
1	0	1	1	1	5,8	551	753	2,39	560	4	1	0,996	31/27
1	0	1	1	1	8,2	546	720	2,59	530	3	1	0,995	34/30
3	0	2	1	2.3	8,4	513	712	2,53	520	3	1	0,996	33/30
1	0	1	1	1.2	6,5	459	691	2,52	470	4	1	0,994	33/30
1	0	2	1.2	2.2	4,5	539	721	2,49	530	4	1	0,990	34/29

BK
K
ZK

Glasart	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,5472	0,0002
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	0,5437	0,0004
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	0,5487	-0,0010
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	0,5477	-0,0008
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	0,5477	-0,0008
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	0,5448	-0,0004
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	0,5400	-0,0007
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	0,5411	-0,0004
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	0,5415	-0,0003
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	0,5412	-0,0011

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
2	1	3.3	1.2	2	7,6	592	746	3,19	530	2	1	0,996	33/29
2	0	1	1	2.3	8,0	554	727	2,86	530	2	1	0,997	32/28
1	0	1.2	1	1	7,0	581	725	3,05	550	2	0	0,992	36/33
2	0	2.2	1	2.3	6,0	659	823	3,55	550	2	0	0,994	35/30
2	0	2.2	1	2.3	6,0	659	823	3,55	550	2	0	0,996	34/30
3	1	51.2	2	2	6,5	658	769	3,54	580	3	1	0,990	36/32
3	1	4.4	2	1.3	5,5	660	791	3,30	590	3	1	0,992	34/29
2	0	2	1	2.3	6,5	610	760	3,08	570	2	1	0,990	34/29
4	2	51.3	2	2.3	6,0	649	773	3,44	600	3	1	0,990	35/29
4	4	53.3	3.3	3.2	6,3	636	750	3,58	600	4	1	0,988	36/30

BAK
SK

Glasart	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,5558	-0,0014
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	0,5520	-0,0012
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	0,5532	-0,0004
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	0,5526	-0,0016
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	0,5575	-0,0007
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	0,5602	0,0002
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	0,5433	-0,0021
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	0,5450	-0,0083

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
1	0	1	1	1	9,6	476	640	2,50	480	1	1	0,986	37/34
1	0	1	1	1	6,5	578	661	3,11	540	2	1	0,985	37/33
1	0	1	2	1	7,3	558	711	2,61	600	2	1	0,983	37/34
1	0	1.2	1	1	5,8	653	801	3,53	570	3	1	0,981	37/33
2	3	52.2	2.2	3.2	6,8	645	751	3,71	590	5	1	0,959	38/34
1	0	1	1.3	1	7,2	616	742	3,27	570	3	1	0,950	39/35
3	2	53.3	3.3	4.3	7,1	618	716	3,84	600	5	0	0,988	35/29
3	2	52.3	1	3.3	5,6	643	717	3,75	740	2	0	0,977	37/30

KF
BALF
SSK
LAK

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
1	0	1	2	1	8,1	431	628	2,94	450	3	1	0,997	33/31
1	0	1	1.2	1.3	7,2	580	709	2,89	610	3	1	0,946	39/35
1	0	4.3	1.3	1	6,2	660	790	3,75	620	4	1	0,950	39/35
2	0	5.4	1.3	1	8,4	569	712	3,33	560	5	1	0,954	39/34
1	0	1	1.3	1	6,9	594	716	3,05	600	3	1	0,950	39/35

LLF
BAF

Glasart	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,5748	-0,0003
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	0,5881	0,0056
F2^H 620364.360	1,62004	36,37	0,017050	1,62408	36,11	0,017284	1,61227	1,61503	1,63310	1,64202	1,65064	0,5828	0,0002
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	0,5795	-0,0003
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	0,5890	0,0057
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	0,5769	-0,0006

