Optisches Filterglas 2026



SCHOTT

Optisches Filterglas

Inhalt

Teil I · Optisches Filterglas – Beschreibung

Vorwort 6

Webshop 10

1 Einführung 12
1.1 Allgemeine Hinweise zu den Katalogangaben 12
1.2 SCHOTT optisches Filterglas: Produktportfolio 12
1.3 Positivliste 13
1.4 Lieferungen 14

2 Nomenklatur und Beschreibung optisches Filterglas 16
2.1 Gruppennamen 16
2.2 Klassifikation nach Material 17

3 Optische Eigenschaften 19
3.1 Brechungsindex 19
3.2 Reflexionsverlust an der Glas-Luft-Grenzfläche . . . 19
3.3 Transmissionsgrad und Reintransmissionsgrad 20
3.4 Abgeleitete optische Größen 22
3.5 Graphen des Transmissionsspektrums 24
3.6 Spektrale Charakterisierung von Filtern 24
3.7 Temperaturabhängigkeit der spektralen Transmission 32
3.8 Lumineszenz/Fluoreszenz 32
3.9 Farbe 32

4 Thermische und mechanische Eigenschaften 36
4.1 Mechanische Dichte ρ in g/cm³ 36
4.2 Knoophärte $HK_{[0.1/20]}$ 36
4.3 Festigkeit 36
4.4 Transformationstemperatur T_g in °C 37
4.5 Thermische Ausdehnung α in 10^{-6}/K 37

5 Chemische Eigenschaften 38
5.1 Fleckenresistenz 38
5.2 Säureresistenz 39
5.3 Alkaliresistenz 40
5.4 Identifikation sichtbarer Oberflächenänderungen . . 41
5.5 Feuchtebeständigkeit 41
5.6 Solarisationseffekt 42

6 Innere Qualität 44
6.1 Blasen und Einschlüsse 44
6.2 Schlieren 45
6.3 Brechzahlhomogenität und Wellenfront 46

7 Weiterbearbeitung optischer Filtergläser 47
7.1 Polierte optische Filter 47
7.2 Thermisches Vorspannen 48
7.3 Beschichtungen 50

Teil II · Optisches Filterglas – Eigenschaften

8 Optisches Filterglas: Produktlinie 54
8.1 Portfoliogläser 54
8.2 Daten und Toleranzen 56

9 Optisches Filterglas: Garantiewerte 56

10 Optisches Filterglas: Referenzwerte 63

11 Reintransmissionsgraphen 69

12 Toleranzen für polierte Filter 85
12.1 Dimensionen 86
12.2 Polierte Oberflächen 87
12.3 Optische Qualität 87

Impressum 88

Optisches Filterglas

Teil I – Beschreibung

Vorwort

SCHOTT Advanced Optics bietet eine Vielfalt optischer Filtergläser für jegliche spektrale Anforderung, um individuelle und kundenorientierte Lösungen zu ermöglichen.

Optisches Filterglas ist bekannt für seine selektive Absorption in bestimmten Wellenlängenbereichen und erscheint farbig, wenn sein Filtereffekt im sichtbaren Lichtspektrum liegt. Filter von SCHOTT sind seit mehr als 140 Jahren für ihre besonders hohe Qualität, Reinheit und hervorragenden Eigenschaften bekannt.

Gegenwärtig umfasst das Portfolio von SCHOTT Advanced Optics mehr als 70 verschiedene optische Filterglastypen, alle produziert mit großer Sorgfalt unter Nutzung hochentwickelter industrieller Prozesse mit folgendem Vorteilen:

- Hohe Transmission
- Hohe Blockung
- Die Filterwirkung hängt fast nicht vom Lichteinfallswinkel ab.
- Ausgezeichnete Qualität, Zuverlässigkeit und Beständigkeit
- Keine Polarisationseffekte
- Erfahrungen mit hohen Anforderungen an Oberflächenqualität, extrem dünne Produkte und enge Toleranzen bei der Bearbeitung/Herstellung komplexer Glastypen
- Exzellente Haftungseigenschaften für optische Beschichtungen
- Alle Farbfiltergläser können als Substrate für Dünnfilmbeschichtung mit Interferenzfiltern genutzt werden. Dadurch lassen sich die spezifischen Vorteile (Absorptionseigenschaften des Farbfilterglases und die Reflexionseigenschaften der Interferenzfilter) zu einem optischen Filter kombinieren.
- In Sonderschmelzen können Glaseigenschaften maßgeschneidert werden, um eine optimale technische Lösung zu bieten.

SCHOTT’s optisches Filterglasportfolio ist das Sortiment der Wahl für Systemdesigner und Optikingenieure und wird ständig entsprechend den Marktbedürfnissen aktualisiert. Durch Weiterentwicklung seiner Fähigkeiten hat SCHOTT kontinuierlich sein Portfolio an optischem Filterglas erweitert.

Folgende Filtergläser wurden in dieser Auflage ergänzt:
- BG47

SCHOTT's optische Filter werden in zwei Teilen beschrieben, wobei der erste Teil mit der Bezeichnung „Beschreibung" Informationen zu den wichtigsten Kriterien für die Materialien und Eigenschaften von optischen Filtern enthält. Der zweite Teil mit der Bezeichnung „Eigenschaften" enthält zusätzlich detaillierte Materialdaten und Spezifikationen.

Wenn Sie Informationen benötigen, die in diesem Katalog nicht aufgeführt sind, wenden Sie sich bitte an einen Vertreter unseres weltweiten Verkaufsteams. Unser globales Expertenteam steht Ihnen beratend zur Seite und hilft, die beste Lösung für Ihre Anwendung zu finden.

Da wir ständig bemüht sind, unsere Produkte durch Innovationen und neue technische Entwicklungen zu Ihrem Vorteil zu verbessern, behalten wir uns das Recht vor, die optischen und nichtoptischen Daten in unserem **Optischen Filterglaskatalog** ohne vorherige Ankündigung zu ändern.

Dieser Katalog wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; Wir übernehmen jedoch keine Haftung für den unwahrscheinlichen Fall, dass inhaltliche oder Druckfehler vorliegen.

Das maßgebliche Dokument ist der online verfügbare Filterglaskatalog, siehe: schott.com/products/optical-filter-glass/downloads.

Die Veröffentlichung dieses Katalogs ersetzt alle früheren Veröffentlichungen.

Januar 2026

Das Titelbild zeigt eine Laserbearbeitungsmaschine mit einem Fenster, das aus einem optischen Filterglas gefertigt ist.



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

Weitere Produktinformationen

Eines der Hauptanliegen von SCHOTT neben der Lieferung moderner Produkte ist die professionelle Unterstützung seiner Kunden. Intensive technische Betreuung, detaillierte Produktinformationen und Anwendungsunterstützung vor und nach dem Kauf eines Produkts sowie die gemeinsame Entwicklung einer kundenspezifischen Lösung sind unsere Alleinstellungsmerkmale. Wir stellen Ihnen detaillierte Datenblätter, Datenbanken für die Verwendung mit optischen Design-Programmen und Übersichtsdiagramme zu den im Katalog gelisteten Materialien zur Verfügung. Mit dem interaktiven Filterglas Kalkulationsprogramm können Sie u.A. dickenspezifische Transmissionskurven erstellen, die optische Dichte bestimmen oder mehrere optische Filter kombinieren.

Qualitätsmanagement

SCHOTT arbeitet mit einem weltweit zentralisierten Managementsystem. Es integriert die Anforderungen von ISO 9001 das Qualitätsmanagement betreffend, ISO 14001 bezüglich des Umweltmanagements, ISO 50001 für das Energiemanagement sowie die Regeln und Standards von SCHOTT zum Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitssystem gemäß ISO 45001. All das sorgt für die Einhaltung von Umweltbestimmungen wie RoHS II und REACH und sichert unser hohes Qualitätsniveau.

Alle optischen Materialien in diesem Katalog entsprechen den Anforderungen der Europäischen Richtlinie 2011/65/EU (RoHS). Die optischen Materialien in diesem Katalog enthalten keinerlei Quecksilber (Hg), Chrom VI (Cr(VI)) oder die Flammschutzmittel PBB und PBDE. Einige der optischen Filtergläser können Blei oder Cadmium enthalten. Sie entsprechen der RoHS Richtlinie gemäß Ausnahme 13b, die in ANHANG III der Richtlinie 2011/65/EU dokumentiert ist. Darüber hinaus erfüllen alle in diesem Katalog behandelten Materialien die Anforderungen der Europäischen Verordnung 2006/1907/EG (REACh: Registrierung, Bewertung und Zulassung chemischer Substanzen).

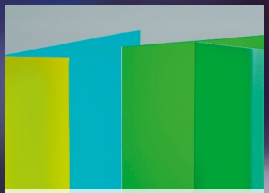
Zudem hat SCHOTT große Teile von ISO 12123:2018 „Optik und Photonik – Spezifikation von optischem Rohglas“ und ISO 10110:2018 implementiert. Verweise sind in den Beschreibungen enthalten.

Willkommen in unserem Shop für optische Materialien

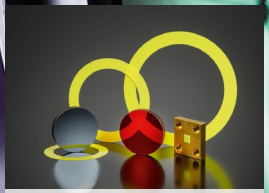
shop.schott.com/advanced-optics



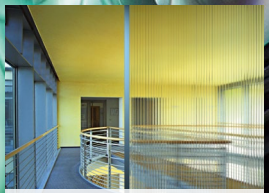
Optisches Glas



Optisches Filterglas



Spezialmaterialien



Architektur & Design

Komfortable Online-Bestellungen

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

Verwalten Sie alle Ihre Aufträge und Angebote

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

Informationen und Downloads

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

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

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

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

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

1 Einführung

1.1 Allgemeine Hinweise zu den Katalogangaben

Alle in diesem Katalog ohne Toleranzen aufgeführten Daten sind als Richtwerte zu verstehen. Nur die in Teil 2 Kapitel 9 als Grenz- oder Garantiewerte aufgelisteten Werte mit Toleranzen sind als solche zu verstehen. Die grafisch dargestellten Reintransmissionskurven sind Referenzkurven und dienen als erste Übersicht, um den für Ihre Anwendung am besten geeigneten Filtertyp zu finden.

Kapitel 1 des Teils „Beschreibung“ enthält einen Überblick über SCHOTT’s optische Filterglasprodukte, Umweltaspekte als auch spezifische Informationen zum optischen Filterglas. Kapitel 2 befasst sich mit der Nomenklatur und Klassifikation der optischen Filtergläser. Kapitel 3 beschreibt optische Eigenschaften wie Brechungsindex, spektrale Charakteristik oder Lumineszenz/Fluoreszenz. Kapitel 4 definiert thermische und mechanische Eigenschaften. Kapitel 5 befasst sich mit chemischen Eigenschaften und Kapitel 6 gibt einen Überblick über innere Qualität. Kapitel 7 behandelt Themen wie die Weiterverarbeitung von optischem Filterglas und Anwendungen.

Alle unsere Filterdatenblätter und das Filterglas-Kalkulationstool sind leicht zugänglich über schott.com/products/optical-filter-glass, und beinhalten auch Filtergläser, die nur auf spezielle Anfrage hergestellt werden.

Sofern nicht anders angegeben, gelten alle Angaben für eine Temperatur von 20 °C.

Auf Anfrage können die Referenzwerte genauer spezifiziert und die garantierten Werte nach Möglichkeit an Ihre Anforderungen angepasst werden. Natürlich können wir Ihnen auch zusätzliche Eigenschaften auf Anfrage vermessen oder zusichern.

1.2 SCHOTT optisches Filterglas: Produktportfolio

Das optische Filterglas-Portfolio von SCHOTT umfasst folgende Filtertypen im Bereich von UV bis NIR:

- **Bandpassfilter**, die selektiv für einen gewünschten Wellenlängenbereich durchlässig sind;
- **Langpassfilter**, die einen unerwünschten kürzeren Wellenlängenbereich blockieren;

- **Kurzpassfilter**, die einen unerwünschten längeren Wellenlängenbereich blockieren;
- **Neutraldichtefilter**, die eine nahezu konstante Transmission aufweisen, insbesondere im sichtbaren Bereich;
- **Laserkavitätenfilter** für optisch gepumpte Laser

Filterglas kann in unterschiedlichen Dicken eingesetzt werden, um die richtige Wirkung zu erzielen. Darüber hinaus verfügt SCHOTT über eine besondere Expertise im Verkitten von Kombinationen mehrerer Filtergläser.

Besonderes Augenmerk wurde auf die qualitativen und quantitativen Beschreibungen von Glas- und Filtereigenschaften gelegt, welche für den Anwender wichtig sind. Hierzu zählen beispielsweise die chemische Beständigkeit, die Blasenqualität und die Toleranzen der Transmissionseigenschaften.

Die Kurven im Teil „Eigenschaften“ fassen ähnliche Farbglastypen zusammen, um die Suche nach dem Filterglas, das für ihre Anwendung am besten geeignet ist, zu vereinfachen. Diese Werte sind als Richtwerte zu verstehen und sollen nur zur ersten Orientierung dienen.

1.3 Positivliste

SCHOTT Advanced Optics bietet eines der weltweit breitesten Portfolios an optischen Filtergläsern. Unsere Portfolio-Gläser werden regelmäßig geschmolzen und sind langfristig verfügbar. Diese Gläser werden mindestens für die nächsten 5 Jahre in unserem Portfolio bleiben. Einzelheiten zu dieser Selbstverpflichtung und unserem Lebenszyklusmanagement finden Sie in unserer Positivliste auf unserer Website, die jedes Jahr aktualisiert wird.

1.4 Lieferungen

Alle Lieferungen unserer Filtergläser werden in Lieferlosen getätigt. Ein solches Lieferlos kann sich unterschiedlich zusammensetzen – aus Einzelchargen oder auch aus Sammelchargen aus mehreren Schmelzchargen je nach Anforderung und Lagerbestand.

Mögliche Abweichungen in der Transmission zwischen einzelnen Schmelzchargen innerhalb einer Sammelcharge liegen immer innerhalb der Toleranzgrenzen unserer spektralen Garantiewerte. In den Wellenlängenbereichen, die weit außerhalb der Garantiewellenlängen liegen, sind aber auch größere Abweichungen möglich. Zu einer Lieferung von matten Platten oder polierten Filtern aus mehreren Einzelchargen werden die Werksprüfzeugnisse jeder Charge mitgeliefert, aber aufgrund von Sammelbearbeitung ist eine Zuordnung eines spezifischen Filterglases zu einem entsprechenden Werkszeugnis im Nachhinein nicht mehr möglich.

Auf Anfrage können die Lieferlose aus nur einer Einzelcharge oder innerhalb von definierten Transmissionstoleranzen selektiert und angeboten werden. Dann wird eine Bestellung unter Umständen mit einer Vielzahl von Lieferlosen bedient. In diesem Fall ist eine Zuordnung jeder einzelnen matten Platte bzw. jedes polierten Filters aufgrund von gesonderter Einzelbearbeitung zu den Werksprüfzeugnissen auch später noch möglich.

Standardlieferung: Charge

Matte Platten oder polierte Filter aus einer oder mehreren Schmelzchargen in Sammelbearbeitung
- **Keine Rückverfolgbarkeit** der Werksprüfzeugnisse zu den einzelnen Produkten.

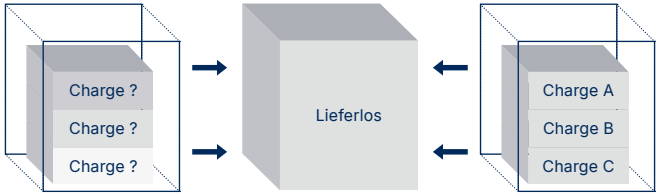
Lieferlos:

Summe aller Chargen in einer Lieferung

Auf Anfrage: Einzelschmelze/Selektierte Schmelzen

Matte Platten oder polierte Filter aus einer Schmelzcharge oder mit individuellen Transmissionstoleranzen in Einzelbearbeitung
- **Rückverfolgbarkeit gegeben:** die Werksprüfzeugnisse jeder Charge können zugeordnet werden.
- u. U. viele kleine Chargen

Mögliche Abweichungen in der Transmission zwischen Schmelzchargen liegen innerhalb der zulässigen Garantiewerte und sind via Werksprüfzeugnis je Lieferlos dokumentiert.



Beschränkung auf Einzelschmelzen bzw. Selektion von definierten Transmissionstoleranzen mit einzeln zuordbaren Werksprüfzeugnissen nach vorheriger Prüfung und Beauftragung

Lieferlos enthält z. B. drei Chargen, die aber nicht mehr einzeln zuzuordnen sind.

Lieferlos enthält z. B. die drei Chargen A, B, C, die zugeordnet werden können.

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

Abb. 1.1
Lieferlos-Zusammensetzung von Filterglas

2 Nomenklatur und Beschreibung optisches Filterglas

Unsere optischen Filtergläser werden unter Verwendung unterschiedlichster Inhaltsstoffe hergestellt und haben zahlreiche optische Eigenschaften. Für unser Portfolio wird eine Nomenklatur verwendet, die eng mit dem farblichen Erscheinungsbild der Filtergläser und ihrer optischen Funktion zusammenhängt.

Viele andere Eigenschaften hängen jedoch auch mit der chemischen Zusammensetzung dieser Gläser zusammen. Im Abschnitt „Klassifizierung nach Materialien“ werden die drei Arten der Chemie beschrieben, die für optische Filtergläser gelten.

2.1 Gruppennamen

Optische Filtergläser sind charakterisiert durch ihre mehr oder weniger selektive Absorption optischer Strahlung. Die optischen Filter erscheinen nur dann farbig, wenn ihre Filterfunktion im sichtbaren Spektralbereich liegt.

Unsere optischen Filtergläser sind nach folgenden Gruppennamen gegliedert:

Kurzpassfilter

KG	Nahezu farbloses Glas mit hoher Transmission im sichtbaren Bereich und hoher Absorption im IR-Bereich (Hitzeschutzfilter)

Langpassfilter

GG	Nahezu farbloses bis gelbes Glas, IR-durchlässig
OG	oranges Glas, IR-durchlässig
RG	Rotes und schwarzes Glas, IR- durchlässig
N-WG	Farbloses Glas mit einer Bandkante im UV, durchlässig im VIS- und IR-Bereich

Bandpassfilter

UG	UV-durchlässiges Glas
BG	Blaues, blau-grünes und Multibandpassglas
VG	Grünes Glas

Neutraldichtefilter

NG Graues Glas mit gleichförmiger Dämpfung im sichtbaren Bereich

NVIS Bandpassfilter

NVIS Glas mit einer speziellen Farbe und hoher optischer Dichte im NIR*

Spezialfilter

S Filter mit speziellen Eigenschaften oder für spezifische Applikationen

Laserkavitätenfilter

S70x Filterglas, das in optisch gepumpten Lasern verwendet wird.

