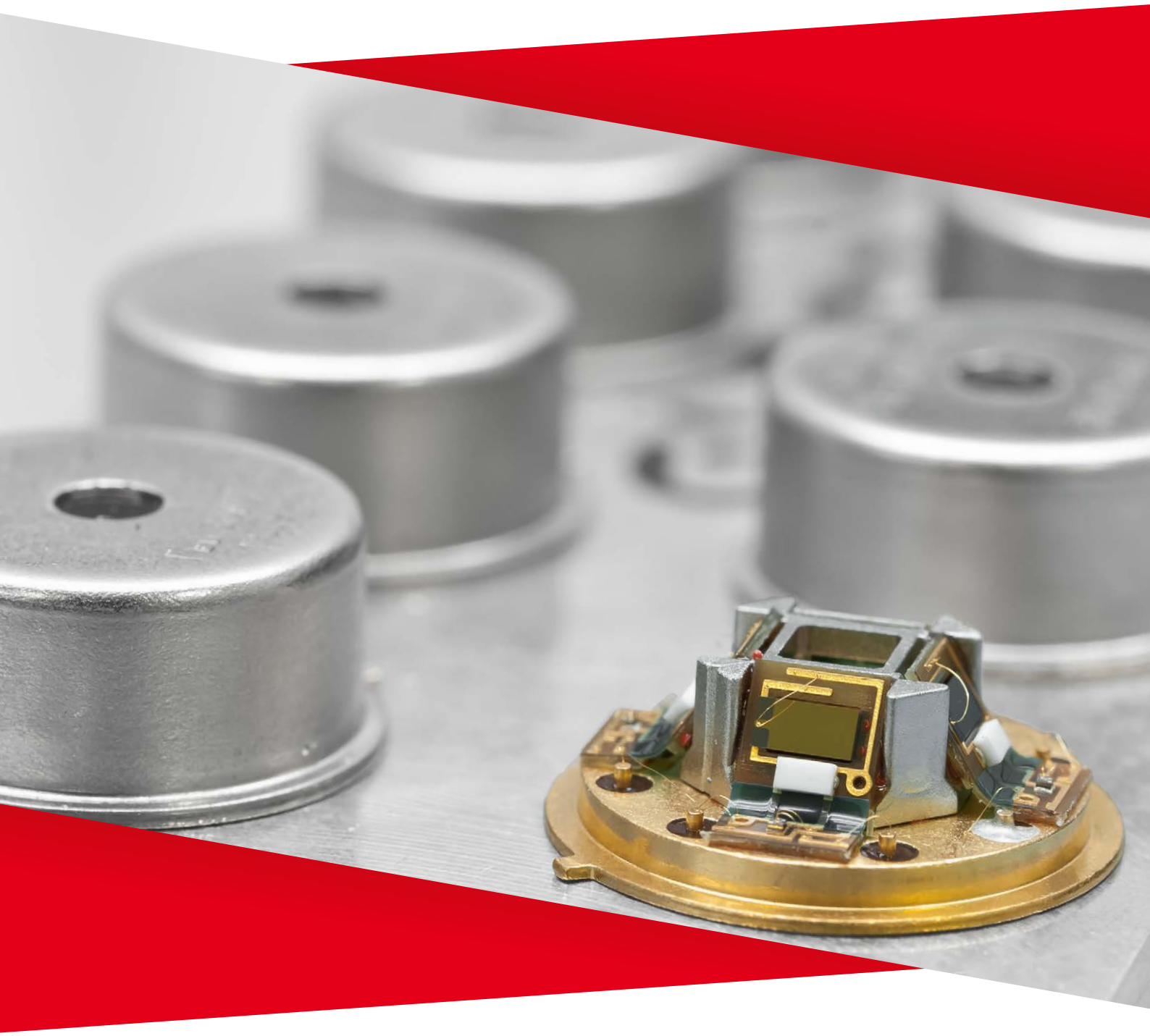
Fenster und Filter



INFRATEC.

Unsere Produkte

Je nach Applikation muss das Filter Strahlung in verschiedenen spektralen Bereichen durchlassen, was sowohl deren Position als auch deren Begrenzung nur nach einer oder nach beiden Seiten betrifft. Ein Langpass (LWP = longwave pass) lässt nur Strahlung oberhalb einer Grenzwellenlänge durch (cut-on). Ein Kurzpass (SWP = shortwave pass) sperrt dagegen ab einer gewissen Grenzwellenlänge (cut-off). Zum Beispiel kann Silizium mit Antireflexionsbeschichtung als Langpass und Kalziumfluorid aufgrund der Lage seiner Absorptionskante als Kurzpass fungieren. Ein Bandpass kann als Kombination aus Lang- und Kurzpass betrachtet werden, wobei sich die Durchlässigkeitsbereiche so überlappen, dass ein Durchlassband entsteht. Abhängig von der Breite dieses Bandes wird das Filter als Breitbandfilter (WBP = wide bandpass) oder Schmalbandfilter (NBP = narrow bandpass) bezeichnet. Letztere sind besonders wichtig für die Gasanalyse.

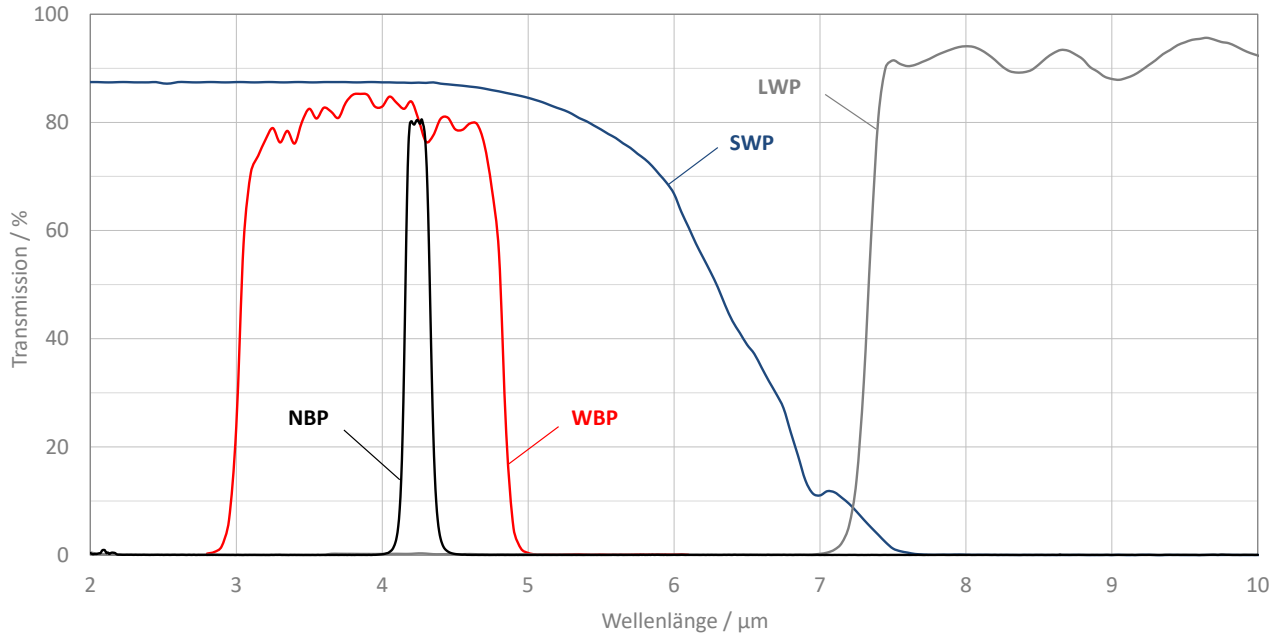


Abbildung 1: Darstellung verschiedener Bandpassfilter

2.4.2 Bandpass-Parameter

Der Transmissionsbereich eines Bandpasses wird durch die Zentralwellenlänge CWL (CWL = center wavelength), die Halbwertsbreite HPBW (HPBW = half power bandwidth) und die Peak-Transmission T_{pk} charakterisiert. Die Peak-Transmission sollte einen Wert von 70 % möglichst nicht unterschreiten, damit das Detektorsignal nicht zu gering wird. Bei der Cut-on- und Cut-off-Wellenlänge ($\lambda_{\text{cut-on}}, \lambda_{\text{cut-off}}$) ist die Transmission genau die Hälfte der Peak-Transmission.