^H Auch in HT- oder HTultra-Qualität verfügbar

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
2	0	1	2.3	2	9,1	419	585	3,22	450	2	1	0,997	34/31
1	0	1	1	1	7,8	569	686	2,65	600	2	1	0,946	39/36
1	0	1	2.3	1.3	8,2	434	594	3,60	420	2	0	0,994	35/32
1	0	1	2.3	2	8,0	438	608	3,47	450	3	0	0,993	35/32
1	0	1	1	1	7,1	619	766	3,15	580	3	1	0,891	41/36
1	0	3.2	1.2	1	7,3	582	712	3,20	650	4	0	0,924	40/35

Glasart	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,5656	-0,0027
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	0,5894	0,0042
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	0,5825	-0,0025
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	0,5555	-0,0084
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	0,5626	-0,0071
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	0,5518	-0,0085
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	0,5523	-0,0084
N-LAF36ⁱ 800424.443	1,79952	42,37	0,018871	1,80400	42,12	0,019090	1,79076	1,79390	1,81387	1,82345	1,83252	0,5659	-0,0067

ⁱ Wird ab 01.01.2014 zum Anfrageglas; für Neudesigns nicht empfohlen.

Glasart	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,5934	0,0037
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	0,5934	0,0037
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	0,5667	-0,0085
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	0,5786	-0,0024
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	0,5629	-0,0083
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	0,5703	-0,0052
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	0,5572	-0,0084
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	0,5859	0,0009
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	0,5859	0,0009
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	0,5953	0,0042
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	0,5956	0,0045

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
1	0	2	1	1	7,4	683	817	4,41	515	4	1	0,799	41/36*
1	0	2	1	1	7,4	683	817	4,41	515	4	1	0,843	40/36*
1	0	2.3	1	1	6,7	719	830	5,51	650	2	1	0,933	38/33*
1	1	51.2	1	1.3	5,8	590	677	4,43	580	1	0	0,891	39/35*
1	1	4	1	1	6,2	651	739	4,85	760	2	0	0,948	37/32*
1	1	51.3	1	2	5,5	614	699	4,26	720	2	1	0,919	42/34
1	1	4	1	1	6,2	655	742	4,44	770	2	0	0,963	40/31
1	0	3.2	1	1	7,4	647	773	3,63	630	3	0	0,857	44/35
1	0	3.2	1	1	7,4	647	773	3,63	630	3	0	0,886	43/35
1	0	3	1	1	6,0	638	733	4,45	666	1	0	0,815	41/37*
1	0	3.3	1	1	6,0	611	703	4,51	712		0	0,847	40/36*

* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

LASF

Glasant	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,6037	0,0097
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	0,5950	0,0081
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	0,6096	0,0118
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	0,5984	0,0088
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	0,6158	0,0146
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	0,6158	0,0146
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	0,6158	0,0146
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	0,5999	0,0087
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	0,6066	0,0108
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	0,6156	0,0150
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	0,6122	0,0130

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
1	0	1	1	1	9,1	553	660	3,03	540	5	1	0,867	41/36
1	0	1	1.2	1	6,7	608	731	2,72	539		1	0,928	40/36
1	0	1.3	1	1	9,5	570	661	3,15	520	6	1	0,830	43/36
1	0	1	1	1	7,9	578	693	2,86	620	3	1	0,905	40/36
1	0	2	1	1	9,0	589	683	3,37	550	4	0	0,821	44/37
1	0	2	1	1	9,0	589	683	3,37	550	4	0	0,877	44/37
1	0	2	1	1	9,0	589	683	3,37	550	4	0	0,887	43/37
1	0	1	1	1	8,6	567	678	2,90	600	4	1	0,901	41/36
1	0	1	1	1	9,4	559	652	3,05	540	5	1	0,837	42/36
1	0	1	1	1	8,5	592	688	3,22	615	4	1	0,815	44/37
1	0	1	1	1	9,4	566	657	3,12	515	5	0	0,891	42/36

SF

Glasart	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,6038	0,0108
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	0,6216	0,0178
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	0,6216	0,0178
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	0,6216	0,0178
N-SF66 923209.400	1,92286	20,88	0,044199	1,93322	20,70	0,045076	1,90368	1,91039	1,95739	1,98285		0,6394	0,0307
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	0,5983	0,0042
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	0,5886	0,0017
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	0,6036	0,0062
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	0,5919	0,0023
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	0,6102	0,0092
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	0,6102	0,0092