2.2 Klassifikation nach Material

Die verschiedenen optischen Filterglastypen lassen sich aufgrund ihrer Materialzusammensetzung in drei Klassen einteilen:

* NIR wie in ISO 4007 definiert ist der Wellenlängenbereich IR-A von 780 nm bis 1.400 nm

2.2.1 Basisglas

Farbloses (transparentes) optisches Glas, das die Bandkanten an verschiedenen Stellen im UV hat (siehe N-WG Glas).

2.2.2 Ionisch gefärbtes Glas

Ionen von Schwermetallen oder Seltenen Erden können die spektralen Eigenschaften und die Färbung von Gläsern beeinflussen. Diese Wirkung hängt von der Art und Menge der Farbstoffe, der Oxidationsstufe der färbenden Ionen und der Basisglaszusammensetzung ab (siehe UG, BG, VG, NG und KG Gläser, aber auch RG9, RG1000, S8612 und NVIS-Glas).

2.2.3 Kolloidal gefärbtes Glas

Die Farbstoffe in diesen Gläsern werden im Allgemeinen durch sekundäre Wärmebehandlung („Anlaufen“) des anfänglich (fast) farblosen Glases wirksam gemacht. Zu den besonders wichtigen Gläsern in dieser Klasse gehören die gelben, orangefarbenen, roten und schwarzen Langpassfilter mit ihren steilen Absorptionskanten. Wie bei den ionisch gefärbten Gläsern hängt ihre Farbe von der Art und Konzentration der Färbemittel, dem Basisglas und in hohem Maße von

ihrer thermischen Geschichte während der sekundären Wärmebehandlung ab (siehe GG, OG und RG Gläser mit Ausnahme von RG905 und RG1000).

Das optische Filterglas RG9 ist eine Mischung aus ionisch gefärbtem und kolloidal gefärbtem Glas. Die kurzwellige Absorptionskante ergibt sich aus dem kolloidalen Glascharakter und das langwellige Verhalten wird durch Ionenfärbung bestimmt.

2.2.4 Reproduzierbarkeit der Transmission

Die spektralen Eigenschaften des basischen und ionisch gefärbten optischen Filterglases sind innerhalb der einzelnen Schmelzen nahezu konstant. Aufgrund geringfügiger Abweichungen in den Eigenschaften und der Reinheit der Rohstoffe und der Chargenzusammensetzung können Abweichungen von Schmelze zu Schmelze auftreten. Die Transmission wird nur für die Wellenlängen gesteuert, die im Abschnitt „Garantierte Spektralwerte“ jedes Datenblatts angegeben sind (siehe auch Teil 2 Kapitel 2 dieser Broschüre). Die Schwankungen zwischen der minimalen und der maximalen Wellenlänge, die in den garantierten Spektralwerten aufgeführt sind, sind normalerweise gering. Außerhalb dieser Region können die Abweichungen jedoch viel größer sein. Die kolloidal gefärbten Gläser zeigen auch Abweichungen innerhalb einer Schmelze aufgrund technisch unvermeidbarer Temperaturgradienten während des Anlaufprozesses.

Im Abschnitt „Eigenschaften“ sind die zulässigen Transmissionsabweichungen für bestimmte Wellenlängen eines jeden Glastyps aufgeführt (siehe „Grenzwerte für Kurzpass- und Bandpassfilte“, „Toleranzen für NVIS-Filter“, „Toleranzbereiche für Neutraldichtefilter“, „Toleranzen und Grenzwerte für Langpassfilter“, „Toleranzbereiche für Multibandpassfilter“ und „Toleranzen und Garantiewerte für Laserkavitätenfilter“). Diese spektralen Eigenschaften werden für jede Produktionscharge gemessen und dokumentiert. Durch Auswahl und Reservierung geeigneter Schmelzen und durch Variation der optischen Filterglasdicke können engere Toleranzen erreicht werden.

3 Optische Eigenschaften

Das folgende Kapitel behandelt die wichtigsten Definitionen und Formeln, mit denen die optischen Eigenschaften der Filtergläser beschrieben werden. Die Begriffe und Definitionen entsprechen DIN ISO 23364.

Außerdem werden die relevanten optischen Merkmale der Filtergläser erläutert.

3.1 Brechungsindex

In der Abbildungsoptik sind Lichtbrechung und ihre spektrale Abhängigkeit (Dispersion) die wichtigsten Eigenschaften, sie werden durch den wellenlängenabhängigen Brechungsindex bestimmt n(λ). Optische Filtergläser sind jedoch für ihre charakteristische spektrale Transmission optimiert, so dass die Brechungsindizes grundsätzlich nur als Referenzwerte aufgeführt sind. Schwankungen des Brechungsindex in der Größenordnung von ± 0,01 sind von Charge zu Charge möglich, aber die Homogenität innerhalb einer Charge ist weitaus besser.

3.2 Reflexionsverlust an der Glas-Luft-Grenzfläche

An der Glas-Luft-Grenzfläche wird ein Teil des einfallenden Lichtstrahles reflektiert. Dieser Reflexionsverlust ist bekannt als „Fresnelverlust“ und ist eine Funktion des Brechungsindexes der Luft (n_{Luft} = 1) und des Brechungsindexes des Glases (n(λ)). Wegen der Abhängigkeit des Brechungsindexes von der Wellenlänge ist auch der Reflexionsverlust R abhängig von der Wellenlänge und kann für eine **einzelne** Glas-Luft-Grenzfläche wie folgt berechnet werden:

1 $$R = \left(\frac{1-n(\lambda)}{1+n(\lambda)}\right)^2$$

Aufgrund der Reflexionen, die an der Eintrittsfläche und an der Austrittsfläche des Glasfilters auftreten, wird die Strahlung an beiden Grenzflächen abgeschwächt. Diese Abschwächung wird auch durch die Transmissionseigenschaften des Glases beinflusst, jedoch ist die Abhängigkeit sehr schwach. Der resultierende Reflexionsverlust wird durch den Reflexionsfaktor P(λ) beschrieben. (P ist das griechische „Rho“.) Unter der Bedingung inkohärenter Strahlung, senkrechter Einstrahlung, Berücksichtigung von Mehrfachreflexionen und der Vernachlässigung der Absorption kann man die Näherungsgleichung 2 verwenden.

$$2 \quad P(\lambda) \approx \frac{2n(\lambda)}{n^2(\lambda) + 1}$$

3.3 Transmissionsgrad und Reintransmissionsgrad

Optische Strahlungsfilter zeichnen sich durch eine stark wellenlängenabhängige Transmission aus. Somit sind die wichtigsten Eigenschaften die spektrale Transmission $\tau(\lambda)$ oder die spektrale Reintransmission $\tau_i(\lambda)$. Der Unterschied zwischen den beiden ist in der folgenden Definition beschrieben:

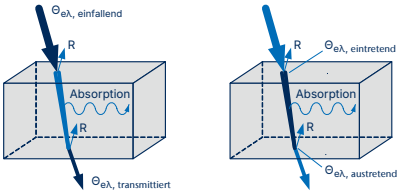


Abb. 3.1
Definition der Transmission (links) und Reintransmission (rechts)

Definition Transmissionsgrad:

$$3 \quad \tau(\lambda) = \frac{\Phi_{e\lambda,\,\text{transmittiert}}}{\Phi_{e\lambda,\,\text{einfallend}}}$$

Der Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$ in Gleichung 3 ist das Verhältnis des transmittierten (energetischen) spektralen Flusses $\Phi_{e\lambda,\,\text{transmittiert}}$ zum einfallenden (energetischen) spektralen Flusses $\Phi_{e\lambda,\,\text{einfallend}}$. Folglich beschreibt $\tau(\lambda)$ die Transmission des absorbierenden Glasfilters unter Berücksichtigung der Reflexionsverluste an der Ein- und Austrittsseite des Filters. Dieser Transmissionsgrad kann leicht gemessen werden. Es ist wichtig zu beachten, dass im Falle einer planparallelen Geometrie des Substrats der einfallende spektrale Fluss und der transmittierte spektrale Fluss die gleiche Wellenlänge λ haben und sich beide in die gleiche Richtung bewegen. Im speziellen Fall der Lumineszenz (Kapitel 3.8) liegt zusätzlich ein gestreuter Fluss mit unterschiedlichen Wellenlängen vor, der diffus ist. Dieser zusätzliche Energiefluss muss aus der Messung des Transmissionsgrades $\tau(\lambda)$ eliminiert werden.

Definition Reintransmissionsgrad:

$$4 \quad \tau_i(\lambda) = \frac{\Phi_{e\lambda,\,\text{austretend}}}{\Phi_{e\lambda,\,\text{eintretend}}}$$

Der spektrale Reintransmissionsgrad $\tau_i(\lambda)$ in Gleichung 4 ist das Verhältnis des aus dem Volumenfilter austretenden spektralen Strahlungsflusses $\Phi_{e\lambda,\ austretend}$ zum eintretenden Strahlungsfluss $\Phi_{e\lambda,\ eintretend}$, welcher gerade in das Glas eingedrungen ist. Der Reintransmissionsgrad $\tau_i(\lambda)$ beschreibt die Verhältnisse innerhalb des absorbierenden Filterglases ohne Berücksichtigung von Reflexionsverlusten. Die Reintransmission kann jedoch nicht direkt gemessen werden. Folgende Formeln werden zum exakten Umrechnen des spektralen Reintransmissionsgrades in den Transmissionsgrad benutzt:

Exakte Berechnung mit R aus Gleichung 1:

5 $$\tau = \frac{(1-R)^2\tau_i}{1-\tau_i^2 R^2} \text{ und } \tau_i = -\frac{(1-R)^2}{2R^2\tau} + \sqrt{\frac{(1-R)^2}{2R^2\tau} + \frac{1}{R^2}}$$

Oder unter Benutzung der Näherung mit dem Reflexionsfaktor $P(\lambda)$ aus Gleichung 2:

6 $$\tau(\lambda) = P(\lambda) \cdot \tau_i(\lambda)$$

Insbesondere die Näherungsgleichung 6 wird in unserem Katalog und unserem Kalkulationstool angewandt, um den Transmissionsgrad und den Reintransmissionsgrad umzurechnen.

Das Bouguer-Lambert-Gesetz (Gleichung 7) gilt für senkrechten Strahlungseinfall und unter der Annahme einer homogenen Absorption. Es beschreibt die Abhängigkeit des Reintransmissionsgrads von der Glasdicke.

7 $$\tau_{i,\ d_1}(\lambda) = \left(\tau_{i,\ d_2}(\lambda)\right)^{\frac{d_1}{d_2}}$$

$\tau_{i,\ d_1}(\lambda)$: Reintransmissionsgrad bei der Wellenlänge λ und der Filterdicke d_1.
$\tau_{i,\ d_2}(\lambda)$: Reintransmissionsgrad bei der Wellenlänge λ und der Filterdicke d_2.

Die Abhängigkeit des Transmissionsgrads von der Dicke lautet dann:

8 $$\tau_{d_1}(\lambda) = P(\lambda) \cdot \left(\tau_{i,\ d_2}(\lambda)\right)^{\frac{d_1}{d_2}}$$

Unter Verwendung von Gleichung 8 kann die Dicke d_1 aus einem gegebenen Transmissionsgrad τ_{d_1} und einem gegebenen Reintransmissionsgrad $\tau_{i,\ d_2}$ bei der Dicke d_2 durch Gleichung 9 abgeleitet werden.

9 $$d_1 = d_2 \frac{\log(\tau_{d_1}(\lambda)) - \log(P(\lambda))}{\log(\tau_{i,\ d_2}(\lambda))}$$

3.4 Abgeleitete optische Größen

Aus dem Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$ und dem Reintransmissionsgrad $\tau_i(\lambda)$ können die folgenden Größen berechnet werden.

3.4.1 Spektrale optische Dichte

10 $$D(\lambda) = \log_{10} \frac{1}{\tau(\lambda)}$$

3.4.2 Spektrale Extinktion (Absorbanz)

11 $$E(\lambda) = \log_{10} \frac{1}{\tau_i(\lambda)}$$

3.4.3 Spektrale Diabatie

12 $$\Theta(\lambda) = 1 - \log_{10} \left(\log_{10} \frac{1}{\tau_i(\lambda)} \right) = \log_{10} \frac{10}{E(\lambda)}$$

Anmerkung: Für optisches Filterglas wird die spektrale Diabatie aus dem Reintransmissionsgrad τ_i berechnet. Für Interferenzfilter, die spezielle Reflektionseigenschaften aufweisen, wird die spektrale Diabatie unter Verwendung der spektralen Transmission τ abgeleitet.

3.4.4 Lichttransmissionsgrad

13 $$\tau_{v,\,D65} = 100\,\% \; \frac{\int_{\lambda = 380\ nm}^{780\ nm} \tau(\lambda)\, S_{D65}(\lambda)\, V(\lambda)\, d\lambda}{\int_{\lambda = 380\ nm}^{780\ nm} S_{D65}(\lambda)\, V(\lambda)\, d\lambda}$$

Der Lichttransmissionsgrad (entsprechend DIN ISO 23364: 2022) ist das Verhältnis des von einem Filter (mit der spektralen Transmission $\tau(\lambda)$) durchgelassenen Lichtstromes zum einfallenden Lichtstrom $S_{D65}(\lambda)$ der Lichtquelle D65 für photopisches Sehen $V(\lambda)$.



3.5 Graphen des Transmissionsspektrums

Die Reintransmission für die entsprechenden Referenzdicken wird grafisch im Abschnitt „Eigenschaften“ dargestellt. Auf der Abszisse sind die Wellenlängen von 200 nm bis 1200 nm aufgetragen. Der Reintransmissionsgrad $\tau_i(\lambda)$ wird auf der Ordinate in einer speziellen doppeltlogarithmischen Skala (siehe spektrale Diabatie) dargestellt. Auf diese Weise dargestellt ist die Form des Kurvenverlaufes unabhängig von der Dicke des optischen Filterglases.

Die Werte sind Richtwerte und sollen daher nur zur Orientierung dienen.

3.6 Spektrale Charakterisierung von Filtern

Optische Filter werden durch ihre spektralen Eigenschaften beschrieben und können nach ihrer Funktion eingeteilt werden. Die für Filterglas typischen Funktionen werden nachfolgend definiert und erläutert.

Grenzwerte und Toleranzen in den Spezifikationen beziehen sich in unserem Katalog immer auf die jeweilige Referenzdicke.

3.6.1 Langpassfilter

Ein Langpassfilter lässt langwellige Strahlung passieren und blockt kurzwellige Strahlung (siehe Abbildung 3.2). Unsere Langpassfilter sind Steilkantenfilter, die sich durch eine exzellente Absorption im Sperrbereich und durch einen kurzen Übergang in den Transmissionsbereich auszeichnen. Im langwelligen Bereich bieten sie eine nahezu perfekte Transmission.

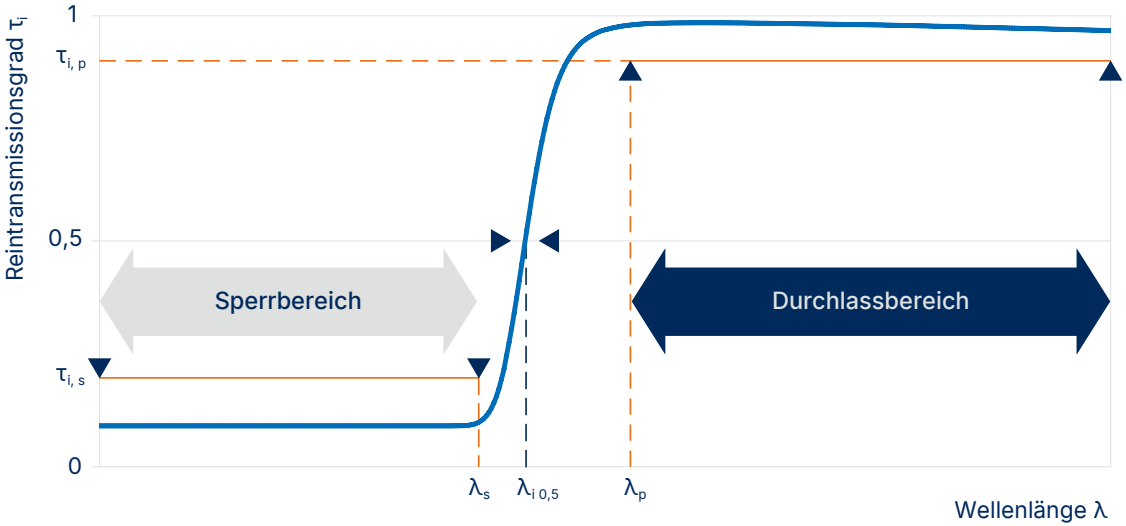


Abb. 3.2
Langpassfilter

Langpassfilter werden durch folgende Größen spezifiziert:

$\lambda_{i\,0,5}$: Kantenwellenlänge oder Grenzwellenlänge, bei der der Reintransmissionsgrad einen Wert von 0,5 hat.

λ_s: Die Grenze des Sperrbereichs. Unterhalb dieser Wellenlänge hat die Reintransmission für einen bestimmten Spektralbereich einen Wert unter $\tau_{i,\,s}$
Es gilt also: τ_i (200 nm bis λ_s) < $\tau_{i,\,s}$

λ_p: Die Grenze des Durchlassbereichs. Oberhalb dieser Wellenlänge fällt der Reintransmissionsgrad innerhalb eines bestimmten Spektralbereichs nicht unter $\tau_{i,\,p}$. Das Durchlassband kann in mehrere Unterbereiche unterteilt werden, z. B. in zwei Bereiche mit $\tau_{i,\,p1}$ = 0,90 und $\tau_{i,\,p2}$ = 0,97.
Es gilt also: τ_i (λ_p bis 2000 nm) < $\tau_{i,\,p}$ bzw.
τ_i (λ_{p1} bis λ_{p2}) < $\tau_{i,\,p1}$ und τ_i (λ_{p2} bis 2000 nm) < $\tau_{i,\,p2}$

3.6.2 Kurzpassfilter

Ein Kurzpassfilter lässt kurzwellige Strahlung passieren, während langwellige Strahlung blockiert wird (siehe Abbildung 3.3). Typischerweise ist die Steilheit am Übergang zwischen Durchlassbereich und Sperrbereich eines Langpassfilters viel steiler als die Steilheit eines Kurzpassfilters.