$$T(\lambda_{\text{cut-off}}) = T(\lambda_{\text{cut-on}}) = \frac{T_{pk}}{2} \qquad \text{HPBW} = \lambda_{\text{cut-off}} - \lambda_{\text{cut-on}} \qquad \lambda_{\text{cut-off}} > \lambda_{\text{cut-on}}$$

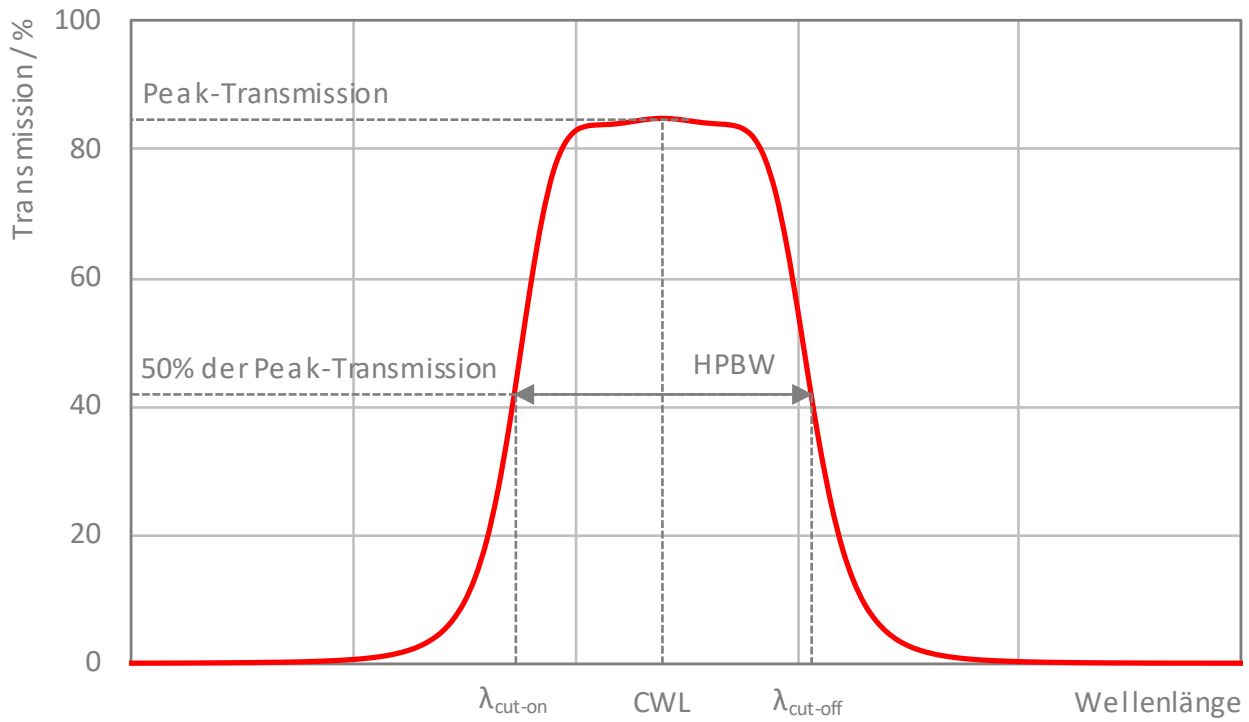


Abbildung 2: Transmissionsbereich eines Bandpasses

Die Zentralwellenlänge gibt die „Mitte“ des Bandpasses an und wird aus den Cut-on- und Cut-off-Wellenlängen berechnet[1]:

$$\text{CWL} = \frac{\lambda_{\text{cut-on}} + \lambda_{\text{cut-off}}}{2}$$

Außerhalb des Passbandes, im Blockungsbereich, sollte die Transmission des Filters möglichst gering sein < 0,1 … 1 %, da sonst zusätzliche, störende Signalanteile entstehen. Da diese Anteile nicht durch die zu messende Größe beeinflusst sind, auf die der Bandpass abgestimmt ist, vermindert eine Transmission im Blockungsbereich die Messempfindlichkeit der Anwendung.

[1] InfraTec benutzt als Basis der CWL-Definition die Wellenlänge, nicht die Wellenzahl.

2.4.3 Standard-Schmalbandfilter

Schmalbandfilter sind wegen ihrer geringen Halbwertsbreite besonders gut für die Gasanalyse geeignet. So können selbst eng benachbarte Absorptionsbanden verschiedener Gase klar getrennt werden. Das in der Tabelle angegebene Gas entspricht der typischen Anwendung des Filters. Im Einzelfall kann es aber sinnvoll sein, eine andere Gasbande und damit ein kundenspezifisches Filter zu benutzen. Die Auswahl der Filter hängt auch immer wesentlich davon ab, welche Gase in welcher Konzentration im zu messenden Gemisch vorhanden sind. Das gilt allgemein, besonders aber für das Referenzfilter. So gibt es für einige Gase auch mehrere verschiedene Standardfilter zur Auswahl.

Beim Einsatz der Filter ist zu beachten, dass sich je nach Applikation die Blockung nicht bei allen Filtern ausreichend weit in den langwelligen Bereich (z. B. > 15 µm) erstreckt. Ein zusätzliches Blockungselement für den langwelligen Bereich kann deshalb im Einzelfall erforderlich sein.

Bezeichnung (CWL / HPBW)	**Gas**	**Code**	**Toleranz der CWL / nm**	**Toleranz der HPBW / nm**	**Abbildung**
NBP 3.09 µm / 160 nm Reference	-	**M**	± 30	± 20	7
NBP 3.72 µm / 90 nm Reference	-	**B**	± 30	± 20	7
NBP 3.90 µm / 90 nm Reference	-	**R**	± 30	± 20	7
NBP 3.95 µm / 90 nm Reference	-	**H**	± 30	± 20	7
NBP 3.33 µm / 160 nm Methane	CH_4	**C**	± 20	± 20	7
NBP 3.40 µm / 120 nm HC[2]	HC	**G**	± 30	± 20	7
NBP 4.30 µm / 600 nm Flame	Flamme	**F**	± 30	± 30	8
NBP 4.26 µm / 90 nm CO_2 narrow	CO_2	**T**	± 20	± 20	5
NBP 4.26 µm / 180 nm CO_2 standard	CO_2	**D**	± 20	± 20	5
NBP 4.27 µm / 170 nm CO_2 high AOI	CO_2	**Z**	± 30	± 20	5
NBP 4.45 µm / 60 nm CO_2 long path	CO_2	**E**	± 20	± 20	5
NBP 4.66 µm / 180 nm CO centered	CO	**I**	± 40	± 20	6
NBP 4.74 µm / 140 nm CO flank	CO	**K**	± 20	± 20	6
NBP 5.30 µm / 180 nm NO	NO	**L**	± 40	± 20	8
NBP 5.80 µm / 100 nm H_2O	H_2O	**W**	± 50	± 20	8
NBP 6.20 µm / 120 nm NO_2	NO_2	**N**	± 50	± 20	8
NBP 7.30 µm / 200 nm SO_2	SO_2	**U**	± 40	± 30	8

Ihre Fragen zur Filterauswahl beantworten wir Ihnen jederzeit gern. Weitere Filter erhalten Sie auf Anfrage.