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
1	0	1	1	1	8,0	580	692	2,92	610	3	1	0,857	42/37
1	0	1	1	1	8,5	629	716	3,53	520	4	0	0,733	42/37*
1	0	1	1	1	8,5	629	716	3,53	520	4	0	0,793	41/37*
1	0	1	1	1	8,5	629	716	3,53	520	4	0	0,830	40/37*
1	0	1	1	1	5,9	710	806	4,00	440	3	1	0,504	45/39*
2	1	3.2	2.3	3	8,1	417	566	4,46	390	1	1	0,967	39/34
1	0	2	2.3	2	8,4	441	600	3,86	410	2	0	0,981	37/33
1	2	4.3	2.3	3.3	8,0	420	552	4,79	390	1	1	0,954	40/35
1	1	2	2.3	3	8,2	425	580	4,07	410	2	1	0,980	37/33
2	3	51.3	2.3	3.3	8,1	423	538	5,18	370	1	0	0,915	42/36
2	3	51.3	2.3	3.3	8,1	423	538	5,18	370	1	0	0,941	41/36

* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
1	0	1	1.2	2	7,5	454	595	4,28	430	1	0	0,862	41/37
1	0	1	1.2	1	6,1	503	635	4,74	450	1	1	0,525	44/39
1	1	3.2	2.2	3.2	7,9	429	556	4,92	380	1	1	0,857	42/37
2	5	52.3	2.3	4.3	8,3	414	519	5,51	350	1	0	0,847	40/37*
2	5	52.3	2.3	4.3	8,3	414	519	5,51	350	1	0	0,924	39/36*

* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Glasart	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,5419	-0,0111
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	0,5590	-0,0100
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	0,5710	-0,0060
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	0,5833	-0,0021
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	0,5605	-0,0120
KZFS12ⁱ 696363.384	1,69600	36,29	0,019179	1,70055	36,06	0,019425	1,68717	1,69033	1,71065	1,72059	1,73017	0,5778	-0,0050

ⁱ Wird ab 01.01.2012 zum Anfrageglas; für Neudesigns nicht empfohlen.

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
1	4	52.3	4.3	4.2	4,4	491	600	2,54	490	3	1	0,985	34/30
1	1	3.4	1.2	1	7,3	536	664	3,00	520	3	1	0,979	36/32
1	0	1	1	1	6,4	584	739	3,04	555		1	0,976	37/32
1	0	1	1	1	7,8	509	635	3,20	570	4	1	0,963	38/33
1	1	3.4	1	1	6,6	551		3,20	530	3	1	0,987	36/30
4	1	53.3	4.3	4.3	5,2	492	549	3,84	440	4	1	0,919	40/35

KZFS

Gläser zum Präzisions-Blankpressen

Glasant	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,5335	-0,0025
P-PK53 ⁱ 527662.283	1,52690	66,22	0,007957	1,52880	65,92	0,008022	1,52309	1,52447	1,53288	1,53673	1,54029	0,5408	0,0084
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	0,5414	-0,0024
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	0,5412	-0,0024
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	0,5386	-0,0023
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	0,5427	-0,0037
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	0,5991	0,0079
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	0,5482	-0,0061
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	0,6050	0,0104
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	0,5590	-0,0080

ⁱ Wird ab 01.01.2014 zum Anfrageglas; für Neudesigns nicht empfohlen.

n _d ref.*1	After Molding*2		SR-J	WR-J	α (-30/+70)	α (20/300)	T _g	AT	ρ	HK	Abrasion Aa	B	τ_i (10/400)	FC
	n _d	v _d												
1,51576	1,5144*3	63,9*3	1	4	6,0	7,3	498	546	2,43	627	66	1	0,997	33/30
1,52567	1,5232	66	3	1	13,3	16,0	383	418	2,83	335	977	1	0,994	36/31
1,58496	1,5833	59,4	4	1	7,2	8,9	493	522	3,01	535	124	1	0,994	34/31
1,58596	1,5843	59,4	4	1	7,2	8,9	493	522	3,01	535	124	1	0,994	34/31
1,58795	1,5860	60,8	4	2	6,8	8,4	510	551	2,97	662	102	1	0,994	35/31
1,60918	1,6068	57,7	4	3	7,1	8,9	507	547	3,08	601	86	1	0,997	33/29
1,68623	1,6814	31,7	1	1	9,4	11,1	524	580	2,90	533	200	1	0,924	40/36
1,69234	1,6904	53,0	4	3	8,1	9,7	508	544	3,85	616	119	0	0,988	36/29
1,72006	1,7155	29,7	1	1	9,0	11,1	508	547	2,93	612	142	1	0,915	41/36
1,75396	1,7508	45,5	4	1	6,3	7,8	506	546	3,99	697	67	0	0,980	37/31