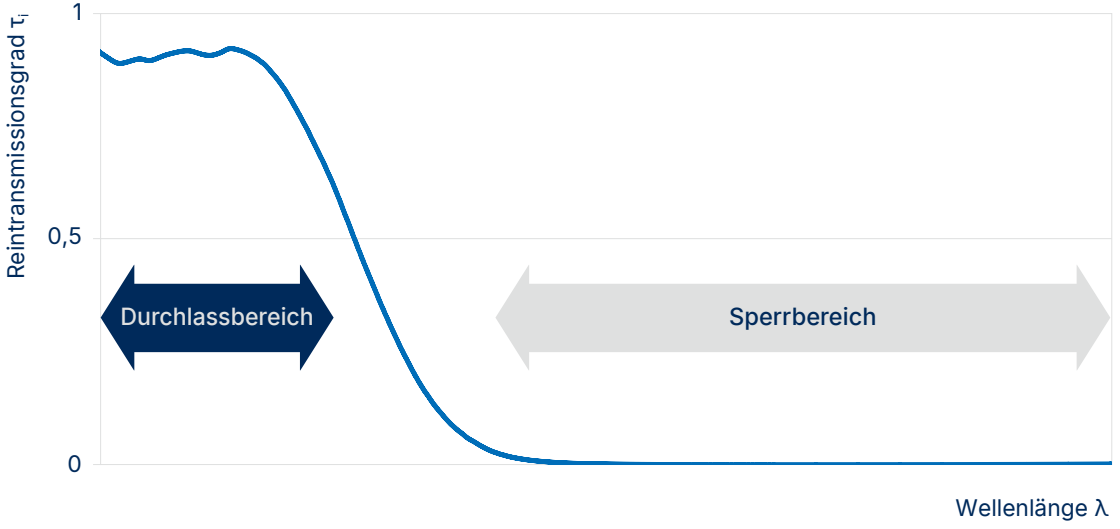


Abb. 3.3
Kurzpassfilter

3.6.3 Bandpassfilter

Bandpassfilter übertragen selektiv einen gewünschten Wellenlängenbereich. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass ein Bereich hoher Transmission (Durchlassbereich) von Bereichen mit geringer Transmission (Sperrbereiche) umschlossen ist (siehe Abbildung 3.4).

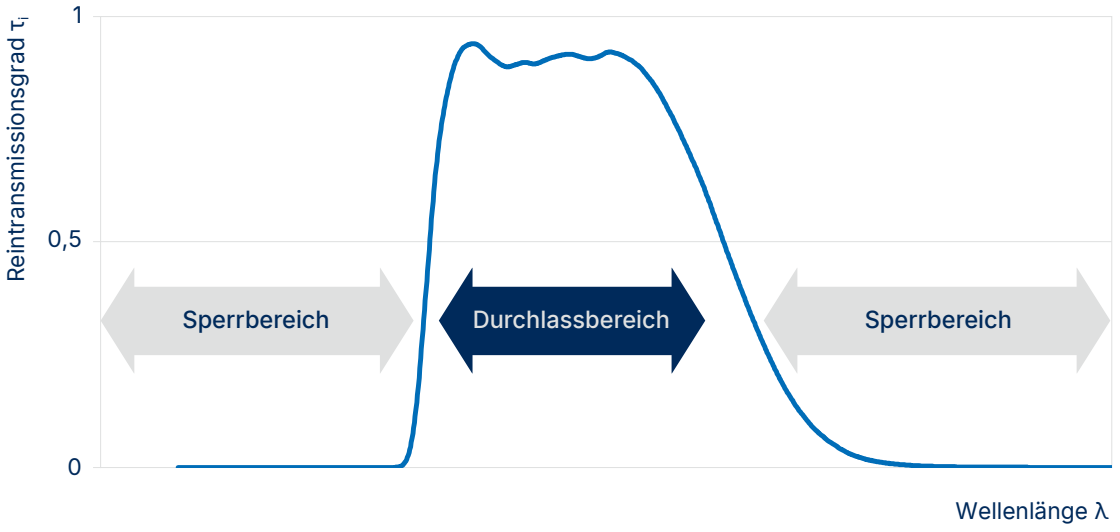


Abb. 3.4
Bandpassfilter

3.6.4 Neutraldichtefilter

Neutraldichtefilter weisen im Bereich des sichtbaren Lichts, beispielsweise von 400 nm bis 800 nm, eine nahezu konstante spektrale Transmission auf und sind daher nur geringfügig wellenlängenabhängig. Neutraldichtefilter haben daher eine perfekte graue Farbe.

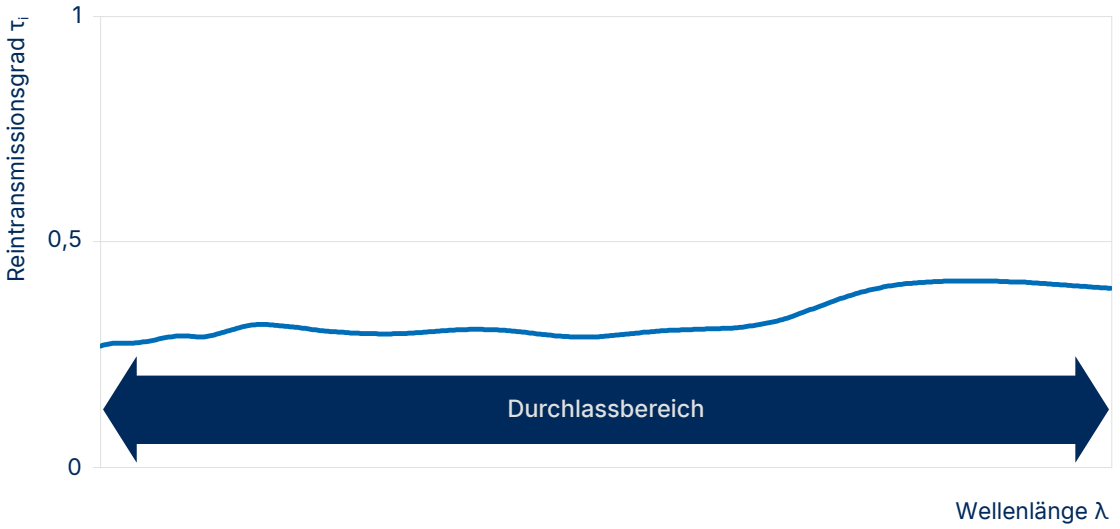


Abb. 3.5
Neutraldichtefilter

3.6.5 Überblick über Transmissions-eigenschaften

Die Abbildung in der Rückentasche dieser Broschüre zeigt die Transmissionseigenschaften all unserer optischen Glasfilter. Um einen klaren Überblick zu erhalten, sind die Kurven in elf Gruppen unterteilt. Die Skala der Transmission ist linear, und die Kurven beziehen sich immer auf die jeweilige im Datenblatt angegebenen Referenzdicke.

3.7 Temperaturabhängigkeit der spektralen Transmission

Die Grenzwellenlänge $\lambda_{i\,0,5}$ von Langpassfiltern verschiebt sich mit zunehmender Temperatur zu höheren Wellenlängen. Im Abschnitt „Eigenschaften“ wird der Temperaturkoeffizient T_k der Kantenwellenlänge $\Delta\ \lambda_{i\,0,5}/\Delta T$ [nm/K] für alle Langpassfilter aufgelistet, siehe Tabelle 10.1. Dies sind Durchschnittswerte.

Bei den Bandpassfiltern und Filtern mit geringer Steigung sind die Änderungen der Transmission als Funktion der Temperatur nicht linear oder relativ gering. Weitere Informationen erhalten Sie auf Anfrage.

3.8 Lumineszenz/Fluoreszenz

Die mehr oder weniger ausgeprägte Lumineszenz des optischen Filterglases ist nur für praktische Zwecke interessant, wenn mit diesen Filtern die Lumineszenz von Materialien gemessen werden soll. Vor der Anwendung von optischen Filtergläsern als Anregungsfilter, d. h. zur spektralen Isolierung der anregenden Strahlung, sollte die Eignung des jeweiligen Glases im Einzelfall geprüft werden, denn die Fluoreszenzeigenschaften können bei manchen Glastypen von Charge zu Charge variieren.

3.9 Farbe

Farbe ist eine Empfindung, die vom menschlichen Auge wahrgenommen wird, wenn ein beleuchtetes Filterglas betrachtet wird. Sie ist eine Funktion der spektralen Transmission des Filters und der spektralen Verteilung der Beleuchtungslichtquelle. Der Farbreiz ist messbar und wird durch drei numerische Werte (X, Y, Z) gemäß den von der CIE festgelegten farbmetrischen Konventionen definiert (siehe DIN EN ISO/CIE 11664 und DIN 5033-1:2017). Im Normvalenzsystem für den 1931 CIE 2° farbmetrischen Normalbeobachter ist der Hellbezugswert mit dem Normfarbwert Y identisch. Um die dreidimensionale Beschreibung des Farbreizes in einem Diagramm zu ermöglichen, nutzt man eine Transformation, um

einen Farbort in einem ebenen Diagramm zu erhalten. Für optische Anwendungen haben sich die Transformationen der CIE von 1931 und 1976 als günstig erwiesen. Es gibt zwei Möglichkeiten, den Farbort F im Farbdiagramm der CIE von 1931 zu beschreiben (siehe Abbildung 3.6): Entweder die Farbortkoordinaten (Farbwertanteile) x und y oder die dominante Wellenlänge λ_d und die Anregungsreinheit P_e = DF : DS.

Die folgenden Werte sind in den Datenblättern für unsere „farbigen" Filtergläser aufgeführt, ausgenommen Schwarz-, Neutral- und Klargläser: x, y, Y, λ_d, and P_e.

Dies wird angewendet für:
- Filterdicken 1, 2 und 3 mm
- Folgende genormte Beleuchtungen:
  - Normlichtart A (Planckscher Strahler bei 2856 K)
  - Planckscher Strahler bei 3200 K
  - Normlichtart D65, Standardtageslicht
- CIE 2° farbmetrischer Normalbeobachter
- 20 °C Temperatur

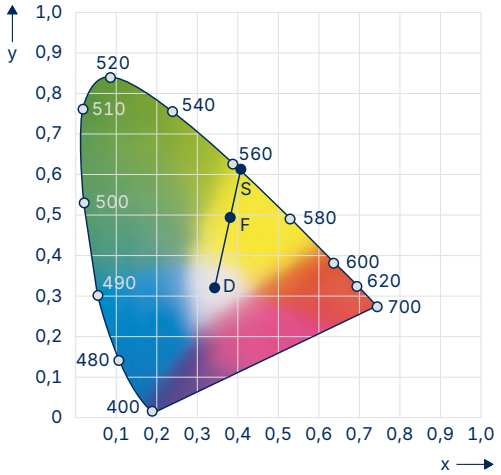


Abb. 3.6
Die Farbe optischer Filtergläser nach der Definition von CIE 1931
D: Farbort der Strahlungsquelle, beispielsweise D65
S: Punkt, an dem die Ausdehnung $\overline{DF}$ den Spektralort bei λ_d schneidet

Die in den Datenblättern aufgeführten Farbwerte sind nur Richtwerte.

Farbwertkoordinaten, die für Nachtsichtbildsysteme (NVIS) relevant sind werden anhand der UCS-Koordinaten u' und v' beschrieben. Diese Koordinaten stehen über die folgende Formel in direktem Zusammenhang mit den CIE-x- und -y-Koordinaten:

14 $$u' = \frac{4x}{-2x+12y+3} \text{ und } v' = \frac{9y}{-2x+12y+3}$$

mit:

u', v' = 1976 UCS Farbkoordinaten entsprechend CIE
x, y = 1931 Farbkoordinaten entsprechend CIE

Zusätzlich können die UCS Farbwertkoordinaten auch mit Hilfe der Tristimuluswerte X, Y and Z berechnet werden:

15 $$u' = \frac{4x}{X+15Y+3Z} \text{ und } v' = \frac{9y}{X+15Y+3Z}$$

Für Beleuchtungssysteme, die als kompatibel zu NVIS Green A, NVIS Green B, NVIS Yellow, NVIS Red oder NVIS White bezeichnet werden, muss der Farbort des Beleuchtungssystems der folgenden Formel entsprechen:

16 $$(u'-u'_0)^2 + (v'-v'_0)^2 \leq r^2$$

mit:

u'_0 und v'_0 = 1976 UCS Farbortkoordinaten des Mittelpunkts des spezifizierten Farbbereichs
u' und v' = 1976 UCS Farbortkoordinaten des Farbortes des Beleuchtungssystems (Kombination aus Filter und Lichtquelle)
r = Toleranzradius im 1976 UCS-Farbkoordinatensystem für die spezifizierte Farbe

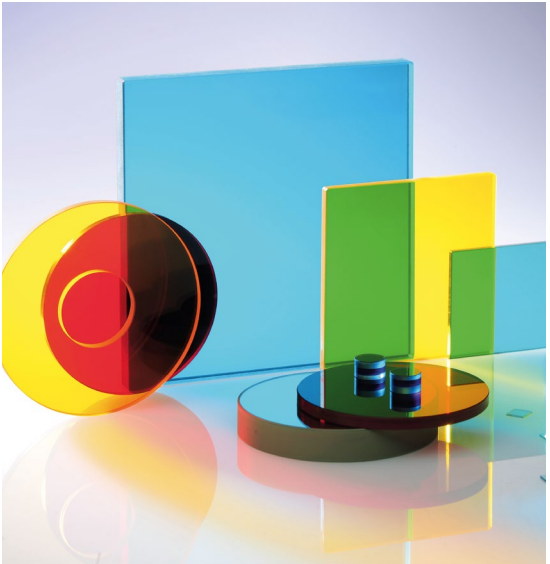
3.9.1 Helligkeit/photopische Transmission

Der Tristimuluswert Y (Helligkeit) kann durch den Begriff „Photopische Transmission“ ersetzt werden. Der Zusammenhang zwischen Y und der photopischen Transmission ist einfach ein Faktor von 1 %.

Beispiel: Helligkeit Y = 57 entspricht einer photopischen Transmission = 57 %

3.9.2 Messung der Farbwertanteile

SCHOTT bietet spezielle Filterglaskombinationen (SFK Typen), mit denen die Spektralwertfunktionen $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ des CIE 2° farbmetrischen Normalbeobachters nachempfunden werden können. Diese SFK Filter sind kundenspezifisch auf die verwendete Sensorkennlinie angepasst, und können genutzt werden, um die Farbwertanteile zu messen. In den Abbildungen 11.13 bis 11.15 sind beispielhaft normierte Transmissionsspektren dargestellt (siehe Kapitel 11).



Optische Filtergläser in verschiedenen Geometrien und Lieferformen (beschichtet, verklebt, u.s.w.).

4 Thermische und mechanische Eigenschaften

Um ein Sortiment an optischen Filtergläsern zu entwickeln, die einen möglichst großen Spektralbereich abdecken, mussten Gläser mit extremen Filtereigenschaften, zahlreiche Farbstoffe mit unterschiedlichen Konzentrationen und viele verschiedene Grundgläser entwickelt werden. Im Abschnitt „Eigenschaften“ sind wichtige Eigenschaften für jeden optischen Filterglastyp aufgelistet. Es sind typische Werte, die als Referenzwert zu sehen sind. Die Schwankungsbreite der angegebenen Werte von Charge zu Charge ist nicht bekannt. Genaue Messungen können auf Anfrage für eine entsprechende Charge durchgeführt werden.

[1] Technische Informationen (TIE) können im „Download-Bereich“ der Produktseite heruntergeladen werden.

4.1 Mechanische Dichte ρ in g/cm³

Die mechanische Dichte ρ ist definiert als der Quotient aus Masse und Volumen. Die meisten optischen Filterglastypen haben eine Dichte zwischen 2,4 und 2,8 g/cm³.

4.2 Knoophärte $HK_{[0.1/20]}$

Die Knoophärte drückt das Ausmaß der Oberflächenveränderungen in einem spröden Material nach dem Eindrücken eines Testdiamanten mit einer vorgegebenen Kraft und Zeit aus. Die aufgeführten Werte werden gemäß ISO 9385 bei einer Prüfkraft von 0,9807 N und einer effektiven Prüfdauer von 20 s gemessen. Der Test wird bei Raumtemperatur durchgeführt, die Messunsicherheit liegt bei ± 35 $HK_{[0.1/20]}$.

4.3 Festigkeit

Die Festigkeit von Glas ist nicht nur eine Materialeigenschaft, sondern auch eine Funktion der Oberflächenqualität. Dies bedeutet, dass sie in hohem Maße von der Oberflächengüte und der Kantenqualität eines Bauteils abhängt. So können kleine Kratzer die Festigkeit erheblich verringern. Unser technisches Dokument „TIE 33: Design strength of optical glass and ZERODUR®“[1] bietet zusätzliche Informationen zur Festigkeit von Glas und zu relevanten Designfragen.

Die mechanische Festigkeit und die Temperaturschockfestigkeit kann durch thermisches oder chemisches Vorspannen erhöht werden. Siehe Kapitel 7.2.

4.4 Transformationstemperatur T_g in °C

Der Transformationsbereich eines optischen Filterglases ist der Grenzbereich zwischen sprödem und flüssigem Verhalten. Es zeichnet sich durch die präzise ermittelte Transformationstemperatur T_g aus, die nach ISO 7884-8 definiert ist. Als Faustregel gilt, dass während der Filternutzung eine maximale Temperatur $T_{max} = T_g - 200\,°C$ nicht überschritten werden darf, da sich sonst die Glas- und Filtereigenschaften dauerhaft ändern können.