[2] Hydrocarbons = Kohlenwasserstoffe

2.4.4 Standard-Kristallfenster

Bezeichnung (inkl. Dicke)	Code	Material	Transmission > 80 %	Abbildung
CaF_2 0.4 mm	**60**	Kalziumfluorid	UV ... 10,5 µm	9
CaF_2 0.7 mm	**61**	Kalziumfluorid	UV ... 10 µm	9
CaF_2 1.0 mm	**62**	Kalziumfluorid	UV ... 10 µm	9
BaF_2 0.4 mm	**63**	Bariumfluorid	UV ... 13,5 µm	10
BaF_2 1.0 mm	**64**	Bariumfluorid	UV ... 13 µm	10
CsI 0.8 mm	**65**	Cäsiumiodid*	UV ... 50 µm	12
KBr 0.8 mm	**66**	Kaliumbromid*	UV ... 30 µm	12
Saphir 0.4 mm	**68**	Saphir	UV ... 5,5 µm	11
Saphir 0.6 mm	**69**	Saphir	UV ... 5,5 µm	11
Saphir 0.6 mm	**69-S**	Saphir (gelötet)	UV ... 5,5 µm	11
Si uncoated 0.5 mm	**70**	Silizium	1 ... 50 µm**	12

* mit Feuchteschutzbeschichtung
** Transmission etwa 50 %

2.4.5 Standard-Siliziumfenster

Bezeichnung	Code	Eigenschaften	Transmission > 70 %	Abbildung
Si ARC 2 – 5 µm	**10**	Antireflexbeschichtung	2 ... 7 µm	13
Si ARC 3 – 6 µm	**11**	Antireflexbeschichtung	3 ... 7 µm	13
Si ARC 3 – 10 µm	**12**	Antireflexbeschichtung	3 ... 12 µm	13
Si WBP 3 – 5 µm	**13**	Breitbandpass	3 ... 5 µm	14
Si WBP 8 – 14 µm	**14**	Breitbandpass	8 ... 14 µm	14
Si LWP 5.3 µm	**15**	Langpass	6 ... 15 µm	15
Si LWP 6.5 µm	**16**	Langpass	7 ... 14 µm	15
Si LWP 7.3 µm	**17**	Langpass	8 ... 11 µm	15

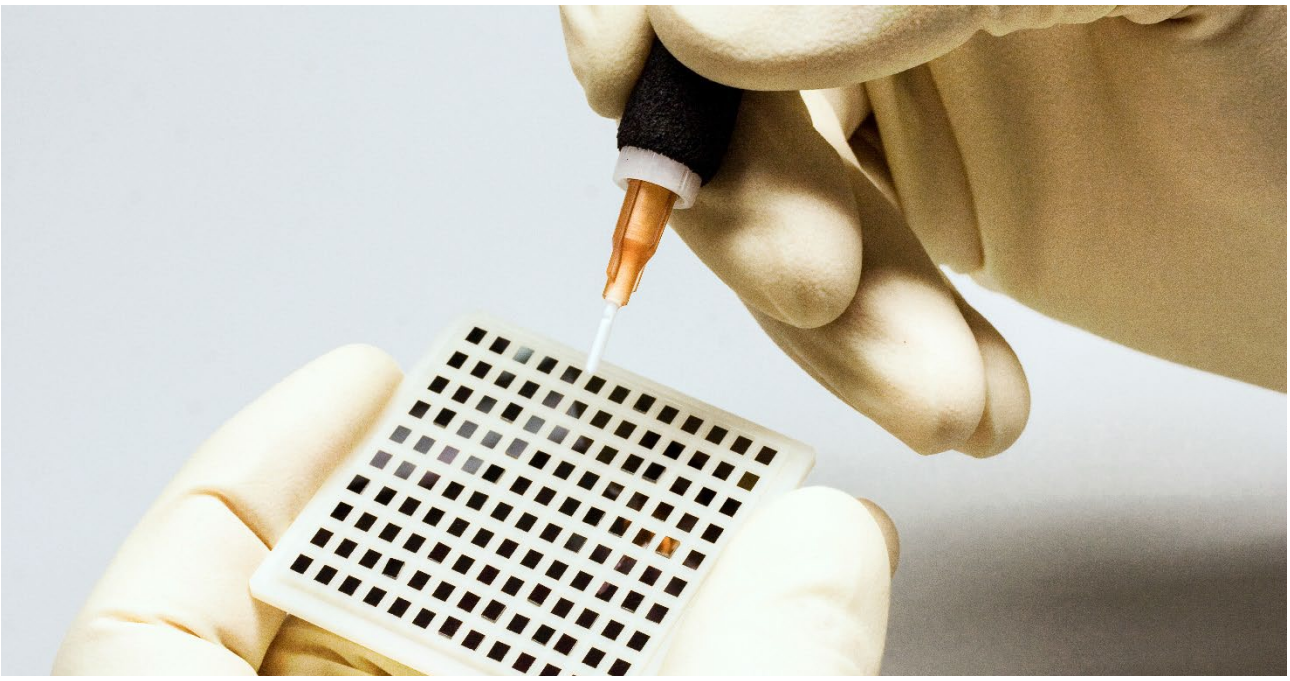
2.4.6 Thermische und geometrische Einflüsse auf die spektralen Parameter

Die Zentralwellenlänge des Bandpasses ist auch vom Einfallswinkel der einfallenden Strahlung sowie von der Umgebungstemperatur abhängig und wird meist für parallele Strahlung mit einem Einfallswinkel (AOI = angle of incidence) von 0° bei einer Temperatur von 23 °C spezifiziert. Die CWL verschiebt sich bei höheren Umgebungstemperaturen zu höheren Wellenlängen. Vergrößert man hingegen den Einfallswinkel, verschiebt sich die CWL zu kürzeren Wellenlängen. Beide Einflussfaktoren wirken sich in unterschiedlichem Maße auf Transmission und Halbwertsbreite aus. Die Verschiebung der CWL bei Temperaturänderung ist näherungsweise linear, sodass diese mittels eines Temperaturkoeffizienten (TC) charakterisiert werden kann. Die Abhängigkeit der Winkeldrift der CWL ist dagegen komplexer. Meist wird nur die Differenz für Einfallswinkel von 15° und 0° spezifiziert.

Das Filterdesign wird üblicherweise für einen der beiden Parameter optimiert. Aufgrund des stärkeren Einflusses des Einfallswinkels auf die CWL werden die meisten InfraTec Standardfilter im Low angular shift Design angeboten. Bei geringen Einfallswinkeln aber schwankender Umgebungstemperatur kann jedoch ein Low TC Design sinnvoller sein. Kundenspezifische Filter sind deshalb in der Regel sowohl im Low angular shift als auch im Low TC Design verfügbar.

Klassifizierung der InfraTec Standardfilter

Design	Standardfilter-Code	CWL-Verschiebung bei AOI = 15°	CWL-Verschiebung bei Temperaturdrift
Low angular shift[3]	B, C, E, F, H, I, K, L, M, N, R, T, U, W, Z	8 ... 20 nm	> 0,4 nm / K
Low TC[4]	D, G	> 30 nm	0,2 ... 0,3 nm / K



[3] Low angular shift = geringe Abweichung der CWL bei nicht senkrechtem Einfall
[4] Low TC = geringer Temperaturkoeffizient der CWL

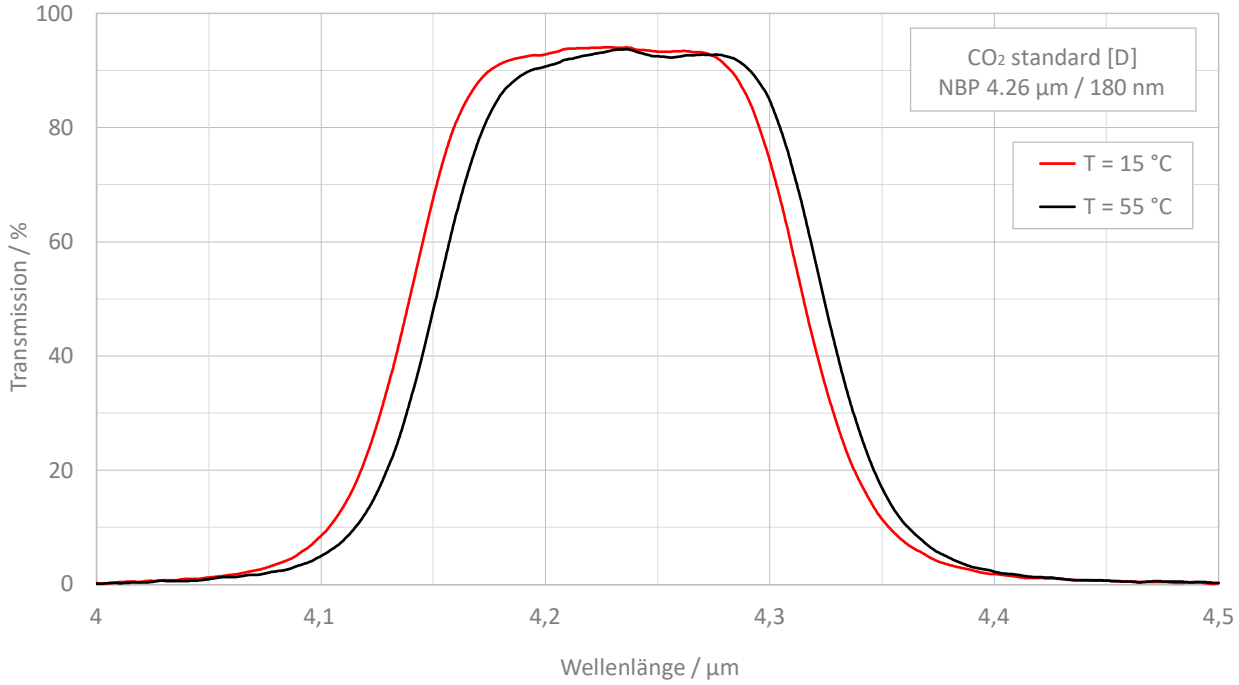


Abbildung 3: Einfluss der Temperaturerhöhung auf CWL

Der Einfluss von Winkel- und Temperaturdrift sind in den hier dargestellten Spektren am Beispiel des InfraTec D-Filters (Low TC Design) dargestellt. In diesem Fall ist der Einfluss auf die CWL durch eine Temperaturerhöhung um 40 K geringer (Abbildung 3) als durch die Änderung des Einfallswinkels von 0° auf 15° (Abbildung 4).