Low T_g

*1 n_d Referenzwert (Kühlrate 25 K/h) *2 SCHOTT spezifischer Pressprozess; für weitere Informationen bitte an SCHOTT wenden *3 vorläufige Daten

Glasart	n_d	v_d	n_F – n_C	n_e	v_e	n_{F'} – n_{C'}	n_r	n_C	n_{F'}	n_g	n_h	P_{g,F}	ΔP_{g,F}
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	0,5671	-0,0079
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	0,5680	-0,0078
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	0,5670	-0,0080
P-SF67ⁱⁱ 907214.424	1,90680	21,40	0,042374	1,91675	21,23	0,043191	1,88833	1,89480	1,93985	1,96401		0,6334	0,0256
P-SF68 005210.619	2,00520	21,00	0,047867	2,01643	20,82	0,048826	1,98449	1,99171	2,04262	2,07018		0,6392	0,0308
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	0,5359	0,0342
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	0,5290	0,0036
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	0,5377	0,0311
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	0,5401	0,0258

ⁱⁱ Wird ab 01.01.2016 zum Anfrageglas; für Neudesigns nicht empfohlen.

n _d ref.*1	After Molding*2		SR-J	WR-J	α (-30/+70)	α (20/300)	T _g	AT	ρ	HK	Abrasion Aa	B	τ_i (10/400)	FC
	n _d	v _d												
1,80449	1,8016	40,8	3	1	6,0	7,3	530	580	4,54	620	70	1	0,967	39/33
1,80699	1,8036*3	40,3*3			5,9	7,3	527	571	4,54	655	62	1	0,967	39/32
1,80842	1,8056	40,8	3	1	6,0	7,4	526	570	4,58	722	66	1	0,967	39/33
1,90439	1,8998	21,6	1	1	6,2	7,4	539	601	4,24	440	309	1	0,276	48/39*
2,00365	1,9958	20,9	4	1	8,4	9,7	428	468	6,19	404	298		0,007	49/41*
1,48597	1,4847	84,2	3	1	12,7	14,8	464	503	3,68	345	528	1	0,997	34/28
1,48666	1,485	70,2	5	4	9,2	10,0	466	557	2,45	520	109	1	0,998	30/27
1,49640	1,4952	81,3	4	1	13,0	15,0	467	520	3,70	355	526	1	0,997	34/28
1,52784	1,5267	76,7	3	1	12,4	14,1	487	528	3,86	415	592	1	0,994	34/29

*1 n_d Referenzwert (Kühlrate 25 K/h) *2 SCHOTT spezifischer Pressprozess; für weitere Informationen bitte an SCHOTT wenden *3 vorläufige Daten
* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Glasart	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,5419	-0,0111
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	0,5590	-0,0100
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	0,5605	-0,0120
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	0,5710	-0,0060
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	0,5833	-0,0021
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	0,5626	-0,0071
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	0,5956	0,0045
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	0,6160	0,0123
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	0,6160	0,0123