4.5 Thermische Ausdehnung α in 10^{-6}/K

Der Wärmeausdehnungskoeffizient (CTE oder α) gibt die relative Änderung ΔI/I der Länge eines Glases an, wenn es Wärme ausgesetzt wird. Er ist eine Funktion der Temperatur, aber die Abhängigkeit ist gering. Daher kann sie mit einer linearen Funktion approximiert werden, die für einen begrenzten Temperaturbereich hinreichend genau ist:

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha\, \Delta T$$

Im Katalog werden die linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten für zwei Temperaturbereiche angegeben:

$\alpha_{-30/+70\,°C}$ bezeichnet den linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten im Bereich von −30 °C bis 70 °C.

$\alpha_{20/300\,°C}$ bezeichnet den linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten im Bereich von 20 °C bis 300 °C.

Der zweite Wert ist etwa 10 % größer als der erste.

Für einige Gläser ist aufgrund ihrer niedrigen Transformationstemperatur der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient nur für den Temperaturbereich von 20 °C bis 200 °C angegeben.

Auf Anfrage können auch Werte für andere Temperaturbereiche gemessen werden.

5 Chemische Eigenschaften

Für unterschiedliche chemische Anforderungen, insbesondere bei unterschiedlichen Verarbeitungsschritten, verwenden wir die für optisches Glas geltenden Resistenzklassen. Je größer die Resistenz des Glases ist, desto geringer ist die Klassenzahl. Die Resistenzklassen für alle optischen Filtergläser sind im Abschnitt „Eigenschaften“ aufgeführt.

Genaue Beschreibungen der einzelnen Prüfverfahren erhalten Sie auf Anfrage.

5.1 Fleckenresistenz

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

Die Bestimmung der Fleckenresistenzklasse erfolgt nach folgendem Verfahren: Die zu prüfende planpolierte Glasprobe wird auf eine Prüfküvette aufgepresst, die eine sphärische Vertiefung von max. 0,25 mm Tiefe mit einigen Tropfen Testlösung I oder II hat.

Testlösung I: Standardacetat pH = 4.6
Testlösung II: Natriumacetat-Puffer pH = 5.6

Interferenzfarbflecken entstehen durch Zersetzung der Glasoberfläche durch die Prüflösung. Das Maß für die Klassifizierung der Gläser ist die Zeit, die vergeht, bevor der erste braunblaue Fleck bei einer Temperatur von 25 °C auftritt. Diese Farbänderung deutet auf eine chemische Veränderung der zuvor definierten Oberflächenschicht von 0,1 µm Dicke hin.

Fleckenresistenz FR	0	1	2	3	4	5
Testlösung	I	I	I	I	II	II
Zeit (h)	100	100	6	1	1	0,2
Farbwechsel	nein	ja	ja	ja	ja	ja

Tabelle 5.1
Klassifikation optischer Filtergläser in Fleckenresistenzklassen FR 0 – 5.



CNC-bearbeitetes Filterglas

5.2 Säureresistenz

Die Säureresistenz nach ISO 8424:2023 klassifiziert das Verhalten von Glasoberflächen, die mit großen Mengen saurer Lösungen in Berührung kommen (unter praktischen Gesichtspunkten zum Beispiel Schweiß, Laminierungen, kohlensäurehaltiges Wasser usw.). Die Säurebeständigkeit wird mit einer zwei- oder dreistelligen Zahl angegeben. Die ersten oder ersten beiden Ziffern geben die Säurebeständigkeitsklasse SR an. Die letzte Ziffer (durch einen Dezimalpunkt getrennt) bezeichnet die Veränderung der für das bloße Auge sichtbaren Oberfläche, die durch die Einwirkung auftritt (siehe Abschnitt 5.4).

Als Maß für die Säurebeständigkeit dient die Zeit t, die zum Auflösen einer Schicht mit einer Dicke von 0,1 µm benötigt wird. Zur Bestimmung der Säurebeständigkeit werden zwei aggressive Lösungen verwendet. Für die widerstandsfähigeren Glastypen wird eine starke Säure (Salpetersäure, c = 0,5 mol/l, pH 0,3) bei 25 °C verwendet. Für Gläser mit geringerer Säurebeständigkeit wird auch bei 25 °C eine schwach saure Lösung mit einem pH-Wert von 4,6 (Standardacetat) verwendet. Die Klasse SR 5 bildet den Übergangspunkt zwischen den beiden Gruppen. Dazu gehören Gläser, bei denen die Zeit zum Entfernen einer Schichtdicke von 0,1 µm bei einem pH-Wert von 0,3 weniger als 0,1 Stunden und bei einem pH-Wert von 4,6 mehr als 10 Stunden beträgt.

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

Tabelle 5.2
Klassifikation optischer Filtergläser in Säureresistenzklassen SR 1– 53 (ISO 8424).

5.3 Alkaliresistenz

Die Alkaliresistenz nach ISO 10629 gibt die Empfindlichkeit von optischen Filtergläsern bei Kontakt mit warmen alkalischen Kühlflüssigkeiten beim Schleifen und Polieren an.

Die Alkalibeständigkeit wird durch zwei durch einen Dezimalpunkt getrennte Ziffern angegeben. Die erste Ziffer gibt die Alkaliresistenzklasse AR an und die Dezimalstelle gibt die mit bloßem Auge sichtbaren Oberflächenänderungen an, das durch die Einwirkung entsteht.

Die Alkalibeständigkeitsklasse AR gibt die Zeit an, die erforderlich ist, um eine 0,1 µm dicke Glasschicht in einer alkalischen Lösung (Natriumhydroxid, c = 0,01 mol/l, pH = 12) bei einer Temperatur von 50 °C zu entfernen.

Die Schichtdicke berechnet sich aus dem Gewichtsverlust pro Oberfläche und der Dichte des Glases.

Alkaliresistenzklasse AR	1	2	3	4
Zeit (h)	> 4	1–4	0,25–1	< 0,25

Tabelle 5.3
Klassifikation optischer Filtergläser in Alkaliresistenzklassen AR 1–4 (ISO 10629).

5.4 Identifikation sichtbarer Oberflächenänderungen

Bedeutung der Ziffern zur Klassifizierung der Säure- und Alkalibeständigkeit:

.0 keine sichtbaren Veränderungen
.1 klare, aber unregelmäßige Oberfläche
.2 Interferenzfarben (leicht, selektives Auslaugen)
.3 fest haftende dünne weiße Schicht (stärkeres, selektives Auslaugen, trübe Oberfläche)
.4 lose haftende, dickere Schichten, z. B. unlösliche Reaktionsprodukte auf der Oberfläche (dies kann eine hochstehende und/oder abblätternde Kruste oder Oberfläche sein; starker Angriff)

5.5 Feuchtebeständigkeit

Die Oberfläche von hochempfindlichen Gläsern kann nach einiger Zeit einen leicht trüben Rückstand zeigen. Dieser Rückstand kann zunächst mit Glaspoliermitteln entfernt werden. Schwerere Angriffe beeinträchtigen die Oberflächenpolitur. Dieser Korrosionseffekt wird durch warme Luftfeuchtigkeit verursacht. Mehrere Faktoren beeinflussen die Korrosion der Filtergläser. Hierbei hat die Temperatur den größten Einfluss. Weitere Faktoren sind die relative Luftfeuchtigkeit, die Oberflächenqualität und Oberflächenverunreinigungen. Eine genaue Bewertung der Empfindlichkeit der Gläser gegenüber warmer Luftfeuchtigkeit ist daher schwierig. In Bezug auf dieses Verhalten werden unsere Filtergläser in vier Gruppen eingeteilt:

Gruppe „Resistente Gläser“ Ohne Symbol
Bei diesen Filterglastypen tritt keine wesentliche Oberflächenveränderung auf. Eine Veränderung der Oberfläche ist nur unter extremen Bedingungen wie 85 °C und 85 % relativer Luftfeuchtigkeit über Hunderte von Stunden möglich.

Gruppe „Robuste Gläser“ Symbol:
Die mit **einem geschlossenen Regenschirm** gekennzeichneten Glastypen halten dem Warmfeuchtigkeitstest bei 60 °C und 90 % relativer Luftfeuchtigkeit mehr als 48 Stunden stand.

Gruppe „Empfindliche Gläser“ Symbol:
Die mit **einem geöffneten Regenschirm** gekennzeichneten Glastypen sollten in einem gemäßigten Klima oder in geschlossenen Arbeits- und Lagerräumen (konstante Temperatur unter 35 °C, relative Luftfeuchtigkeit unter 60 %) verwendet und gelagert werden. Ein Trockenmittel ist zu verwenden, wenn die Gefahr einer Benetzung oder erhöhter Feuchtigkeit besteht. Für den Einsatz und die Lagerung unter freiem Himmel und in tropischen Klimazonen empfiehlt es sich, Schutzbeschichtungen aufzutragen, die SCHOTT auf Anfrage zur Verfügung stellt.

Gruppe „Sehr empfindliche Gläser“ Symbol:

Bei den mit **zwei geöffneten Schirmen** gekennzeichneten optischen Filterglastypen ist nach einigen Monaten normaler Lagerung eine Veränderung der Glasoberfläche möglich. Diese Gläser sind mit Vorsicht zu behandeln: Jeglicher Kontakt mit Wasser oder warmer Luftfeuchtigkeit ist zu vermeiden. Zur Langzeitlagerung des ungeschützten Glases ist ein Trockenmittel zu verwenden. Des weiteren empfehlen wir in jedem Fall Schutzbeschichtungen, die SCHOTT auf Anfrage bereitstellen kann.

5.6 Solarisationseffekt

Längerer Kontakt mit intensiven Lichtquellen hoher UV-Strahlung kann bei einigen wenigen Glastypen zu dauerhaften Veränderungen (Verringerungen) der Transmission führen. In der Glastechnologie nennt man diesen Effekt „Solarisation“. Es ist hauptsächlich eine Funktion der Intensität und der spektralen Verteilung der Strahlung. Je kürzer die Wellenlänge der Strahlung ist, desto größer ist der Solarisationseffekt.



Vorgespanntes Filterglas mit kratzfester Beschichtung.

Der Solarisationseffekt äußert sich hauptsächlich in einer Verschiebung der kurzwelligen Flanke zu längeren Wellenlängen und/oder einer Verringerung der Transmission im Durchlassbereich. Der Effekt beeinrächtigt nicht die Struktur und Stabilität des Glases, so dass es nicht zu einer Versprödung und Schwächung der mechanischen Stabilität wie beim Kunststoff kommt. Je nach spektraler Verteilung, Intensität und Dauer der Bestrahlung stellt sich ein Sättigungseffekt ein. Wenn die Durchlässigkeitskurve, die sich aus diesem Effekt ergibt, für die Anwendung akzeptabel ist, kann ein solches Glas vor der Verwendung „gealtert" werden, indem es einer geeigneten Vorbestrahlung ausgesetzt wird. Ein wichtiges Beispiel für eine solche Anwendung sind KG-Wärmeschutzfilter für Xenonlampen.

Da die Solarisation eines optischen Filterglases stark von der spektralen Verteilung und Intensität der Lichtquelle, der Dauer und der geometrischen Anordnung der Bestrahlung abhängt, können keine detaillierten Angaben zur Solarisation gemacht werden. Optische Filtergläser, die zu einer höheren Solarisation neigen, sind im Abschnitt „Eigenschaften" mit dem Symbol ☼ gekennzeichnet.

6 Innere Qualität

Die innere Qualität optischer Filtergläser zeichnet sich durch folgende Merkmale aus.

6.1 Blasen und Einschlüsse

Optisches Filterglas von SCHOTT zeichnet sich durch eine besonders geringe Blasenanzahl aus. Es ist jedoch nicht immer möglich, Blasen im Glas zu vermeiden. Die Beschreibung des Gehalts an Blasen und Einschlüssen variiert zwischen unpoliertem Glas und polierten optischen Filterkomponenten. Der Grund dafür ist, dass bei matten Platten und Rohglas die Blasenklassen für ein ziemlich großes Volumen von 100 cm^3 definiert sind, während polierte optische Filterkomponenten häufig viel kleiner sind. Es ist daher nicht ungewöhnlich, dass blasenfreie Bauteile selbst aus einem Filterglas der Blasenklasse 3 hergestellt werden können.

6.1.1 Blasen und Einschlüsse in matten optischen Filterglasplatten

Der Blasengehalt eines optischen Filterglases ist gekennzeichnet durch Angabe der Gesamtquerschnittsfläche der Blasen in mm^2 bezogen auf 100 cm^3 optisches Filterglasvolumen, berechnet aus der Summe der Querschnittsflächen der detektierten Einzelblasen, die größer als 30 µm sind.

Einschlüsse in optischem Filterglas, wie kleine Steine oder Kristalle, werden als Blasen gleicher Querschnittsfläche behandelt. Nur Blasen und Einschlüsse mit einem Durchmesser von mehr als 0,03 mm werden in die Bewertung einbezogen. Die Blasenklassen sind in der Tabelle 6.1 aufgeführt:

Blasenklasse Matte Platten	Gesamtquerschnitt aller Blasen/Einschlüsse ≥ 0,03 mm in mm^2 pro 100 cm^3 Glasvolumen
B0	≤ 0,03
B1	≤ 0,10
B2	≤ 0,25
B3	≤ 0,50

Tabelle 6.1
Die Blasenklassen von matten optischen Filterglasplatten.

6.1.2 Blasen und Einschlüsse in polierten optischen Filtern

Wenn der Transmissionsgrad hoch genug ist, können polierte optische Filterglaskomponenten leicht inspiziert werden. Daher kann jede gewünschte Spezifikation der inneren Qualität durch Auswahl des geeigneten Rohmateriales erzeugt werden.

Die innere Qualität polierter Filterglasbauteile wird gemäß der Norm DIN ISO 10110-18:2019 spezifiziert. Sollte der Kunde bei der Bestellung keine Angaben machen, beträgt die zulässige Menge an Blasen und Einschlüssen für alle polierten Filtergrößen 1/5 x 0,4. (Dies entspricht der Empfehlung von DIN ISO 10110-11:2016 bei einer Standardgröße des Filters von über 30 mm und bis zu 100 mm.) Diese Spezifikation gilt nur, wenn die Transmission des Filters hoch genug ist.

Bei Filtern, die für die Inspektion zu dunkel sind, können nur Oberflächenfehler inspiziert werden. Für die Oberflächenfehler gelten die Mindestanforderungen von DIN ISO 10110-11:2016. Engere Spezifikationen sind auf Anfrage möglich.

6.2 Schlieren

Schlieren sind lokal begrenzte Bereiche, die aufgrund ihres abweichenden Brechungsindex detektiert werden können. Die Spezifikation von Schlieren wird in DIN ISO 10110-18:2019 beschrieben. Wir verwenden die Schattenmethode, um die Schlierenklasse zu bestimmen. Die Schlieren-Bewertung ist abhängig von der Transparenz des optischen Filterglases. Daher gilt eine Spezifikation für Schlieren nur für polierte optische Filterkomponenten.

In unserem Standardglas können einzelne feine Schlieren vorhanden sein.

6.3 Brechzahlhomogenität und Wellenfront

Die Variation des Brechungsindex innerhalb eines optischen Filterglases ist ein Maß für dessen optische Homogenität. Je besser die Homogenität ist, desto geringer ist die Änderung des Brechungsindex. Soweit die Transparenz des optischen Filterglastyps dies zulässt, können indirekte Homogenitätsmessungen für **polierte** optische Filterglasbauteile durch Messung des Wellenfrontfehlers durchgeführt werden.

Bei polierten planparallelen Filtern empfehlen wir unseren Kunden die Deformation der transmittierten Wellenfront anstatt einer Ebenheit zu spezifizieren, um eine Überspezifikation der Oberflächen zu vermeiden. Damit wird auch die Unsicherheit über die Abbildungseigenschaften des polierten Bauteils reduziert.

7 Weiterbearbeitung optischer Filtergläser

SCHOTT bietet leistungsstarke, maßgeschneiderte, unpolierte, polierte und beschichtete optische Filter für Ihre Anwendungsanforderungen.

7.1 Polierte optische Filter

Unsere polierten optischen Filterkomponenten zeichnen sich durch besondere Materialqualität, Formgenauigkeit, ausgezeichnete Oberflächenqualität und hervorragende optische Leistung aus. Die internationale Norm ISO 10110 definiert die Qualitätsaspekte einer optischen Komponente.

Optische Filter werden in Form von polierten Platten oder Scheiben mit bearbeiteten Kanten geliefert. Unsere Polierqualität reicht von P2 bis P4 (nach ISO 10110 Teil 8). Die optische Funktion einer Filterkomponente ist nicht nur die korrekte spektrale Transmission. Insbesondere bei Abbildungsoptiken darf die Wellenfront nicht verzerrt werden. Die Wellenfrontabweichung ist eine Funktion der Oberflächenform, der Parallelität und der Homogenität des Glases. Für Anwendungen mit hohen optischen Anforderungen empfiehlt es sich daher, die zulässige Wellenfrontabweichung anzugeben, anstatt Form, Parallelität und Homogenität mit nicht erreichbaren Toleranzen getrennt anzugeben. Die Wellenfrontdeformation aller unserer optischen Filtergläser kann auch für Gläser mit Transmission im nahen Infrarotbereich gemessen werden.

Zur Verbesserung der Oberflächenhärte und Festigkeit eines optischen Filterbauteils kann eine thermische Vorspannung (Festigen, Härten) angewendet werden (siehe Abschnitt 4.3).

Angesichts der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten ist das Angebot an optischen Filtergläsern nicht auf bestimmte Standardgrößen und -dicken beschränkt, sondern kann nach Maß gefertigt werde abhängig von den maximal möglichen Abmessungen und Dicken jedes einzelnen Glastyps.

Spezielle Fasen und Kanten sind auf Anfrage erhältlich.

7.2 Thermisches Vorspannen

In den meisten Fällen wird ein absorbierendes optisches Filterglas durch die Lichteinstrahlung ungleichmäßig erwärmt. Die geringe Wärmeleitfähigkeit des optischen Filterglases verhindert ein schnelles thermisches Gleichgewicht.

So entstehen Temperaturgradienten sowohl zwischen der Vorder- als auch der Rückseite und insbesondere zwischen der Mitte und den Rändern des optischen Filterglases. Dadurch entstehen innerhalb des optischen Filterglases aufgrund der Wärmeausdehnung Biegespannungen.