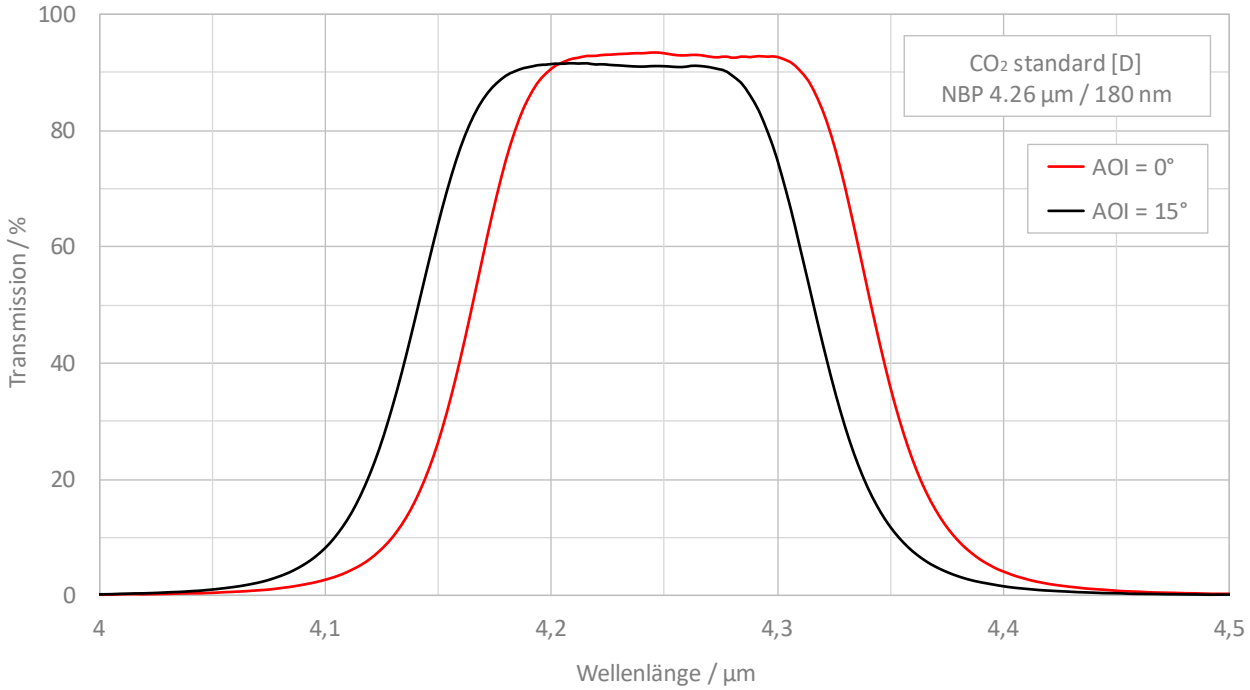
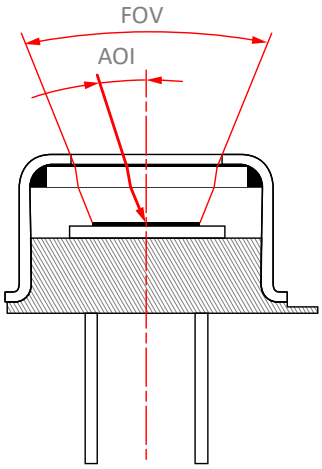


Abbildung 4: Einfluss der Änderung des Einfallswinkels auf CWL

2.4.7 Sichtfeld des Detektors



Das Sichtfeld des Detektors (FOV = field of view) ist für Applikationen wie die Flammensensorik ein wichtiger Parameter. Dieser wird allerdings von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich definiert. InfraTec verwendet als FOV jenen Öffnungswinkel, bei dem der Pyro-Chip gerade noch vollständig ausgeleuchtet wird.

Definiert man den FOV jedoch so, dass auch eine Teilausleuchtung zugelassen ist, erhält man einen zahlenmäßig größeren Öffnungswinkel. Das Signal bleibt das gleiche. Das heißt, hier wird eine höhere Performance vorgetäuscht, die nicht vorhanden ist.

Der FOV sollte optimal gewählt sein, um den Anteil der gewünschten Strahlung zu maximieren bzw. jenen der ungewünschten zu minimieren. Für die Gasanalyse sollte aufgrund der CWL-Verschiebung des IR-Filters der maximale AOI deutlich kleiner als der halbe FOV sein.

Der FOV kann durch ein Filtersubstrat mit hoher Brechzahl und durch eine Verringerung des Abstands zwischen Pyro-Chip und Filter vergrößert werden. Die folgende Tabelle gibt den FOV exemplarisch für verschiedene Detektortypen und Fenster an.

Optische Kanäle	**Detektortyp**	**FOV für verschiedene Filtersubstrate**		
		CaF_2 / BaF_2 0,4 mm dick	**Silizium 0,5 mm dick**	**Silizium 1,0 mm dick**
Einkanaldetektor	LIE-316	65°	70°	80°
	LME-335	80°	90°	110°
Planarer Mehrkanaldetektor	LIM-222	-	20°	25°
	LMM-244	-	50°	70°
PYROMID® Mehrkanaldetektor	LRM-254*	-	70°	60°
	LRM-274*	-	105°	90°

*Zentralfenster Si 0,5 mm

2.4.8 Kundenspezifische Filter in InfraTec-Detektoren

Hochgenaue Messaufgaben erfordern oft spezielle anwendungsspezifische IR-Filter. InfraTec bietet für Musterbau und Serienfertigung an, auch kundenspezifische Filter in die Detektoren einzubauen. Dafür gibt es zwei unterschiedliche Wege:

1. **Spezifikation durch den Kunden und Beschaffung durch InfraTec**
   Dabei übernimmt InfraTec die komplette Verantwortung für die Einhaltung der Spezifikation, die Beschaffung und Verarbeitung der Filter.

2. **Beschaffung und Beistellung durch den Kunden**
   Dabei stellt der Kunde sicher, dass die Filter die benötigten Eigenschaften besitzen, problemlos verarbeitet und insbesondere unter Bedingungen einer Serienfertigung in die Detektoren eingebaut werden können. Für die Einhaltung der Spezifikation beigestellter IR-Filter ist der Kunde verantwortlich. Die Wareneingangsprüfung bei InfraTec beschränkt sich hier auf die stichprobenartige Prüfung der spektralen Eigenschaften CWL und HPBW.

   In der Regel sollten Filter-Chips, die bereits in passender Größe beim Hersteller gesägt wurden, beigestellt werden. Die korrekten Maße und Toleranzen für den jeweiligen Detektortyp finden Sie in den zugehörigen Datenblättern unter „Filter sizes“. Die Standarddicke für alle Filter beträgt 0,5 $^{+0,2}_{-0,1}$ mm. In vielen InfraTec-Detektoren können aber Filter-Chips von bis zu 1,1 mm Dicke verwendet werden.

   Aus der Anzahl der bestellten Detektoren ermitteln wir unter Berücksichtigung der Ausbeute die beizustellende Zahl der Filter und teilen Ihnen diese mit. Zur Berücksichtigung qualitativer Besonderheiten bitten wir uns den Filterlieferanten zu benennen.