n _d ref.*1	After Molding*2		SR-J	WR-J	α (-30/+70)	α (20/300)	T _g	AT	ρ	HK	Abrasion Aa	B	τ_i (10/400)	FC
	n _d	v _d												
1,55666	1,5534	53,7	6	6	4,4	5,4	472	533	2,54	490	70	1	0,985	34/30
1,61227	1,6100*3	44,5*3	6	4	7,3	8,2	536	597	3,00	520	130	1	0,979	36/32
1,63658	1,6341*3	42,3*3			6,6	7,6	551		3,20	530	74	1	0,987	36/30
1,65272	1,6498*3	39,8*3	1	1	6,4	7,4	584	648	3,04	555	122	1	0,976	37/32
1,71896	1,7158*3	34,8*3	1	1	7,8	9,4	509	561	3,20	570	152	1	0,963	38/33
1,78425	1,7811	43,9	6	1	5,6	6,7	600	628	4,36	730	67	0	0,963	39/32
1,90165	1,8977	31,4	1	2	6,0	7,1	611	649	4,51	712	55	0	0,847	40/36*
1,84608	1,8447	23,6	6	1	8,3	9,2	414	449	5,51	350	344	0	0,847	40/37*
1,84608	1,8447	23,7	6	1	8,3	9,2	414	449	5,51	350	344	0	0,924	39/36*

*1 n_d Referenzwert (Kühlrate 25 K/h) *2 SCHOTT spezifischer Pressprozess; für weitere Informationen bitte an SCHOTT wenden *3 vorläufige Daten
* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Anfragegläser

Klassische Gläser

Glasart	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,5329	-0,0003
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	0,5474	-0,0005
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	0,5453	-0,0009
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	0,5669	0,0015
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	0,5625	0,0002
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	0,5603	-0,0028
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	0,6218	0,0177
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	0,6159	0,0148
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	0,5976	0,0095
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	0,5423	0,0053
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	0,5700	-0,0071

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
2	3	52.4	2	1	8,2	362	622	2,27	380		1	0,994	33/30
3	3	52.2	2	2.2	6,8	633	758	3,64	550	3	1	0,988	36/32
3	3	52.2	2	3.2	6,7	641	752	3,62	620	3	1	0,984	36/31
1	0	1	1	1	7,2	583	714	2,79	560	2	1	0,959	39/35
2	0	2	2	1	7,8	549		3,17	540		1	0,971	38/33
2	3	52.3	1.2	3.3	7,6	646	740	4,14	580	5	1	0,954	39/34
1	0	1.3	1	1.3	8,7	598	700	3,55	580	3	1	0,525	44/38*
1	0	2	1	1	9,0	585		3,37	570		0	0,850	45/37
1	0	1	1.2	1	7,2	598	707	2,90	630	3	1	0,901	40/36
2	1	52.3	1.2	4.3	9,4	618	709	3,60	440	6	1	0,985	36/31
3	2	52.3	4.3	4.3	4,5	501		3,46	460	5	1	0,976	37/34

* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Anfragegläser

Strahlenresistente Gläser – Klassische Gläser

Glasart	n_d	v_d	$n_F - n_C$	n_e	v_e	$n_{F'} - n_{C'}$	n_r	n_C	$n_{F'}$	n_g	n_h	$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$
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	0,6028	0,0099
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	0,6139	0,0140
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	0,5982	0,0033
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	0,5376	0,0007
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	0,5803	0,0036
LF5G15 584408.322	1,58397	40,83	0,014301	1,58736	40,55	0,014484	1,57739	1,57974	1,59489	1,60228		0,5759	0,0008
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	0,5500	0,0017
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	0,5462	-0,0055
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	0,5831	0,0008
SF6G05 809253.520	1,80906	25,28	0,032015	1,81661	25,08	0,03257	1,79491	1,79988	1,83387			0,6121	0,0108

CR	FR	SR	AR	PR	α (-30/+70)	T _g	T _{10^{7,6}}	ρ	HK	HG	B	τ_i (10/400)	FC
1	0	1	1.2	1	8,5	572	685	2,99	620	4	1	0,850	42/37
1	0	1	1.3	1	8,7	592	691	3,28	560	5	1	0,799	44/37
1	0	1.3	1	1.3	7,4	774		5,41	810	1	2	0,634	45/37*
	0	1	2		7,0	585	722	2,52	580		0	0,764	41/37
2-3	2	3.4	2.2	3	10,7	474	606	3,30	410	2	1	0,276	45/39
2	0	1	1.3	2.3	9,3	407	578	3,22	446		1	0,569	43/37
	0	1	1		9,0	483	679	2,59	510		1	0,821	41/37
1-2	2	53.0	1.3	4.3	6,3	634	710	3,53	721		2	0,292	46/38
1	0	1	1.3	2.3	8,1	435	604	3,60	428		1	0,325	45/39
4	3	51.3	2.3	3.3	7,8	427	529	5,20	360		1		52/46*