Eine verbesserte Beständigkeit gegen größere Temperaturgradienten oder schnelle Temperaturänderungen und eine Erhöhung der Biegefestigkeit kann durch thermisches Vorspannen des optischen Filterglases erreicht werden. Die verbesserte Wärmebeständigkeit von gehärtetem optischem Filterglas verursacht eine geringfügige Verformung und möglicherweise eine geringfügige Änderung der Spektralwerte.

Dadurch lassen sich **die Grenzen, die für die spektralen Garantiewerte einer Glasart definiert sind, nicht mehr einhalten:** Eine geringfügige Abweichung muss vom Kunden akzeptiert werden, oder bei Bestellung mit uns verhandelt werden.

Bei optischen Filtergläsern, die vor intensiven Lichtquellen platziert werden, ist eine thermische Vorspannung erforderlich, um deren Bruchfestigkeit zu erhöhen. Es muss sichergestellt sein, dass die Temperatur des Glases eine Temperatur von (T_g – 300 °C), oder kurzfristig von (T_g – 250 °C) nicht überschreitet. Andernfalls wird das thermische Vorspannen in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit schwächer. Die Transformationstemperatur Tg ist für jeden Farbglastyp in der Tabelle im Abschnitt „Eigenschaften“ angegeben.

Bereits bei der Gestaltung von Geräten mit thermischer Belastung müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um räumliche oder zeitliche Temperaturgradienten – insbesondere zwischen der Mitte und den Rändern der Glasplatte – zu minimieren (z. B.: gleichmäßige Ausleuchtung oder langsame Veränderung der Temperatur). Beim Einbau von Filtern in Fassungen und Gehäuse ist darauf zu achten, dass keine zusätzlichen mechanischen Kräfte auf das Glas einwirken. Ein direkter Kontakt zwischen Metall und Glas ist zu vermeiden, isolierende Zwischenschichten aus geeigneten Materialien werden empfohlen.

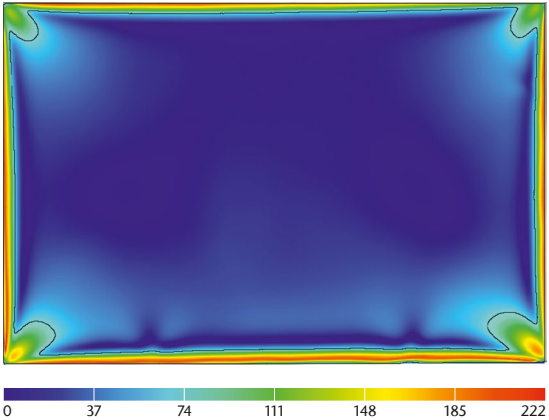


Abb. 7.1
Visualisierung der Spannungsdoppelbrechung in einem thermisch vorgespannten Filter. Das Bild zeigt den gemessenen spannungsoptischen Gangunterschied in nm bei einer Probendicke von 3 mm.

7.3 Beschichtungen

Polierte Filter können mit zusätzlichen optischen Beschichtungen geliefert werden, um die optischen Eigenschaften zu verbessern oder der optischen Filterkomponente neue Funktionen hinzuzufügen.

Solche Beschichtungen umfassen:
- Antireflex-Beschichtungen
- Schutzbeschichtungen
- Kratzfeste Beschichtungen
- Spiegel
- Alle Arten von Interferenzfiltern
- Elektrisch leitfähige Beschichtungen
- Feuchteschutzbeschichtungen

Ausführliche Informationen zu den Beschichtungsmöglichkeiten finden Sie auf unserer Website schott.com/products/optical-coatings oder wenden Sie sich an einen Vertriebsmitarbeiter.



BG-Filter eignen sich ideal als NIR-Sperrfilter.



IR-durchlässige Langpassfilter

Optisches Filterglas

Teil II – Eigenschaften

8 Optisches Filterglas: Produktlinie

8.1 Portfoliogläser

Die Farbfilterglas-Produktlinie umfasst mehr als 70 optische Filterglastypen.

Das Glas BG47 ist neu zum Portfolio hinzugekommen.

Unsere Portfolio-Gläser werden regelmäßig geschmolzen und sind langfristig verfügbar. Diese Gläser bleiben mindestens die nächsten 5 Jahre in unserem Portfolio. Einzelheiten zu dieser Selbstverpflichtung und unserem Lebenszyklusmanagement finden Sie in unserer Positivliste auf unserer Website, die jedes Jahr aktualisiert wird.

Unsere aktuelle Produktlinie besteht aus folgenden optischen Filterglastypen

Langpassfilter		Kontrast-verstärkung	Multi-bandpassfilter	Laser-kavitätenfilter	Kurzpass-filter	Bandpassfilter		UV-Band-passfilter	Neutral-dichtefilter
N-WG205	OG515	S8008G	BG36	S7000	KG1	BG3	BG60	UG1	NG1
N-WG280	OG530	S8802	S8806A	S7005	KG2	BG7	BG61	UG2A	NG3
N-WG295	OG550	S8808	S8851	S7010N	KG3	BG18	BG62	UG5	NG4
N-WG305	OG570				KG5	BG25	BG66	UG11	NG5
N-WG320	OG590					BG38	S8612		NG9
N-WG360*	RG610					BG39	S8022		NG11
GG395	RG630					BG40	S8023		
GG400	RG645					BG42	VG9		
GG420	RG665					BG47			
GG435	RG695					BG55			
GG455	RG715					BG59			
GG475	RG780								
GG495	RG830								
	RG850								
	RG9								
	RG905								
	RG1000								

Tabelle 8.1
SCHOTT Portfoliogläser mit Langzeitverfügbarkeit

* N-WG360 und S8003N sind identisch

8.2 Daten und Toleranzen

Alle in diesem Katalog aufgeführten Daten ohne Toleranzen sind als Referenzwerte zu verstehen. Nur die in Kapitel 9 dieses Teils „Eigenschaften“ unter „Grenzwerte für Kurzpass- und Bandpassfilter“, „Toleranzen für NVIS-Filter“, „Toleranzbereiche für Neutraldichtefilter“, „Toleranzen und Grenzwerte für Langpassfilte“, „Toleranzbereiche für Multibandpassfilter“ und „Toleranzen und Garantiewerte für Laserkavitätenfilter“ aufgeführten Werte sind Garantiewerte. Die grafisch dargestellten Reintransmissionskurven dienen als erste Übersicht, um Sie bei der Suche nach dem für Ihre Anwendung am besten geeigneten Filtertyp zu unterstützen.

9 Optisches Filterglas: Garantiewerte

Unsere optischen Filtergläser werden aufgrund ihrer einzigartigen spektralen Eigenschaften in zahlreichen Anwendungen eingesetzt. Obwohl wir unsere Gläser mit hoher Reproduzierbarkeit bestimmter spektraler Eigenschaften anbieten können, ist es nicht möglich, den gesamten Wellenlängenbereich von UV bis NIR zu steuern. Stattdessen hat jedes Glas seinen eigenen Wellenlängensatz, der für diesen Glastyp charakteristisch ist. Während der Produktion werden diese Wellenlängen ständig überwacht und der Schmelzprozess wird angepasst, um Variationen bei diesen Wellenlängen gering zu halten.

Grenzwerte für τ_i für Kurzpass- und Bandpassfilter

Glasart	Dicke	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$
UG1	1 mm	≥ 0,80 (365)	≤ 0,10 (405)	≤ 0,06 (694)	≤ 0,53 (750)				
UG2A	3 mm	≤ 0,07 (303)	≥ 0,81 (365)	≤ 0,10 (405)	≤ 0,04 (694)	≤ 0,52 (750)			
UG5	1 mm	≥ 0,80 (254)	≥ 0,94 (308)	≤ 0,5 (405)	≤ 0,05 (546)	≤ 0,05 (633)	≤ 0,85 (725)		
UG11	1 mm	≥ 0,06 (254)	≥ 0,90 (334)	≤ 0,001 (405)	≤ 0,26 (694)	≤ 0,32 (725)			
BG3	1 mm	≥ 0,94 (365)	≤ $5*10^{-5}$ (633)						
BG7	1 mm	≥ 0,25 (365)	≥ 0,78 (488)	≤ 0,08 (633)					
BG18	1 mm	≥ 0,30 (350)	≥ 0,65 (405)	≥ 0,88 (514)	≤ 0,25 (633)	≤ 0,03 (694)	≤ $5*10^{-4}$ (1060)		
BG25	1 mm	≤ 0,8 (334)	≥ 0,93 (405)	≤ 0,39 (488)	≤ 0,36 (725)				
BG38	1 mm	≥ 0,80 (350)	≥ 0,93 (405)	≥ 0,95 (514)	≤ 0,67 (633)	≤ 0,32 (694)	≤ 0,06 (1060)		
BG39	1 mm	≥ 0,60 (350)	≥ 0,85 (405)	≥ 0,93 (514)	≤ 0,30 (633)	≤ 0,03 (694)	≤ 0,001 (1060)		
S8612	1 mm	≥ 0,96 (500)	≥ 0,48 (600)	< 0,02 (700)					
BG40	1 mm	≥ 0,80 (350)	≥ 0,93 (405)	≥ 0,97 (514)	≤ 0,57 (633)	≤ 0,16 (694)	≤ 0,02 (1060)		
BG42	1 mm	≥ 0,40 (350)	≥ 0,65 (405)	≥ 0,88 (514)	≤ 0,27 (633)	≤ 0,03 (694)	≤ 0,002 (1060)		
BG47	1 mm	≥ 0,65 (405)	≥ 0,7 (430)	≥ 0,87 (514)	≥ 0,5 (565)	≤ 0,1 (633)	≤ 0,08 (1500)		
BG55	1 mm	≥ 0,76 (405)	≥ 0,93 (514)	≥ 0,18 (633)	≤ 0,016 (694)	≤ $5*10^{-4}$ (1060)			
BG59	1 mm	≥ 0,37 (405)	≥ 0,42 (430)	≥ 0,72 (514)	≥ 0,42 (565)	≤ 0,02 (633)	≤ 0,02 (1500)		
BG60	1 mm	≥ 0,80 (405)	≥ 0,91 (514)	≥ 0,10 (633)	≤ 0,008 (694)	≤ 0,0015 (1060)			
BG60HT	1 mm	≥ 0,85 (405)	≥ 0,93 (514)	≥ 0,10 (633)	≤ 0,008 (694)	≤ 0,0015 (1060)			
BG61	1 mm	≥ 0,84 (405)	≥ 0,93 (514)	≥ 0,18 (633)	≤ 0,03 (694)	≤ 0,008 (1060)			
BG62	1 mm	≥ 0,73 (405)	≥ 0,89 (514)	≥ 0,08 (633)	≤ 0,005 (694)	≤ $5*10^{-4}$ (1060)			

Glasart	Dicke	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$
BG62HT	1 mm	≥ 0,80 (405)	≥ 0,90 (514)	≥ 0,08 (633)	≤ 0,004 (694)	≤ $5*10^{-4}$ (1060)			
BG63	1 mm	≥ 0,95 (405)	≥ 0,96 (514)	≥ 0,50 (633)	≤ 0,25 (694)	≤ 0,16 (1060)			
BG64	1 mm	≥ 0,99 (405)	≥ 0,99 (514)	≥ 0,72 (633)	≤ 0,55 (694)	≤ 0,45 (1060)			
BG66	1 mm	≥ 0,815 (430)	≥ 0,89 (514)	≥ 0,615 (565)	≤ 0,0015 (694)	≤ $2*10^{-4}$ (1060)			
BG67	1 mm	≥ 0,70 (450)	≥ 0,80 (500)	≥ 0,65 (550)	≤ 0,19 (600)				
BG67HT	1 mm	≥ 0,75 (450)	≥ 0,83 (500)	≥ 0,65 (550)	≤ 0,19 (600)				
VG9	1 mm	≤ 0,21 (450)	≥ 0,67 (514)	≤ 0,15 (633)	≤ 0,07 (725)	≤ 0,18 (1060)			
VG20	1 mm	≥ 0,75 (450)	≥ 0,83 (500)	≥ 0,65 (550)	≤ 0,19 (600)				
RG9	3 mm	≤ 0,45 (720)	≥ 0,92 (800)	≤ 0,40 (1060)					
RG905	4 mm	≤ 0,002 (405)	≤ 0,08 (490)	≤ 0,002 (645)	≥ 0,96 (900)				
KG1	2 mm	≥ 0,89 (365)	≥ 0,92 (500)	≥ 0,88 (600)	≤ 0,68 (700)	≤ 0,33 (800)	≤ 0,10 (900)	≤ 0,02 (1060)	≤ 0,06 (2200)
KG2	2 mm	≥ 0,93 (365)	≥ 0,94 (500)	≥ 0,92 (600)	≤ 0,83 (700)	≤ 0,55 (800)	≤ 0,28 (900)	≤ 0,12 (1060)	≤ 0,20 (2200)
KG3	2 mm	≥ 0,86 (365)	≥ 0,88 (500)	≥ 0,83 (600)	≤ 0,55 (700)	≤ 0,14 (800)	≤ 0,03 (900)	≤ 0,001 (1060)	≤ 0,01 (2200)
KG5	2 mm	≥ 0,80 (365)	≥ 0,86 (500)	≥ 0,80 (600)	≤ 0,43 (700)	≤ 0,09 (800)	≤ 0,008 (900)	≤ $1*10^{-4}$ (1060)	≤ 0,001 (2200)

Tabelle 9.1
Spektrale Garantiewerte für Kurzpass- und Bandpassfilter: Grenzwerte der Reintransmission. Die zugehörige Wellenlänge ist jeweils in der Klammer in nm angegeben.

Toleranzen für NVIS-Filter

Glasart	Dicke	n_d	Photopische Transmission		NVIS-Farbe gemäß MIL-STD-3009
			2100 K	1500 K	
S8022	2 mm	1,555 ± 0,005	13,5 % ± 1,5 %	9,0 % ± 1,5 %	Green A
S8023	3 mm	1,541 ± 0,005	15,0 % ± 1,5 %	10,5 % ± 1,5 %	Green A

Tabelle 9.2
Garantiewerte für NVIS-Filter

Toleranzbereiche für τ_i für Neutraldichtefilter

Glasart	Dicke	τ_i(405 nm)	τ_i(546 nm)	τ_i(694 nm)
NG1	1 mm		< 10^{-4}	
NG3	1 mm	0,06 ± 0,02	0,10 ± 0,02	0,17 ± 0,03
NG4	1 mm	0,27 ± 0,03	0,31 ± 0,03	0,39 ± 0,04
NG5	1 mm	0,56 ± 0,03	0,57 ± 0,03	0,62 ± 0,03
NG9	1 mm	0,025 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,08 ± 0,02
NG11	1 mm	0,76 ± 0,02	0,77 ± 0,02	0,79 ± 0,02

Tabelle 9.3
Spektrale Garantiewerte für Neutraldichtefilter: Toleranzen für die Reintransmission bei verschiedenen Wellenlängen

Toleranzen und Grenzwerte für Langpassfilter

Glasart	Dicke	$\lambda_{i\,0,5}(\tau_i = 0{,}50)$	$\lambda_s(\tau_{i,\,s} \leq 1 \cdot 10^{-5})$	$\lambda_{p1}(\tau_{i,\,p1})$	$\lambda_{p2}(\tau_{i,\,p2})$
N-WG205	2 mm	205 nm ± 10 nm		270 nm (0,97)	
N-WG280	2 mm	280 nm ± 6 nm	230 nm	380 nm (0,99)	
N-WG295	2 mm	295 nm ± 6 nm	250 nm	400 nm (0,99)	
N-WG305	2 mm	305 nm ± 6 nm	260 nm	420 nm (0,99)	
N-WG320	2 mm	320 nm ± 6 nm	280 nm	470 nm (0,99)	
N-WG360*	2 mm	360 nm ± 6 nm	320 nm	500 nm (0,98)	
GG395	3 mm	395 nm ± 6 nm	340 nm	480 nm (0,92)	
GG400	3 mm	400 nm ± 6 nm	340 nm	480 nm (0,93)	
GG420	3 mm	420 nm ± 6 nm	360 nm	530 nm (0,93)	
GG435	3 mm	435 nm ± 6 nm	370 nm	520 nm (0,92)	
GG455	3 mm	455 nm ± 6 nm	390 nm	530 nm (0,92)	
GG475	3 mm	475 nm ± 6 nm	410 nm	550 nm (0,92)	
GG495	3 mm	495 nm ± 6 nm	430 nm	560 nm (0,92)	
OG515	3 mm	515 nm ± 6 nm	440 nm	580 nm (0,93)	
OG530	3 mm	530 nm ± 6 nm	460 nm	600 nm (0,93)	
OG550	3 mm	550 nm ± 6 nm	480 nm	620 nm (0,93)	
OG570	3 mm	570 nm ± 6 nm	500 nm	640 nm (0,93)	
OG590	3 mm	590 nm ± 6 nm	510 nm	660 nm (0,93)	

Glasart	Dicke	$\lambda_{i\,0,5}(\tau_i = 0{,}50)$	$\lambda_s(\tau_{i,\,s} \leq 1 \cdot 10^{-5})$	$\lambda_{p1}(\tau_{i,\,p1})$	$\lambda_{p2}(\tau_{i,\,p2})$
RG610	3 mm	610 nm ± 6 nm	530 nm	690 nm (0,94)	
RG630	3 mm	630 nm ± 6 nm	540 nm	710 nm (0,94)	
RG645	3 mm	645 nm ± 6 nm	560 nm	720 nm (0,94)	
RG665	3 mm	665 nm ± 6 nm	580 nm	750 nm (0,96)	
RG695	3 mm	695 nm ± 6 nm	610 nm	780 nm (0,96)	
RG715	3 mm	715 nm ± 9 nm	620 nm	810 nm (0,96)	
RG780	3 mm	780 nm ± 9 nm	610 nm	900 nm (0,97)	
RG830	3 mm	830 nm ± 9 nm	670 nm	950 nm (0,97)	
RG850	3 mm	850 nm ± 9 nm	700 nm	950 nm (0,90)	1200 nm (0,97)
RG1000	3 mm	1000 nm ± 6 nm	730 nm	1300 nm (0,90)	

Tabelle 9.4
Spektrale Garantiewerte für Langpassfilter nach Kapitel 3.6.1. Für λ_p ist der Grenzwert der Reintransmission in der Klammer angegeben.