   Zur Unterstützung der Design-In Phase können wir für Mustermengen auch beigestellte IR-Filter-Wafer auf Si- oder Ge-Substrat in die benötigte Chipgröße sägen. InfraTec kann in diesem Fall aber leider keine Haftung für Filterschichtablösungen oder andere Beschädigungen übernehmen, die während des Sägens auftreten können.

   Bitte sprechen Sie uns vor einer Filterbestellung an, damit wir gemeinsam die technische Machbarkeit prüfen können.

   Die empfindlichen IR-Filter müssen in einer geeigneten Verpackung versendet werden. Wir empfehlen:
   - Vereinzelte Chips in passendem „Waffle pack“
   - Gesägte Chips auf Sägefolie (z. B. Nitto Klebefolie)

   Ein hoher Reinheitsgrad ist Voraussetzung für eine sichere Montage und damit eine luft- und feuchtedichte Versiegelung des Bauelements zwischen Filter-Chip und Detektorkappe. Deshalb sollten bei der Handhabung der Filter zumindest reinraumähnliche Bedingungen eingehalten werden. Die beigestellten Filter dürfen keine Verschmutzungen, Fingerabdrücke, Reste von Tintenschreibern, Klebstoffen, Kitten oder Folien aufweisen. Auf Wafern müssen schadhafte oder aus anderen Gründen nicht verwendbare Flächen (z. B. wegen eingravierter Beschriftungen) eindeutig gekennzeichnet (geinkt) sein.

Haben Sie Fragen zum Einsatz kundenspezifischer Filter und Fenster? Unsere Experten beraten Sie jederzeit gern.