* Wellenlängen bei Transmission 0,7 und 0,05

Eigenschaften

Glascode	– Internationaler Glascode aus Brechzahl n_d und Abbezahl v_d mit Dichte	HG	– Schleifbarkeitsklasse (ISO 12844)
$n_x, v_x, n_x - n_y$	– Brechzahl, Abbezahl und Dispersion bei verschiedenen Wellenlängen	B	– Blasenklasse
$P_{g,F}, \Delta P_{g,F}$	– Relative Teildispersion und Abweichung der relativen Teildispersion von der Normalgeraden zwischen der g- und F- Linie	τ_1 (10/400)	– Reintransmissionsgrad bei 400 nm; Glasdicke: 10 mm
CR	– Klima-Resistenzklasse (ISO/WD 13384)	FC	– Farbcode: Wellenlängen für Transmission 0,80 bzw. 0,05; Glasdicke: 10 mm (JOGIS)
FR	– Flecken-Resistenzklasse	Nur für Gläser zum Blankpressen	
SR	– Säure-Resistenzklasse (ISO 8424)	Abrasion Aa	– Schleifbarkeit gemäß JOGIS
AR	– Alkali-Resistenzklasse (ISO 10629)	n_d ref.	– n_d Referenzwert (Kühlrate 25 K/h)
PR	– Phosphat-Resistenzklasse (ISO 9689)	n_d, v_d after molding	– SCHOTT spezifischer Pressprozess (vorläufige Daten auf einer Kühlrate von 5000 K/h basierend)
α (-30/+70)	– Koeffizient der thermischen Längenausdehnung zwischen -30°C und +70°C in $10^{-6}/K$	SR-J	– Säure-Resistenzklasse nach JOGIS
T_g	– Transformationstemperatur in °C (ISO 7884-8)	WR-J	– Wasser-Resistenzklasse nach JOGIS
$T_{10}^{7,6}$	– Temperatur des Glases in °C bei einer Viskosität von $10^{7,6}$ dPa s	AT	– dilatometrischer Erweichungspunkt in °C
ρ	– Dichte in g/cm^3	α (+20/+300)	– Koeffizient der thermischen Längenausdehnung zwischen +20°C und +300°C in $10^{-6}/K$
HK	– Knoop Härte (ISO 9385)	JOGIS	– Japanese Optical Glass Industrial Standards

Die Daten stellen den aktuell bekannten Wissensstand dar.

Durch den technischen Fortschritt bedingte Änderungen behalten wir uns vor.



Ihre Kontakte

Ihre Kontakte

Deutschland:

SCHOTT AG

Advanced Optics

Hattenbergstraße 10

55122 Mainz

Deutschland

Telefon +49 (0)6131/66-1812

Telefax +49 (0)3641/2888-9047

info.optics@schott.com

www.schott.com/advanced_optics

Österreich:

SCHOTT Austria GmbH

Ignaz-Köck-Straße 10

1210 Wien

Österreich

Telefon +43 (0)1 290 1748-0

Telefax +43 (0)1 290 1748-20

info.optics@schott.com

www.schott.com/austria

Ihre Kontakte

Schweiz:

SCHOTT Suisse SA, Yverdon

2, Rue Galilée

1401 Yverdon-les-Bains VD

Schweiz

Telefon +41 (0)24/423-9900

Telefax +41 (0)24/423-9910

info.optics@schott.com

www.schott.com/advanced_optics

Notizen

Notizen

SCHOTT AG

Advanced Optics

Hattenbergstraße 10

55122 Mainz

Germany

Telefon +49 (0)6131/66-1812

Telefax +49 (0)3641/2888-9047

info.optics@schott.com

www.schott.com/

[advanced_optics](http://www.schott.com/advanced_optics)