* N-WG360 und S8003N sind identisch

Toleranzbereiche für τ_i für Multibandpassfilter

Glasart	Dicke	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$
BG36	1,0 mm	≥ 0,90 (405)	≤ 0,42 (450)	≥ 0,90 (650)	≤ 0,01 (800)	
S8802	3,5 mm	0,150 ± 0,025 (445)	0,305 ± 0,035 (555)	0,275 ± 0,035 (630)		
S8806A	2,5 mm	> 0,71 (455)	> 0,769 (550)	0,002 ± 0,002 (580)	0,900 ± 0,030 (618)	
S8808	3,5 mm	0,256 ± 0,030 (445)	0,320 ± 0,015 (555)	≤ 0,015 (580)	0,285 ± 0,030 (620)	
S8809	2,2 mm	0,196 ± 0,033 (440)	0,2346 ± 0,032 (550)	0,229 ± 0,027 (620)		
S8851	2,0 mm	≥ 0,966 (710)	0,414 ± 0,028 (805)	0,578 ± 0,034 (976)	0,320 ± 0,023 (1222)	0,290 ± 0,023 (1945)

Tabelle 9.5
Spektrale Garantiewerte für Multibandpassfilter. Die zugehörige Wellenlänge ist jeweils in der Klammer in nm angegeben.

Toleranzen und Garantiewerte für Laserkavitätenfilter

Glasart	Dicke	$\lambda_{i\,0,5}$ (τ_i = 0,50)	λ_s ($\tau_{i,U} = 1 \cdot 10^{-5}$)	λ_p ($\tau_{i,L}$ = 0,99)	$\tau_i(\lambda)$	$\tau_i(\lambda)$
S7000	2 mm	340 nm ± 6 nm	260 nm	420 nm		
S7005	2 mm				0,414 ± 0,12 (360)	
S7010N	2 mm				0,414 ± 0,06 (364)	≥ 0,85 (500)

Tabelle 9.6
Spektrale Garantiewerte für Multibandpassfilter. Die zugehörige Wellenlänge ist jeweils in der Klammer in nm angegeben.

10 Optisches Filterglas: Referenzwerte

Die folgenden Daten dienen nur als Referenz. Falls genaue Werte benötigt werden, kontaktieren Sie uns bitte mit Ihrer Anfrage für spezielle Messungen.

Glasart	Dichte ρ in g/cm³	P_d	n_d	Blasen-klasse	Chemische Resistenz			T_g	$HK_{0,1/20}$	CTE in 10^{-6}/K		T_K in nm/K	Empfindlich-keiten*
					FR	SR	AR			– 30 °C/ + 70 °C	+ 20 °C/ + 300 °C		
UG1	2,78	0,913	1,54	1	0	1.0	1.0	580 °C	482	7,9	8,9		
UG2A	2,60	0,918	1,52	2	0	1.0	1.3	484 °C	–	8,7	9,9		
UG5	2,84	0,914	1,54	2	0	3.0	2.0	462 °C	407	8,1	9,4		
UG11	2,92	0,908	1,56	2	0	3.0	2.2	545 °C	440	7,8	9,0		
BG3	2,55	0,921	1,51	1	0	1.0	1.0	478 °C	438	8,8	10,1		
BG7	2,60	0,918	1,52	1	0	1.0	1.0	447 °C	441	8,7	10,0		
BG18	2,68	0,914	1,54	2	0	2.0	2.0	457 °C	462	7,4	8,9		
BG25	2,56	0,920	1,51	1	0	1.0	1.0	459 °C	434	8,9	10,2		
BG38	2,66	0,916	1,53	2	0	2.0	2.0	482 °C	472	7,5	8,9		
BG39	2,74	0,914	1,54	2	0	5.1	3.0	322 °C	386	11,6	13,1**		
S8612	2,66	0,913	1,54	1	0	3.0	3.0	391 °C	470	–	9,5		
BG40	2,74	0,916	1,53	1	0	5.1	3.0	313 °C	383	11,9	13,7**		
BG42	2,69	0,914	1,54	2	0	2.0	2.0	475 °C	467	7,3	8,7		
BG47	2,74	0,914	1,54	0	0	4.3	3.3	416 °C	409	10,0	11,9		
BG55	2,65	0,914	1,54	2	0	2.0	2.0	453 °C	504	7,2	9,1		
BG59	2,81	0,911	1,55	0	0	5.2	3.0	411 °C	431	9,7	11,5		
BG60	2,83	0,914	1,54	2	1	52.3	3.3	411 °C	362	12,0	13,9		
BG61	2,81	0,915	1,53	2	1	52.3	3.3	402 °C	363	11,9	13,9		

Glasart	Dichte ρ in g/cm³	P_d	n_d	Blasen-klasse	Chemische Resistenz			T_g	$HK_{0,1/20}$	CTE in 10^{-6}/K		T_K in nm/K	Empfindlich-keiten*
					FR	SR	AR			– 30 °C/ + 70 °C	+ 20 °C/ + 300 °C		
BG62	2,85	0,914	1,54	2	1	52.3	3.3	410 °C	368	11,9	13,6		
BG63	2,79	0,915	1,53	2	1	52.3	3.3	416 °C	362	11,9	13,9		
BG64	2,78	0,916	1,53	2	1	52.3	3.3	417 °C	371	12,0	13,8		
BG66	2,85	0,914	1,54	0	0	52.3	3.3	411 °C	373	11,8	13,7		
BG67	2,85	0,913	1,54	2	1	52.3	3.3	390 °C	364	11,8	13,7		
S8022	2,77	0,910	1,56	1	0	4.0	3.0	453 °C	–	7,8	8,9		
S8023	2,75	0,913	1,54	1	0	4.0	3.0	444 °C	–	–	9,7**		
VG9	2,87	0,911	1,55	1	0	1.0	1.0	451 °C	449	9,2	10,6		
VG20	2,85	0,913	1,54	2	1	52.3	3.3	390 °C	364	11,8	13,7		
BG36	3,59	0,877	1,69	3	1	52.2	1.2	657 °C	701	6,1	7,2		
S8806A	3,50	0,877	1,69	3	4	52.0	1.3	653 °C	657	6,1	7,3		–
S8851	3,58	0,880	1,68	2	–	–	–	659 °C	–	–	7,2		–
S8008G	2,78	0,912	1,55	0	0	1.0	1.0	480 °C	569	7,6	9,0		–
S8802	2,70	0,915	1,53	0	0	1.0	1.0	510 °C	–	–	10,8		–
S8808	2,91	0,906	1,57	0	2	5.4	1.0	476 °C	474	–	13,3		–
S8809	2,91	0,921	1,57	3	–	–	–	459 °C	485	–	11,9		–
S7000	2,83	0,908	1,56	3	1	1.2	1.0	452 °C	525	8,1	11,1		–
S7005	2,88	0,908	1,56	1	1	1.2	1.0	452 °C	529	9,2	11,5		–

Glasart	Dichte ρ in g/cm³	P_d	n_d	Blasen-klasse	Chemische Resistenz			T_g	$HK_{0,1/20}$	CTE in 10^{-6}/K		T_K in nm/K	Empfindlich-keiten*
					FR	SR	AR			– 30 °C/ + 70 °C	+ 20 °C/ + 300 °C		
S7010N	2,88	0,909	1,56	1	1	1.2	1.0	452 °C	536	9,2	11,5		–
GG395	2,55	0,918	1,52	3	0	1.0	1.0	538 °C	409	7,8	9,0	0,07	
GG400	2,55	0,918	1,52	3	0	1.0	1.0	537 °C	463	7,9	9,1	0,07	
GG420	2,55	0,918	1,52	3	0	1.0	1.0	535 °C	503	7,8	9,0	0,07	
GG435	2,55	0,918	1,52	3	0	1.0	1.0	537 °C	449	7,8	9,1	0,08	
GG455	2,56	0,918	1,52	3	0	1.0	1.0	529 °C	445	8,2	9,5	0,09	
GG475	2,56	0,918	1,52	3	0	1.0	1.0	531 °C	451	8,2	9,4	0,09	
GG495	2,56	0,917	1,52	3	0	1.0	1.0	535 °C	501	8,1	9,4	0,10	
OG515	2,56	0,921	1,51	3	0	1.0	1.0	509 °C	455	7,9	9,0	0,11	
OG530	2,56	0,921	1,51	3	0	1.0	1.0	506 °C	450	7,9	9,0	0,11	
OG550	2,56	0,917	1,51	3	0	1.0	1.0	507 °C	462	7,9	9,0	0,12	
OG570	2,56	0,921	1,51	3	0	1.0	1.0	510 °C	455	7,9	9,0	0,12	
OG590	2,56	0,921	1,51	3	0	1.0	1.0	506 °C	448	7,9	9,0	0,13	
RG610	2,65	0,920	1,51	3	0	1.0	1.0	520 °C	448	8,0	9,2	0,14	
RG630	2,65	0,918	1,52	3	0	1.0	1.0	527 °C	456	8,0	9,2	0,14	
RG645	2,65	0,918	1,52	3	0	1.0	1.0	519 °C	456	8,0	9,2	0,16	
RG665	2,77	0,918	1,52	3	0	1.0	1.0	527 °C	453	8,1	9,4	0,17	
RG695	2,76	0,915	1,53	3	0	1.0	1.0	532 °C	459	8,1	9,4	0,18	

Glasart	Dichte ρ in g/cm³	P_d	n_d	Blasen-klasse	Chemische Resistenz			T_g	$HK_{0,1/20}$	CTE in 10^{-6}/K		T_K in nm/K	Empfindlich-keiten*
					FR	SR	AR			– 30 °C/ + 70 °C	+ 20 °C/ + 300 °C		
RG715	2,76	0,914	1,54	3	0	1.0	1.0	532 °C	545	8,1	9,4	0,18	
RG780	2,94	0,908	1,56	3	5	53.4	1.3	552 °C	401	9,5	10,5	0,22	
RG830	2,94	0,909	1,56	3	5	53.4	1.3	554 °C	436	9,5	10,5	0,23	
RG850	2,93	0,909	1,56	3	5	53.4	1.3	554 °C	441	9,5	10,5	0,24	
RG9	2,58	0,918	1,52	3	0	1.0	1.0	519 °C	459	7,9	9,0	0,06	
RG905	2,54	0,921	1,51	3	0	1.0	1.0	481°C	438	8,8	10,1		
RG1000	2,73	0,913	1,54	3	0	1.0	1.0	476 °C	460	9,0	10,3	0,41	
NG1	2,48	0,918	1,52	2	1	2.2	1.0	465 °C	418	6,5	7,0		
NG3	2,44	0,921	1,51	2	1	2.2	1.0	462 °C	443	6,5	7,3		
NG4	2,42	0,921	1,51	2	1	2.2	1.0	470 °C	423	6,5	7,1		
NG5	2,42	0,923	1,50	2	1	3.2	2.0	482 °C	435	6,6	7,1		
NG9	2,44	0,921	1,51	2	1	3.2	2.0	469 °C	420	6,5	7,0		
NG11	2,41	0,923	1,50	2	1	3.4	2.0	481 °C	460	6,7	7,2		
N-WG205	2,22	0,929	1,48	–	–	–	–	440°C	415	3,86	4,1		
N-WG280	2,51	0,918	1,52	1	0	1.0	2.0	558 °C	610	7,1	8,4	0,06	
N-WG295	2,51	0,918	1,52	1	0	1.0	2.0	565 °C	610	7,2	8,4	0,06	
N-WG305	2,51	0,918	1,52	1	0	1.0	2.0	562 °C	610	7,1	8,4	0,06	
N-WG320	2,51	0,918	1,54	1	0	1.0	2.0	563 °C	610	7,1	8,4	0,06	

Glasart	Dichte ρ in g/cm³	P_d	n_d	Blasen-klasse	Chemische Resistenz			T_g	$HK_{0,1/20}$	CTE in 10^{-6}/K		T_K in nm/K	Empfindlich-keiten*
					FR	SR	AR			– 30 °C/ + 70 °C	+ 20 °C/ + 300 °C		
N-WG360***	2,69	0,917	1,53	3	0	1.0	2.0	522 °C	474	7,8	8,9		–
KG1	2,52	0,918	1,51	3	0	2.0	3.0	599 °C	456	5,3	6,1		
KG2	2,52	0,921	1,51	3	0	2.0	3.0	605 °C	444	5,4	6,3		
KG3	2,52	0,919	1,51	3	0	2.0	4.0	581 °C	442	5,3	6,1		
KG5	2,53	0,921	1,51	3	0	3.0	4.0	565 °C	435	5,4	6,2		

Tabelle 10.1
Physikalische und chemische Eigenschaften (nur Referenz)

* Feuchtebeständigkeit und Solarisationseigenschaften (s. Abschnitt 5.5 und 5.6 des Kapitel „Teil I · Optisches Filterglas – Beschreibung“)
Bei einem „–“ sind keine Daten vorhanden.
** für +20 °C/+200 °C
*** N-WG360 und S8003N sind identisch

11 Reintrans-missionsgraphen

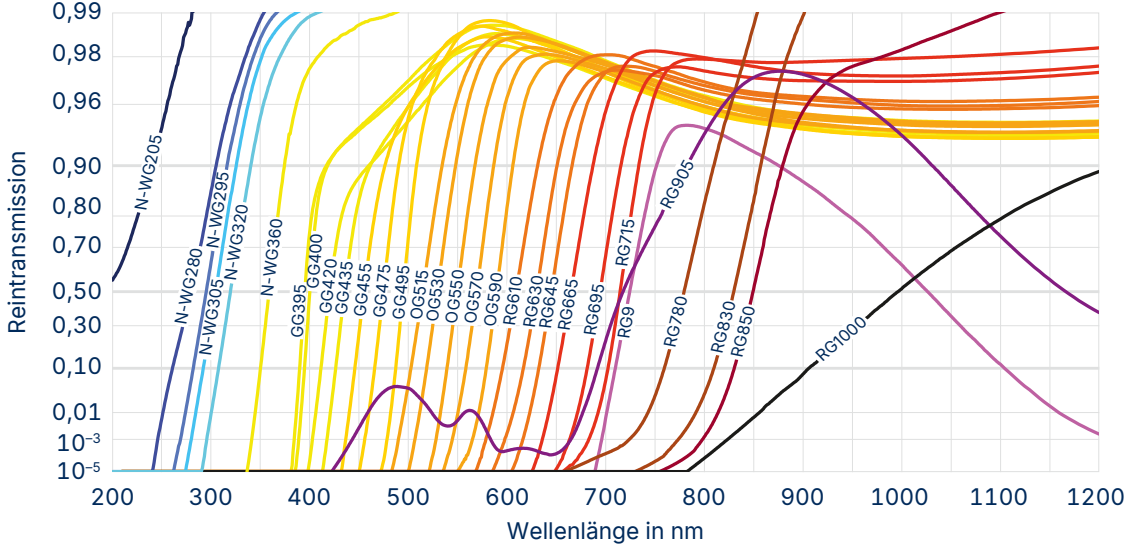
Die Reintransmissionskurven sind als typische Kurven nur zur Erstinformation zu verstehen. Die Grafiken dieses Abschnitts verwenden eine diabatische Skala für die Ordinate. Weitere Informationen finden Sie in den Datenblättern

Die Datenblätter enthalten zusätzliche Informationen zu kolorimetrischen Auswertungen.

Langpassfilter

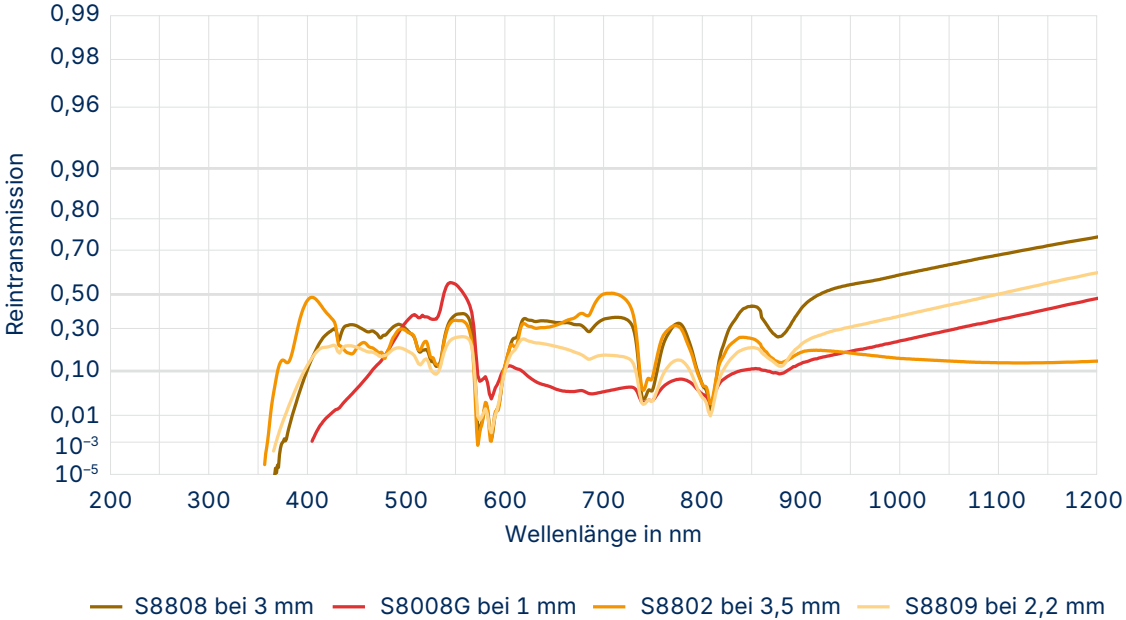
Abb. 11.1

N-WG-Glasarten bei Glasdicke 2 mm, GG-, OG-, RG-Glasarten bei Glasdicke 3 mm, RG905 bei Glasdicke 4 mm