2.4.9 Transmissionsspektren der Standard-NBP-Filter

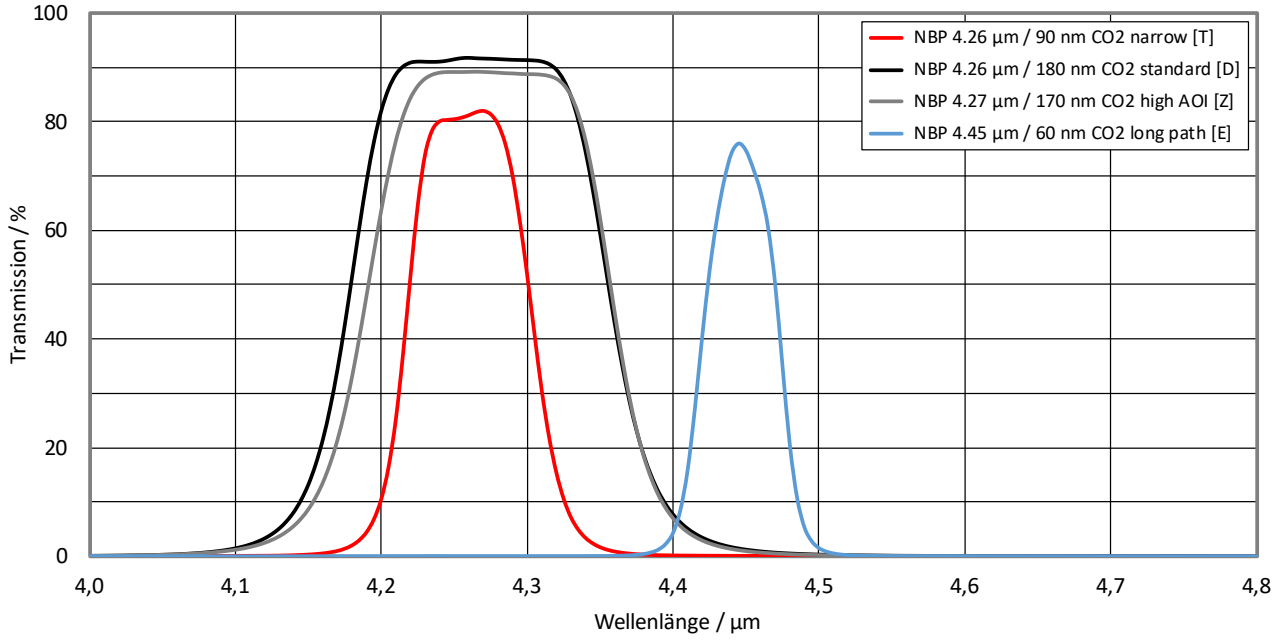


Abbildung 5: NBP-Filter zur Messung von Kohlendioxid

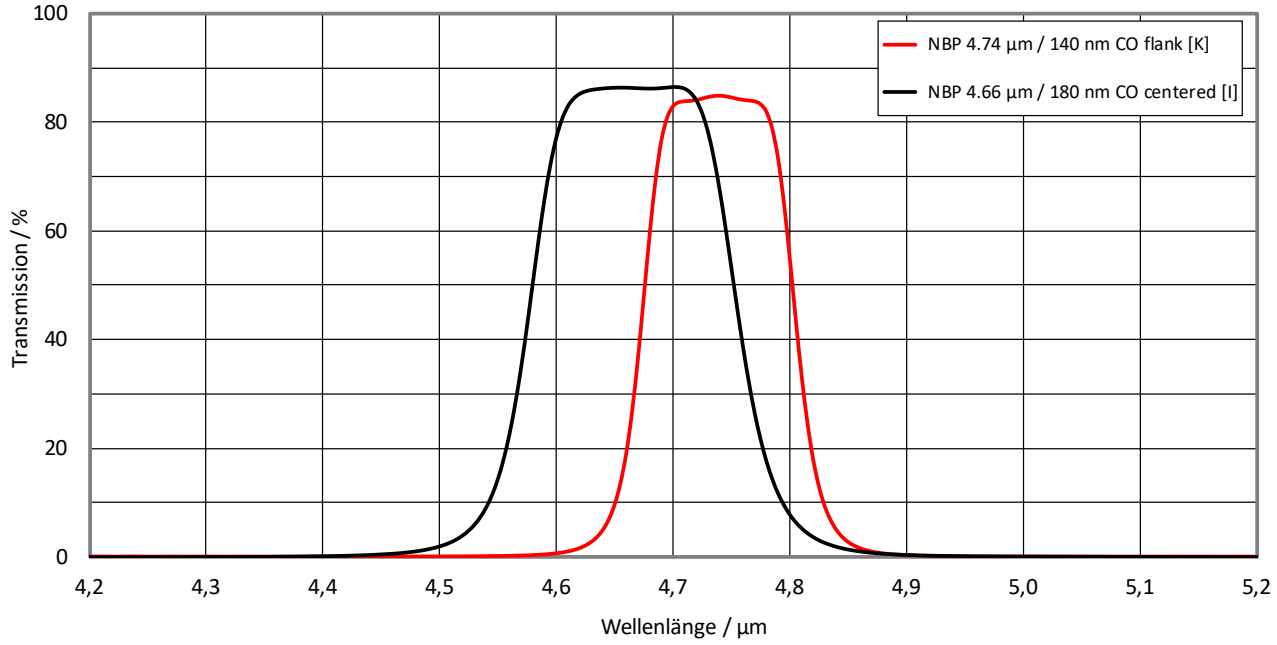


Abbildung 6: NBP-Filter zur Messung von Kohlenmonoxid

Unsere Produkte

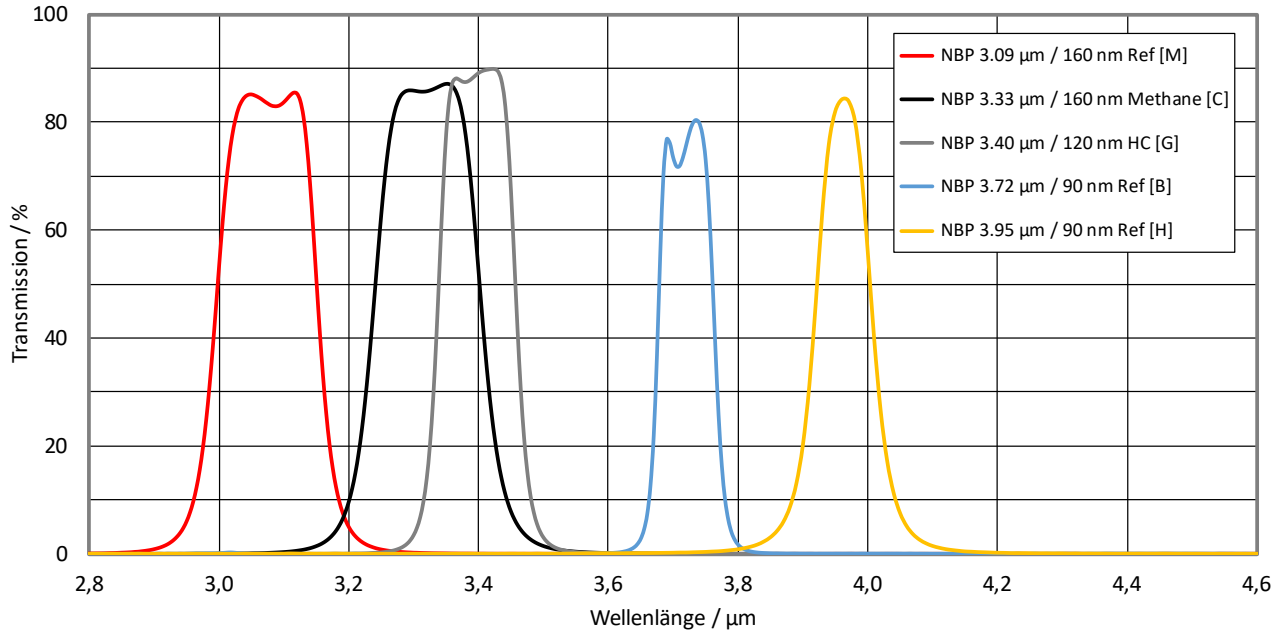


Abbildung 7: NBP-Filter zur Messung von Kohlenwasserstoffen und Referenzfilter

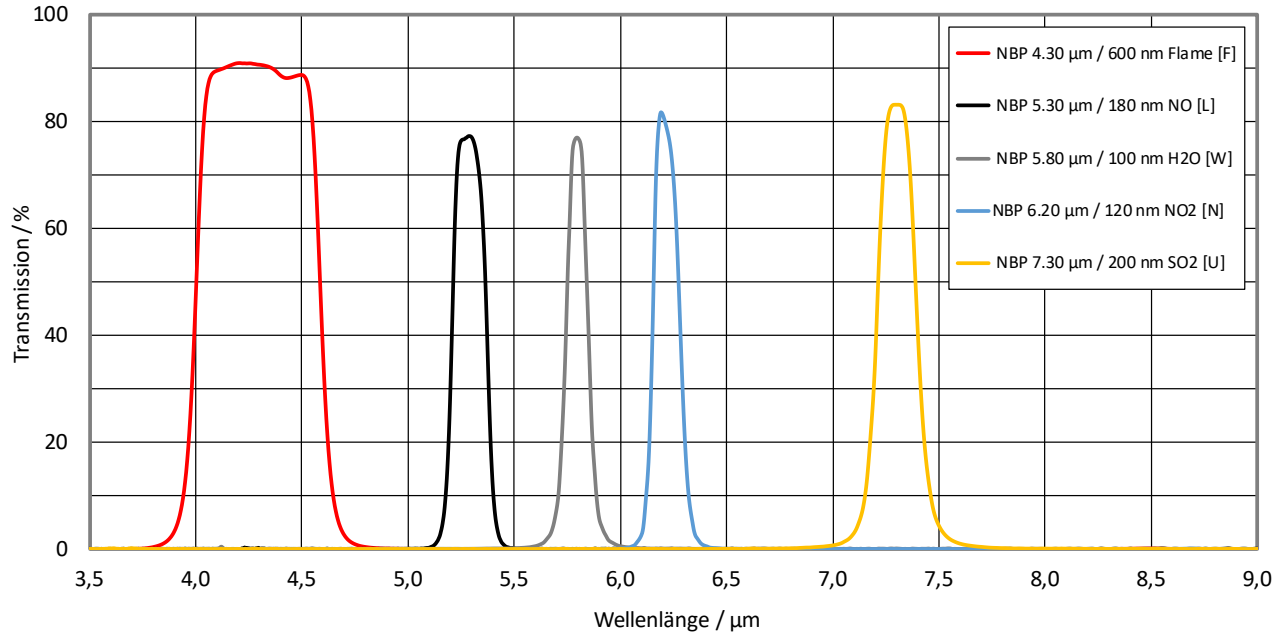


Abbildung 8: NBP-Filter zur Analyse von Stick- und Schwefeloxiden sowie Flammendetektion