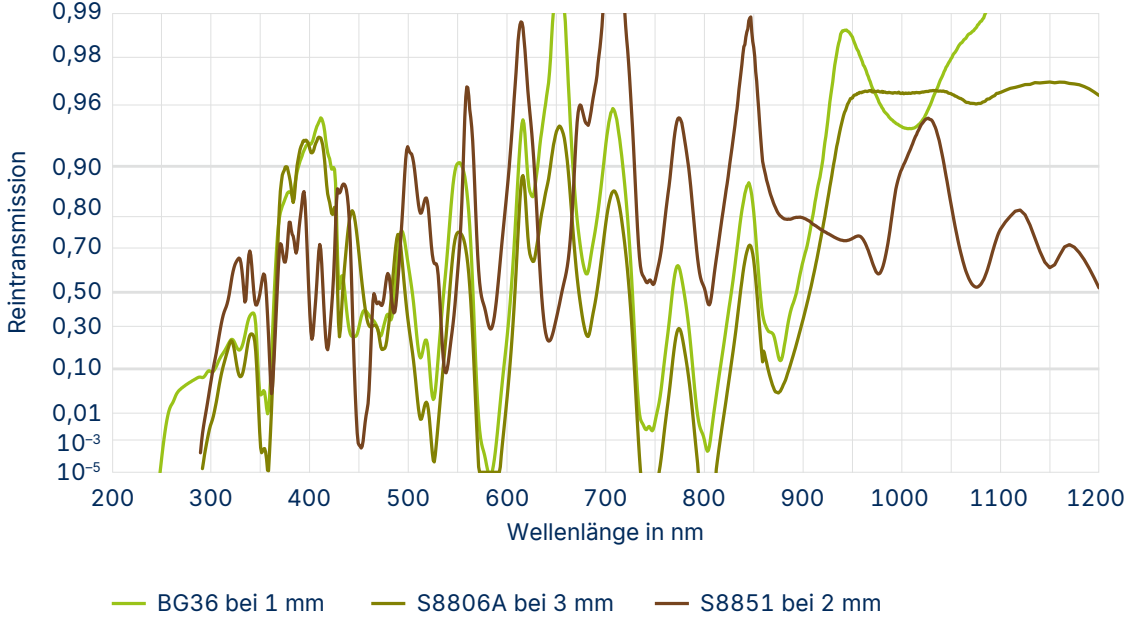
Kontrastverstärkungsfilter S-Glasarten

Abb. 11.2



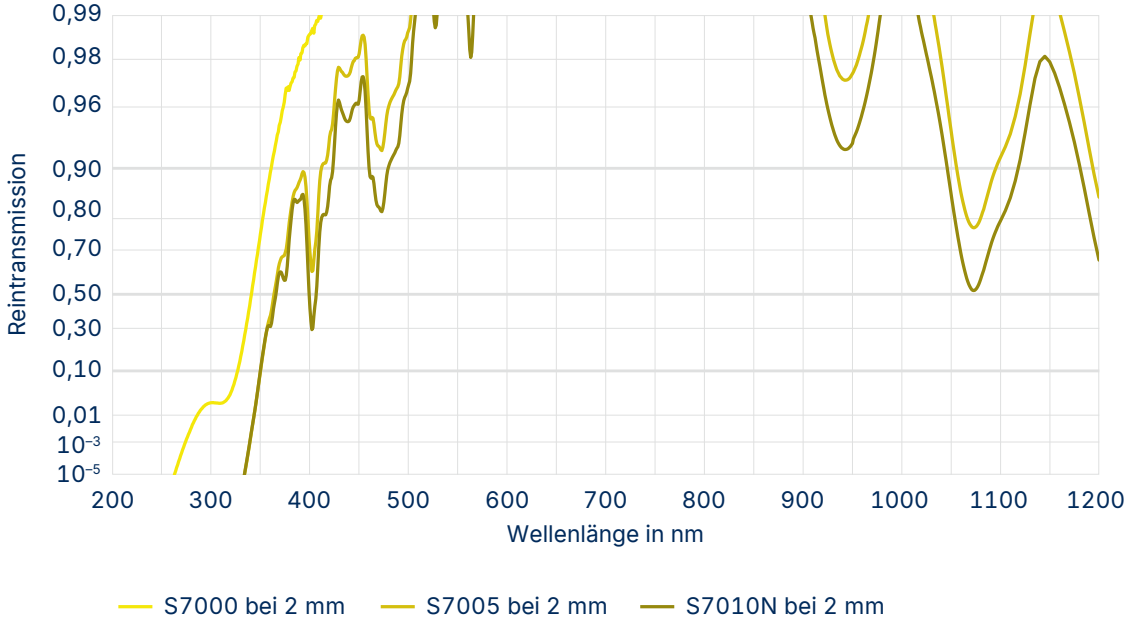
Multibandpassfilter BG- und S-Glasarten

Abb. 11.3



Laserkavitätenfilter S-Glasarten

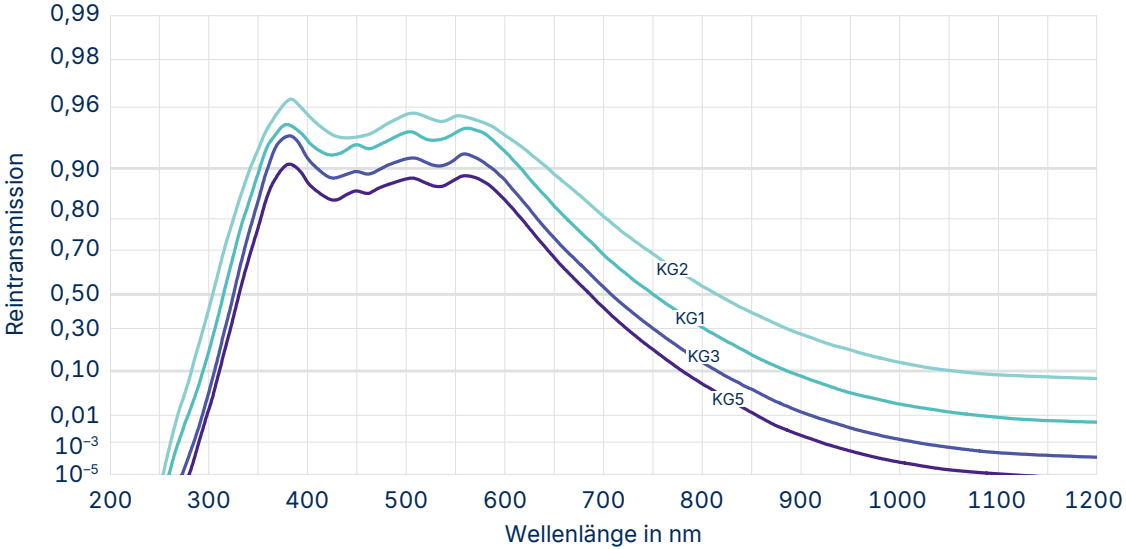
Abb. 11.4



Kurzpassfilter – Hitzeschutzglas

KG-Glasarten

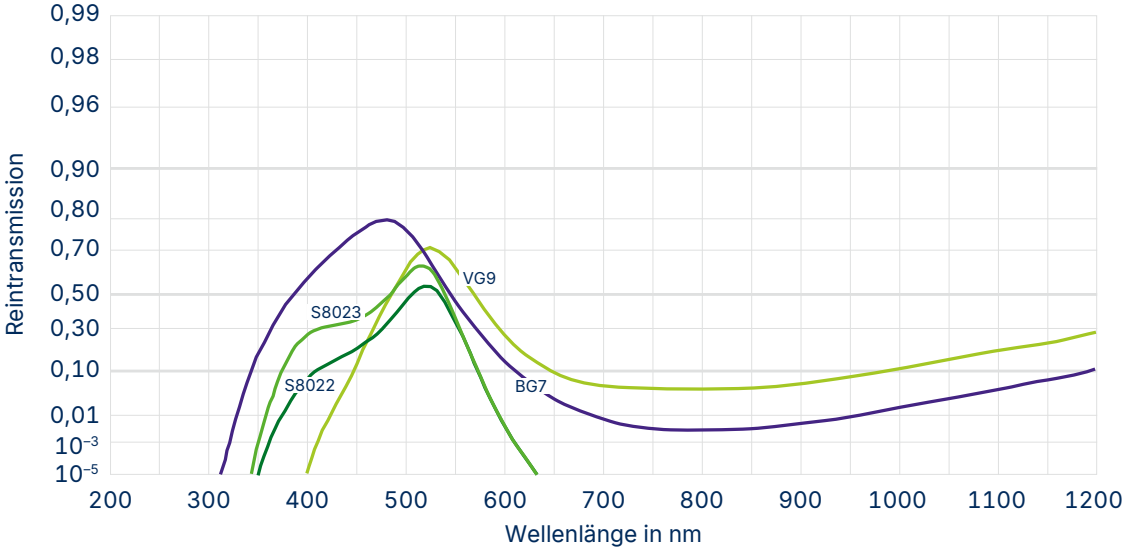
Abb. 11.5



Glasdicke 2 mm

Bandpassfilter (Grün) BG-, VG- und S-Glasarten

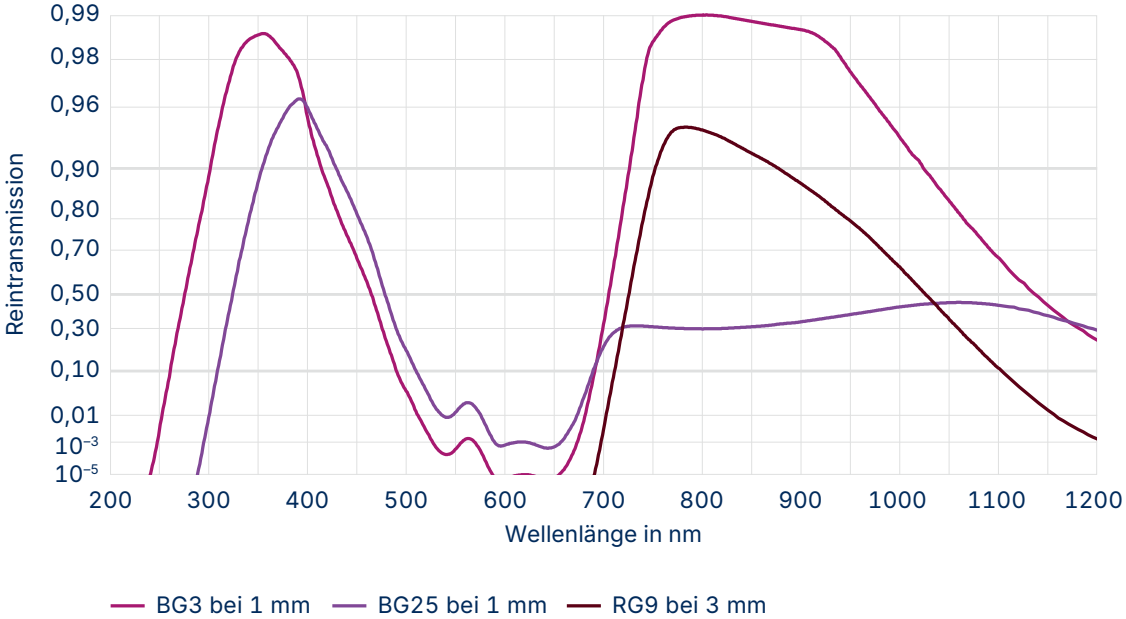
Abb. 11.6



VG9 bei 1 mm, BG7 bei 1 mm, S8022 bei 2 mm, S8023 bei 3 mm

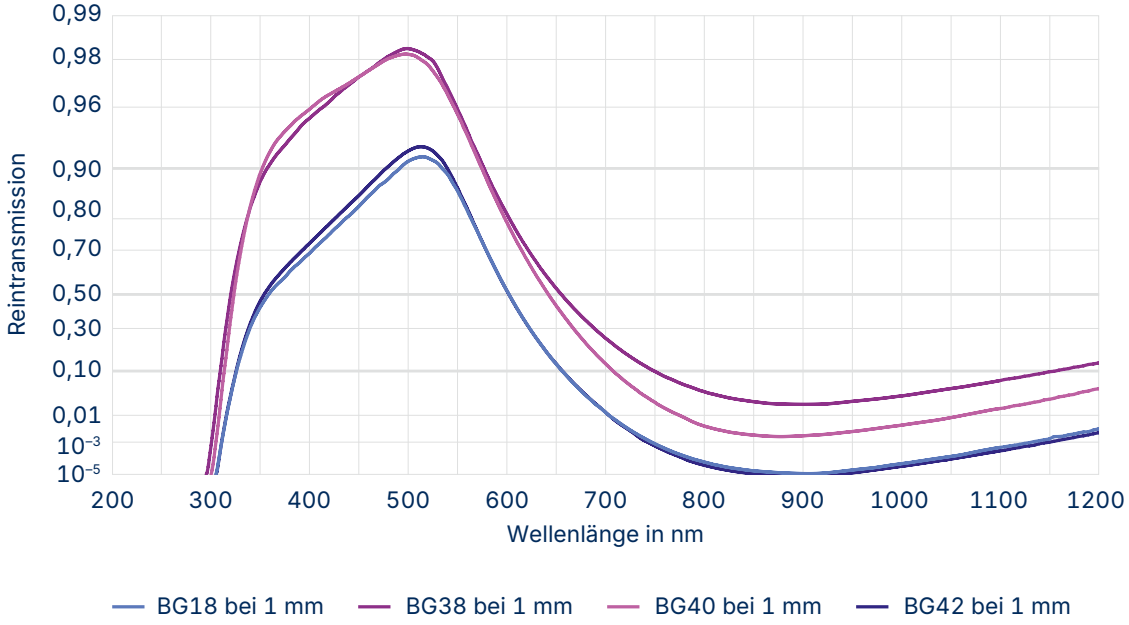
Bandpassfilter (UV-Blau) BG-, RG-Glasarten