2.4.10 Transmissionsspektren der Standard-Fenster

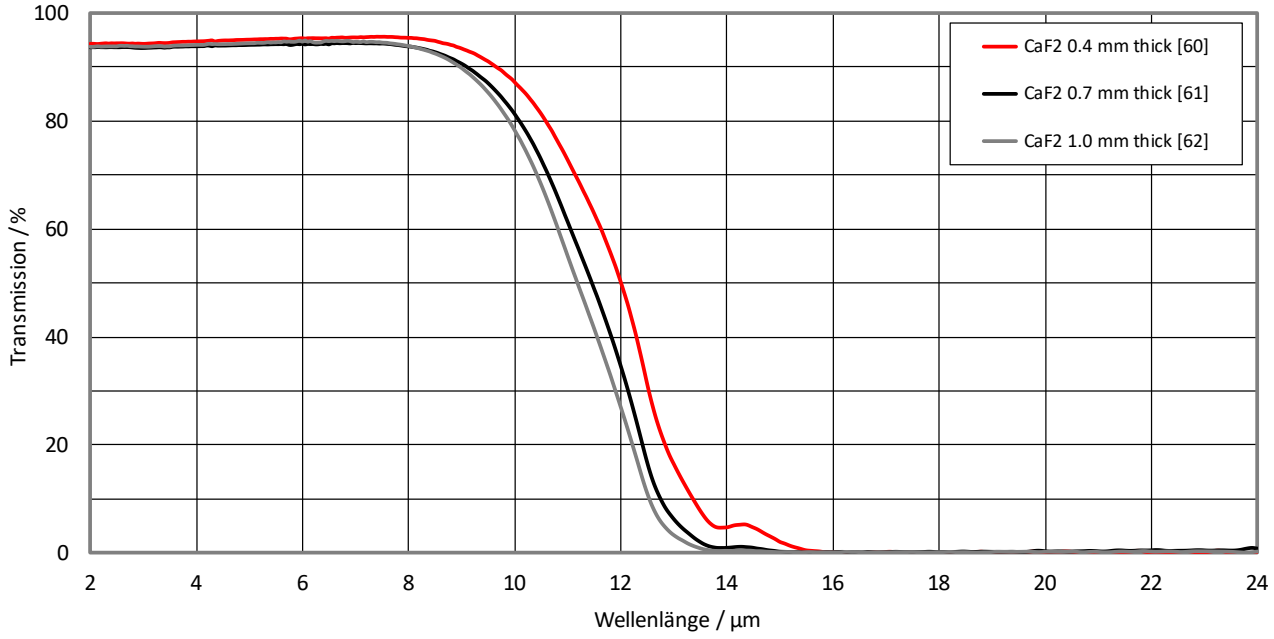


Abbildung 9: Kalziumfluorid

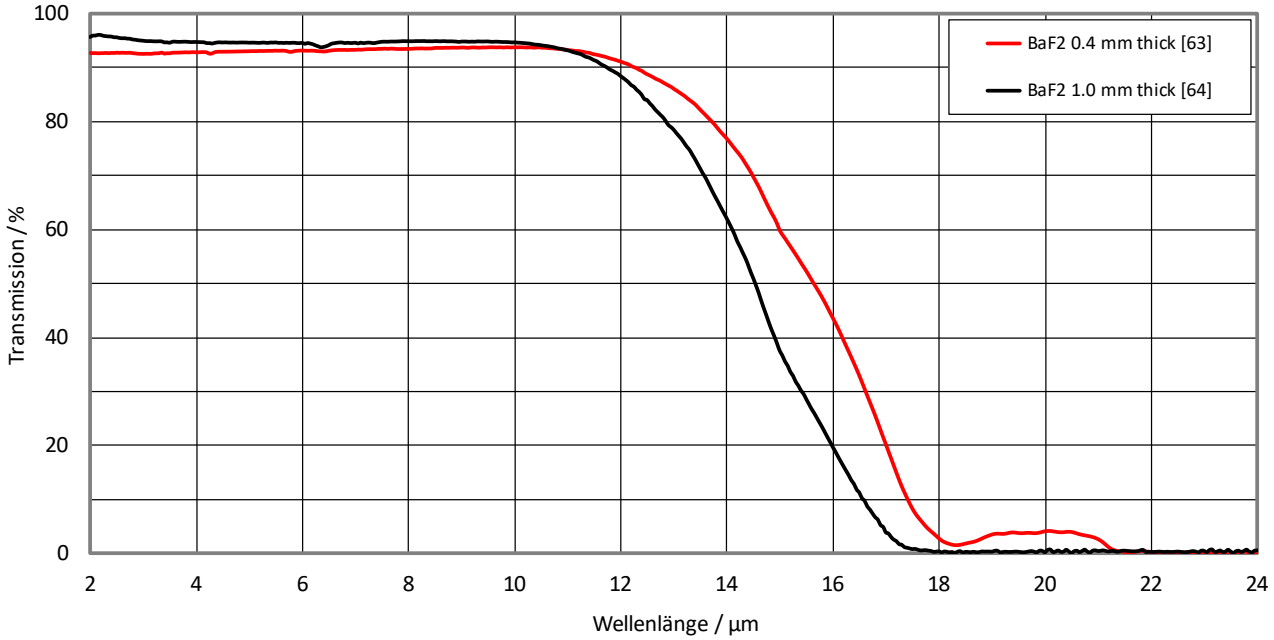


Abbildung 10: Bariumfluorid

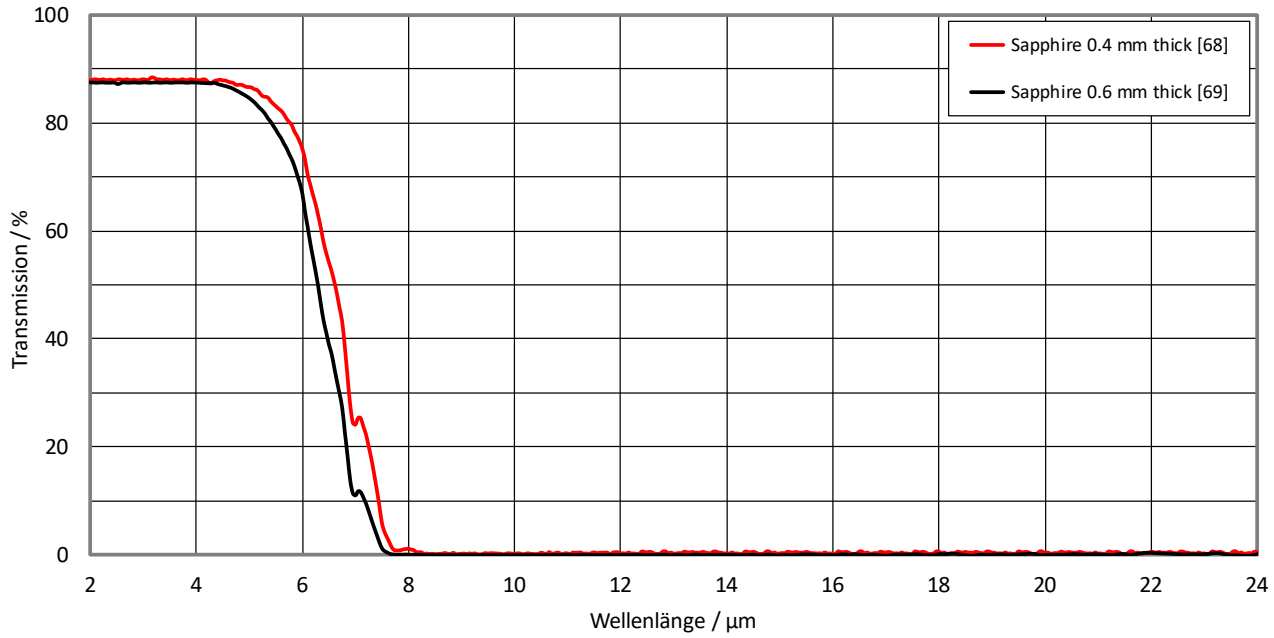


Abbildung 11: Saphir

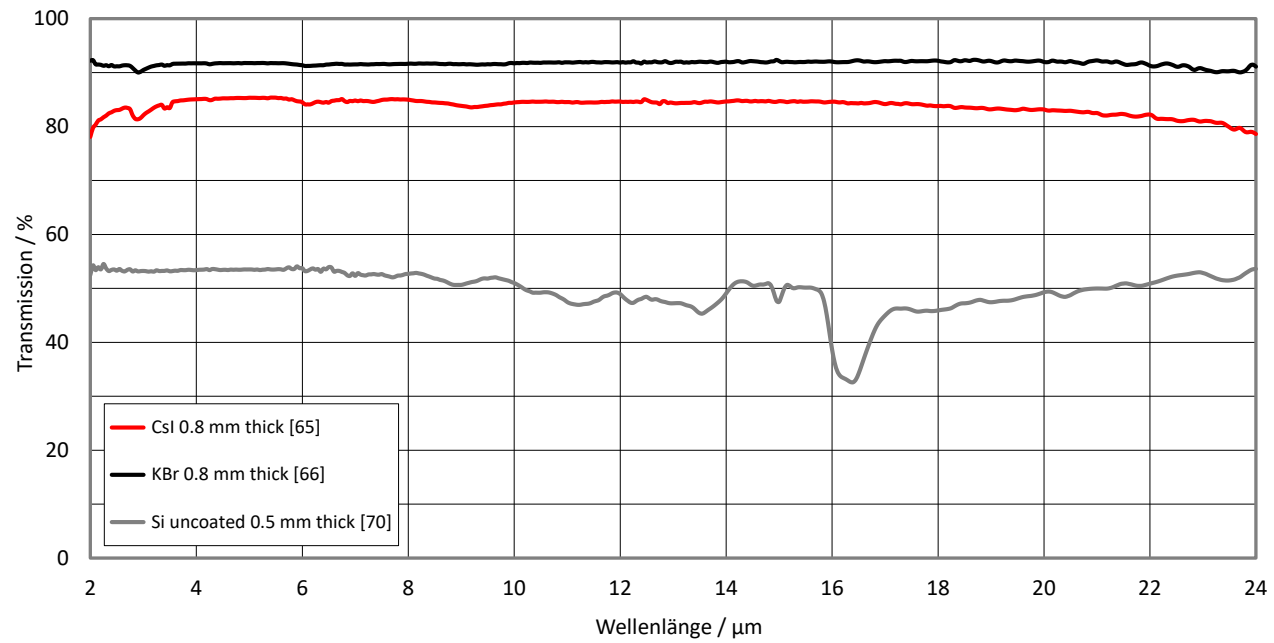


Abbildung 12: Materialien mit großem spektralen Transmissionsbereich

Unsere Produkte

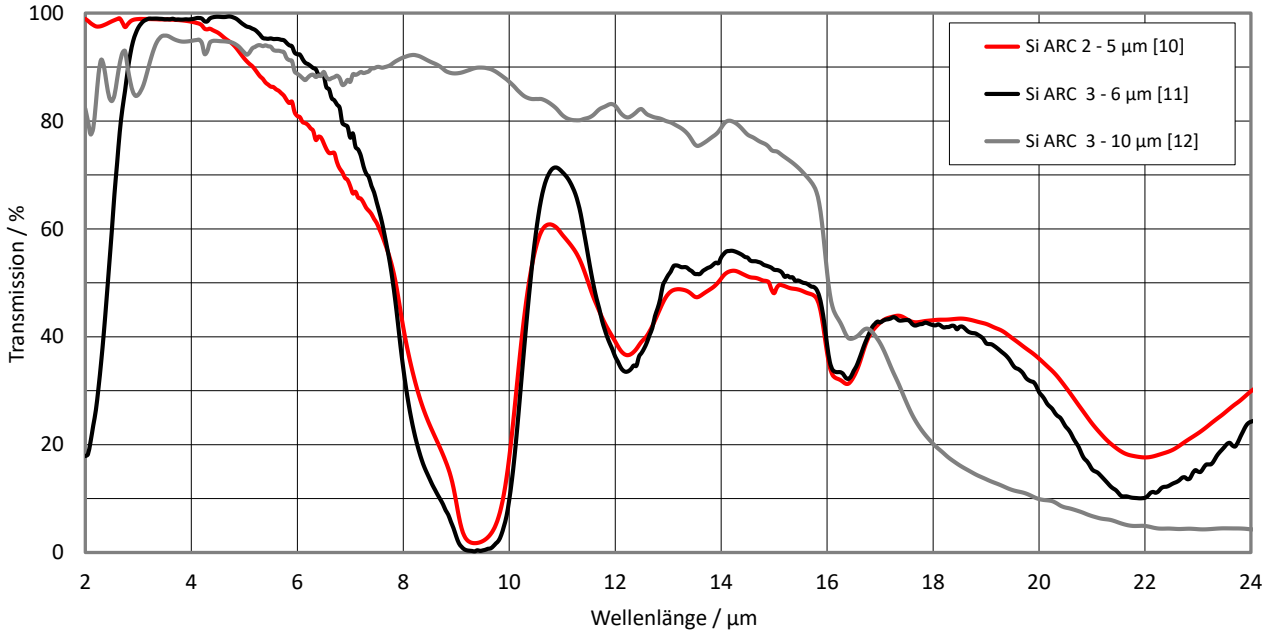


Abbildung 13: Siliziumfenster mit Antireflexionsbeschichtung

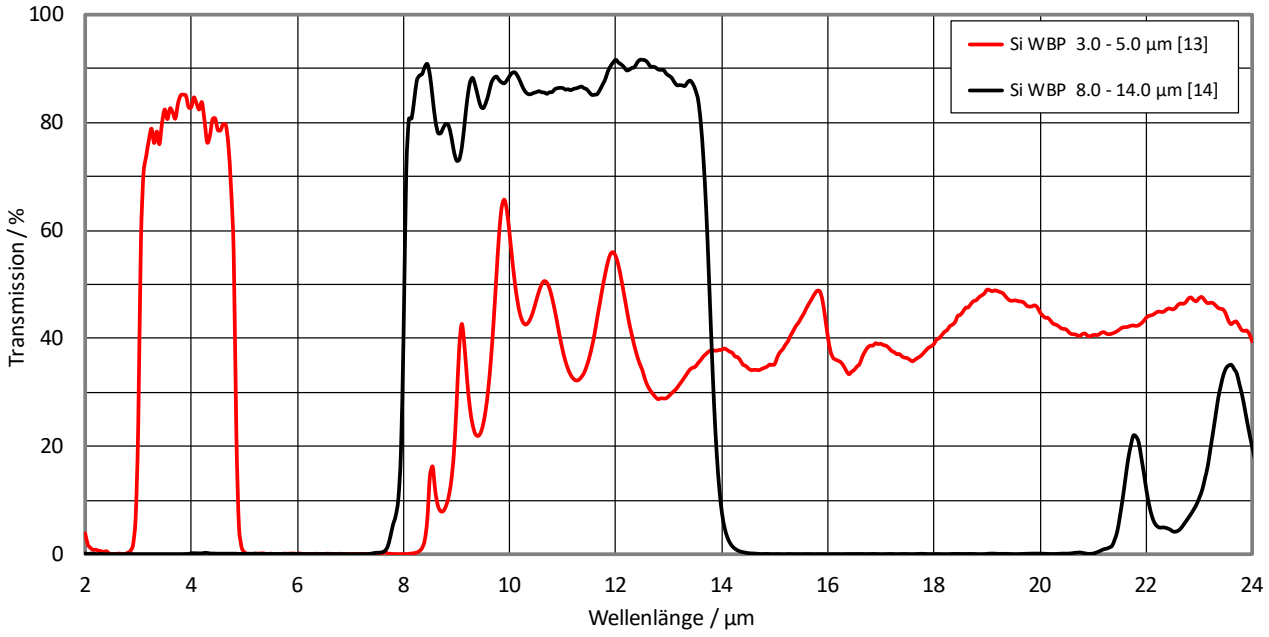


Abbildung 14: Silizium-basierte Breitbandpässe (WBP)

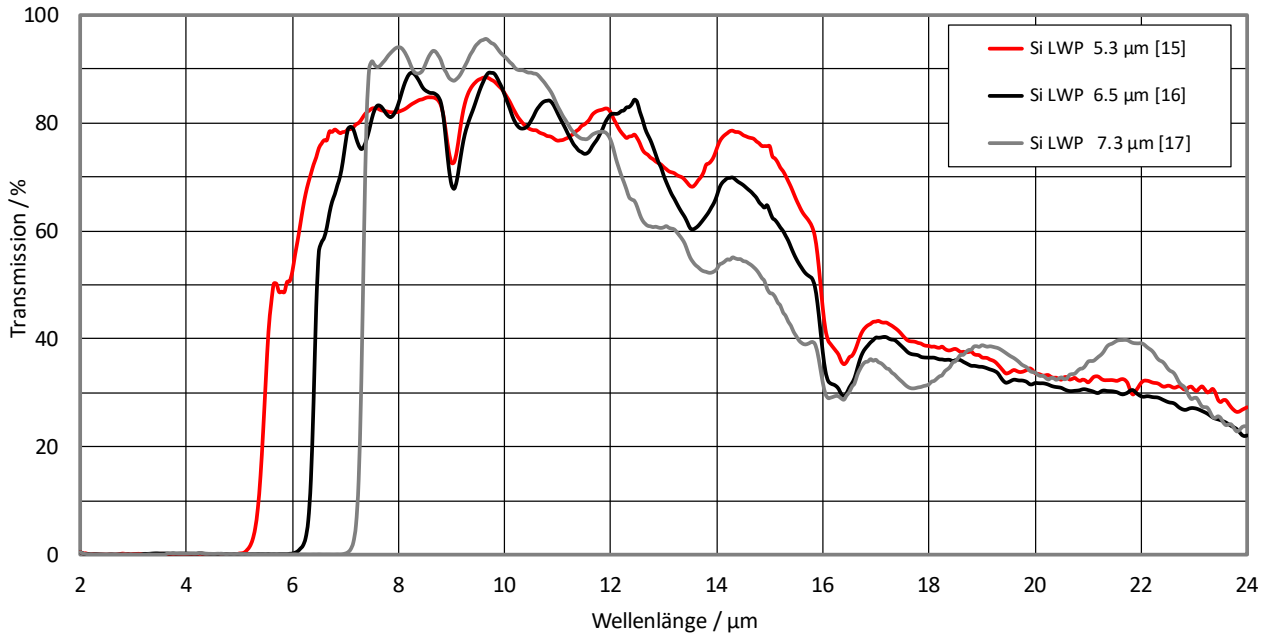


Abbildung 15: Silizium-basierte Langpässe (LWP)

2.4.11 Qualität

Filter und Fenster der Detektoren von InfraTec entsprechen der MIL-F-48616, einer Spezifikation zur Beschaffung von IR-Interferenzfiltern für das US-Militär. Für militärische Neuentwicklungen wird sie nicht mehr verwendet (inaktiv), ist aber weiterhin gültig und wird mangels vergleichbarer Normen im zivilen Bereich auch dort sehr häufig angewendet.