Abb. 11.7



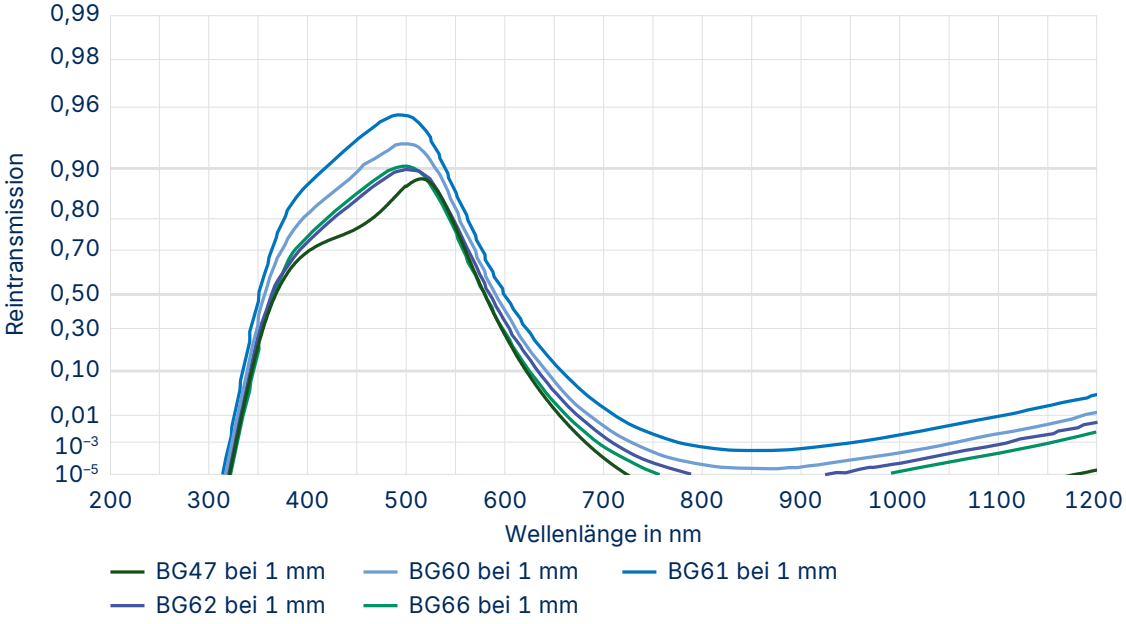
NIR-Sperrfilter 1 BG-Glasarten

Abb. 11.8



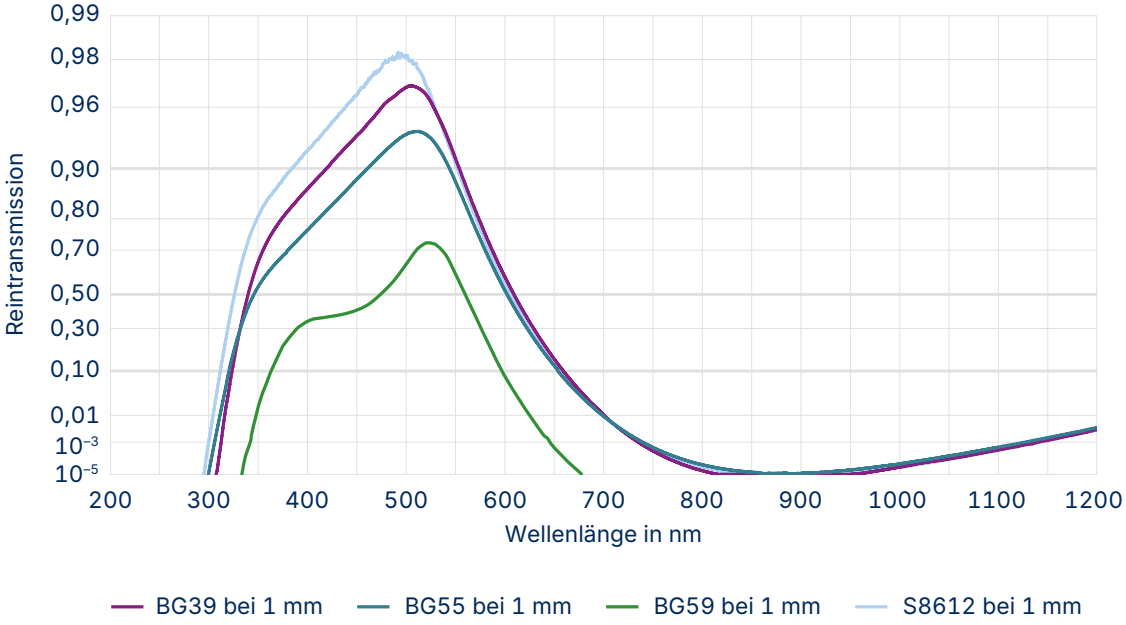
NIR-Sperrfilter 2 BG-Glasarten

Abb. 11.9



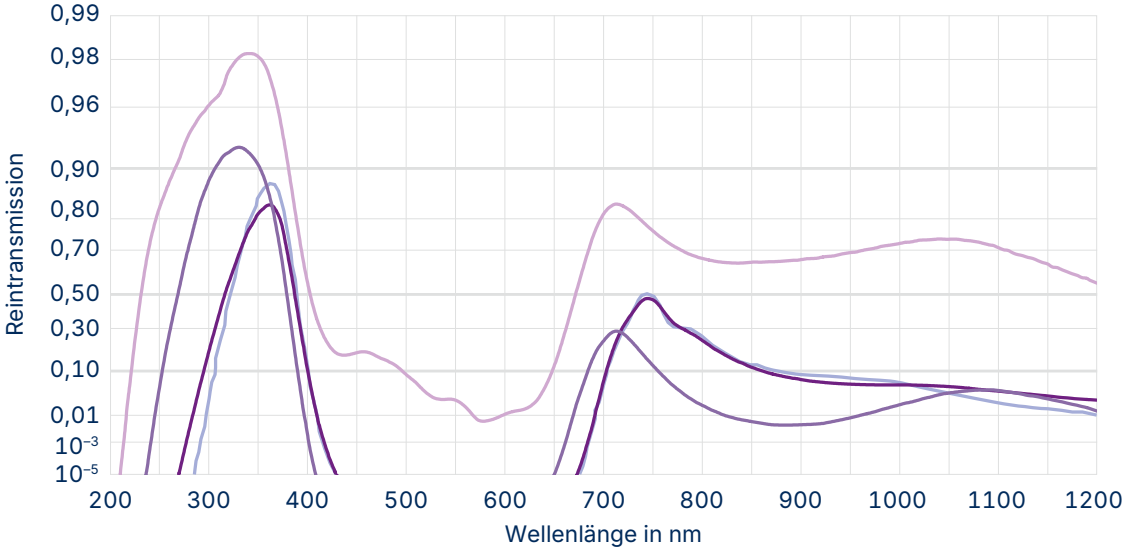
NIR-Sperrfilter 3 BG- und S-Glasarten

Abb. 11.10



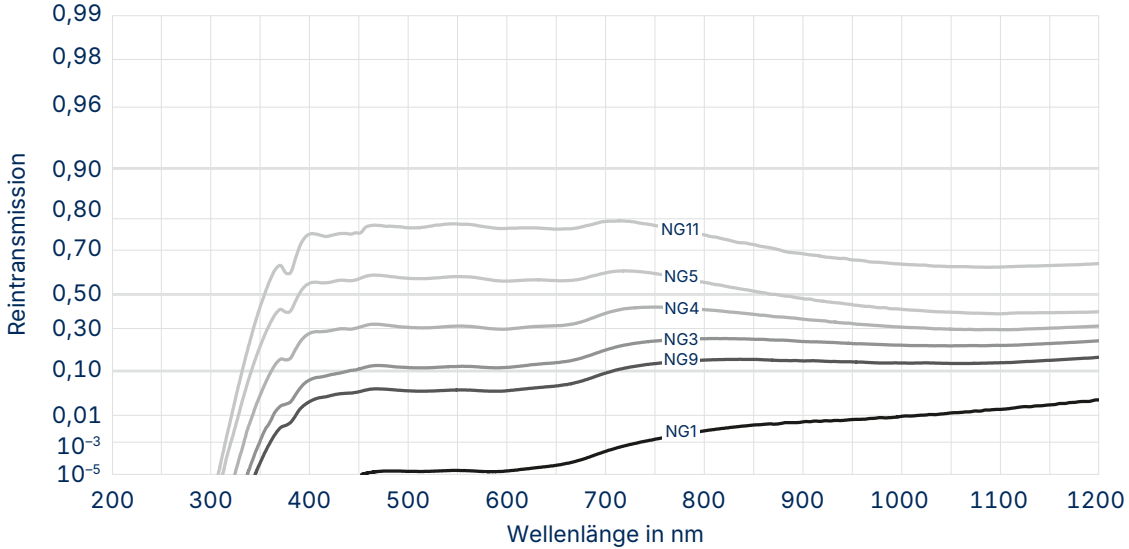
UV-Bandpassfilter UG-Glasarten

Abb. 11.11



Neutraldichtefilter NG-Glasarten

Abb. 11.12



Glasdicke 1 mm

Filterglaskombinationen für die Farbmessung

Abb. 11.13

Filter SFK100A für die Spektralwertfunktionen $\bar{x}(\lambda)$ und $\bar{z}(\lambda)$ des 2° Normalbeobachters nach CIE 1931, siehe Kapitel 3.9.2

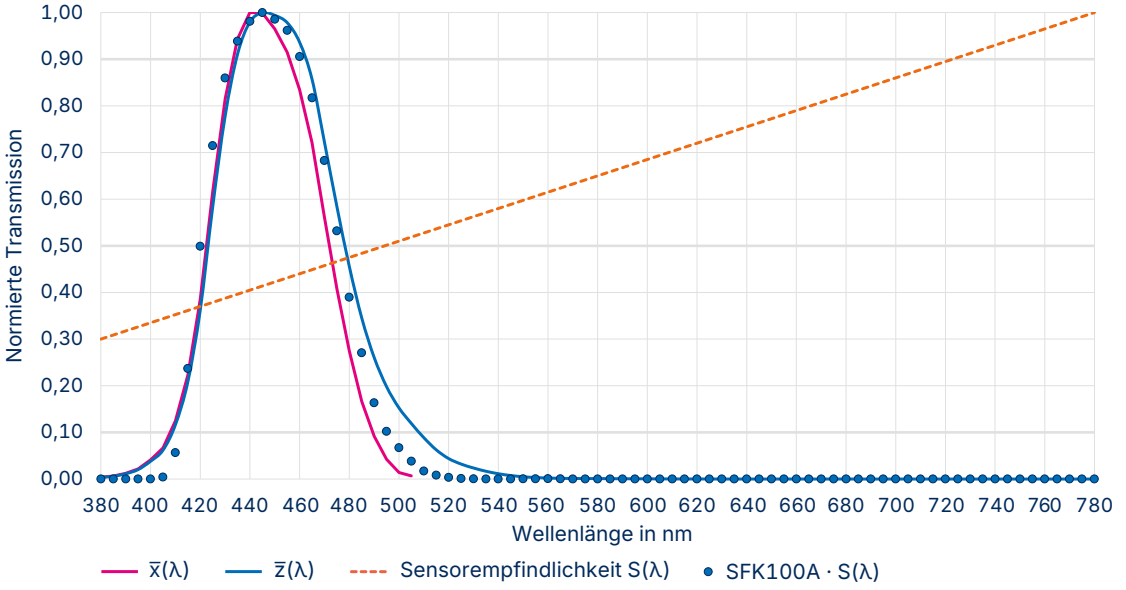


Abb. 11.14

Filter SFK101B für die Spektralwertfunktion $\bar{y}(\lambda)$ des 2° Normalbeobachters nach CIE 1931, siehe Kapitel 3.9.2

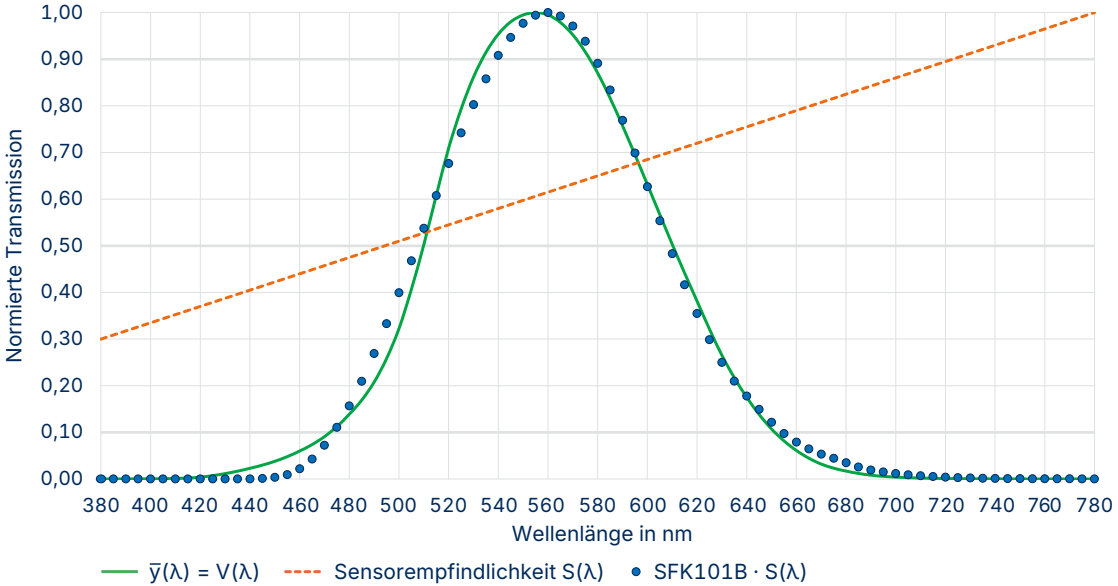
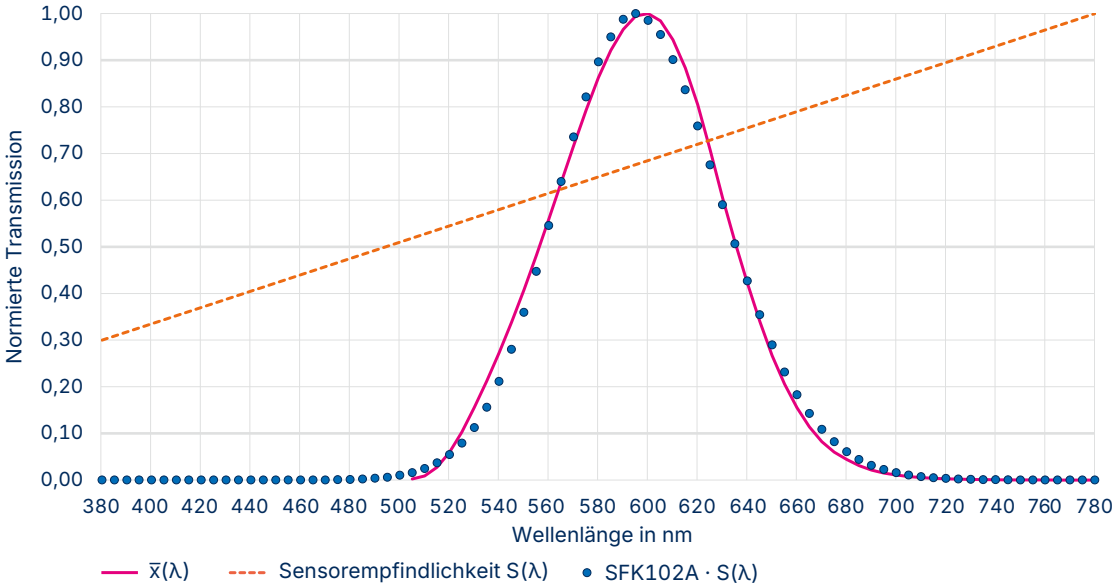


Abb. 11.15

Filter SFK102A für die Spektralwertfunktion $\bar{x}(\lambda)$ des 2° Normalbeobachters nach CIE 1931, siehe Kapitel 3.9.2



12 Toleranzen für polierte Filter

Wir bieten polierte Filter in verschiedenen Abmessungen und optischer Oberflächenqualität an.

12.1 Dimensionen

Die Mindestdicke und Toleranzen gelten nicht für alle möglichen Kombinationen von Abmessungen und Glasarten. Einige empfindliche Gläser erfordern möglicherweise eine größere Dicke oder niedrigere Toleranzen.

Rechteckform	Kantenlänge	minimale Dicke		Facette
		Premium	Standard	
	≤ 300 ± 0,2	1,0 ± 0,1	1,5 ± 0,2	0,1 ~ 0,5
	≤ 120 ± 0,1	0,4 ± 0,1	1,0 ± 0,1	
	≤ 100 ± 0,1	0,4 ± 0,05	0,7 ± 0,1	
	≤ 50 ± 0,1	0,25 ± 0,03	0,5 ± 0,05	
Rundform	**Durchmesser**	**minimale Dicke**		**Facette**
		Premium	Standard	
	≤ Ø 300 ± 0,5	1,5 ± 0,1	2 ± 0,2	0,1 ~ 0,5
	≤ Ø 200 ± 0,1	0,5 ± 0,05	1,0 ± 0,1	
	≤ Ø 150 ± 0,1	0,4 ± 0,05	0,7 ± 0,1	
	≤ Ø 100 ± 0,1	0,3 ± 0,03	0,5 ± 0,05	
	≤ Ø 50 ± 0,1	0,2 ± 0,03	0,4 ± 0,05	
Andere Formen und Abmessungen	Andere Formen und Abmessungen sind auf Anfrage erhältlich (minimaler Ø 4 mm).			

Tabelle 12.1
Mindestdicken als Funktion der Größe. Alle Angaben in mm.

12.2 Polierte Oberflächen

Die Spezifikationen hängen von der Geometrie (Dicke, Größe, Form, effektive Fläche) und dem Material des Filters ab.

	Super	Premium	Standard
ISO 10110-7	5/ 3 x 0,1	5/ 3 x 0,16	5/ 3 x 0,63
MIL-PRF-13830 B	20/10	40/20	60/40
Parallelität	≤ 30"	≤ 30"	30" – 1'

Tabelle 12.2
Oberflächenqualität von polierten Filtern in Standardgröße (Diagonale = 75 mm)

12.3 Optische Qualität

Für die meisten Filtergläser kann der Wellenfrontfehler nach ISO 10110-14 spezifiziert werden.

	Premium	Standard
13/	1 (0,25)	2 (1)

Tabelle 12.3
Wellenfrontfehler für 90 % der polierten Fläche

Impressum

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

Gestaltung, Satz und Druckvorstufe
Knecht GmbH
Gaulsheimer Straße 16
55437 Ockenheim
Germany

Druck
johnen-druck GmbH & Co. KG
Bornwiese 5
54470 Bernkastel-Kues
Germany

MIX
Papier | Fördert gute Waldnutzung
FSC® C013024
www.fsc.org

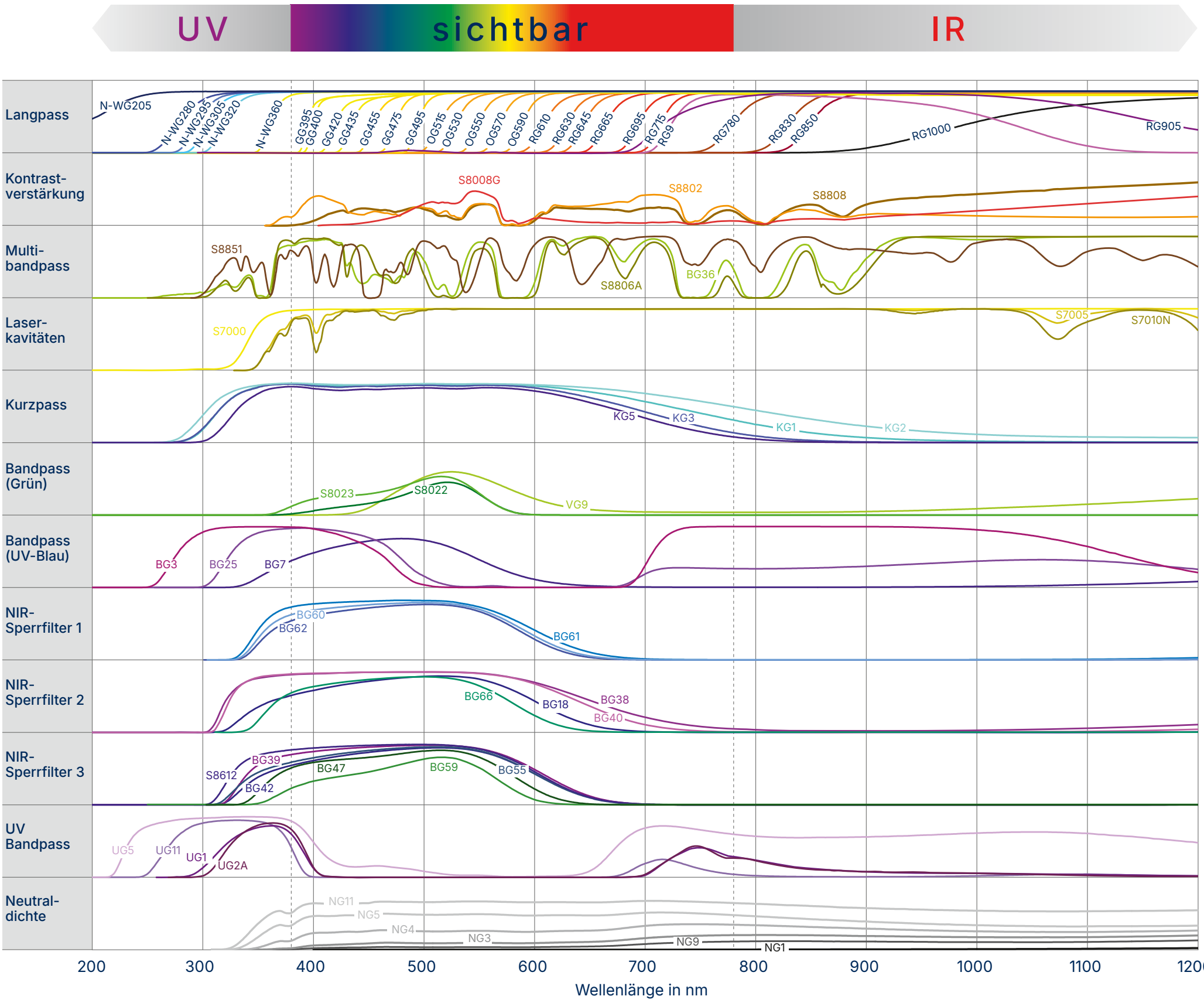
Druckprodukt mit finanziellem
Klimabeitrag
ClimatePartner.com/53510-2511-1002

schott.com

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

10470 GERMAN 11/2025 kn/johnen Printed in Germany

Optisches Filterglas – Reintransmissionsgrad



Januar 2026

SCHOTT