- Oberflächenqualität: F-F
- Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse:
  - Temperatur § 4.6.9.1
  - Luftfeuchtigkeit § 4.6.8.2
  - Mittlere Abriebfestigkeit § 4.6.8.3
  - Adhäsion § 4.6.8.1
  - Löslichkeit und Möglichkeit zur Reinigung § 4.6.9.2

Headquarters

InfraTec GmbH
Infrarotsensorik und Messtechnik
Gostritzer Str. 61 – 63
01217 Dresden / GERMANY
Phone +49 351 871-8625
Fax +49 351 871-8727
E-mail sensor@InfraTec.de
Internet www.InfraTec.de

USA office

InfraTec infrared LLC
Plano, TX / USA
Phone +1 877 797 6748
Fax +1 877 389 2668
E-mail sensor@InfraTec-infrared.com
Internet www.InfraTec-infrared.com

UK office

InfraTec infrared Ltd.
Chesterfield / UK
Phone +44 1246 267562
Fax +44 1246 269381
E-mail sensor@InfraTec.co.uk
Internet www.InfraTec.co.uk

China office

InfraTec Representative
Greater China
c/o German Industry & Commerce
Greater China
Shanghai / PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA
Phone +8621 68758536 ext 1633
E-mail sensors@InfraTec.cn
Internet www.InfraTec.cn

Latest information on the internet.