



Produktion

Qualitätssicherung

Forschung & Entwicklung

Test & Measurement

## BERÜHRUNGSLOSE TEMPERATURMESSUNG GLASINDUSTRIE

innovative infrared technology

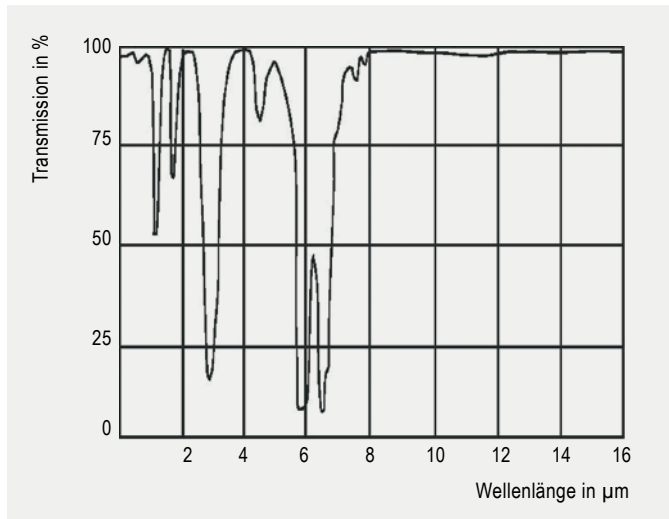
↑ 748,2 °C



### Einflüsse durch die Umgebung

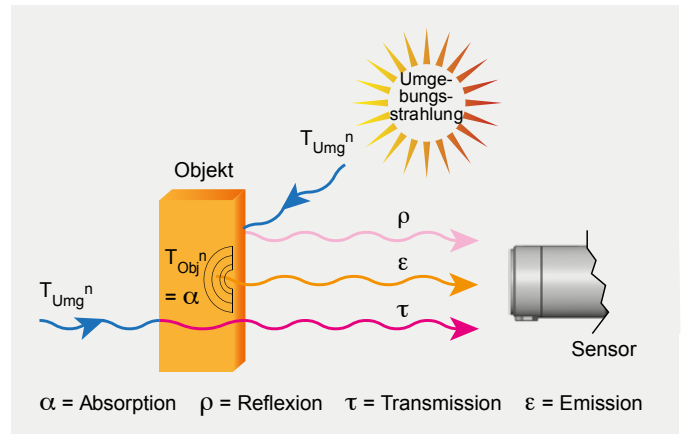
Aus der unten stehenden Abbildung ist ersichtlich, dass die Durchlässigkeit (Transmission) der Luft sehr stark wellenlängenabhängig ist. Bereiche mit hoher Dämpfung wechseln sich mit Bereichen hoher Durchlässigkeit, den so genannten atmosphärischen Fenstern ab. Im langwelligen atmosphärischen Fenster (8 ... 14  $\mu\text{m}$ ) ist die Durchlässigkeit gleichmäßig hoch, dagegen treten im kurzwelligen Bereich messbare Abschwächungen durch die Atmosphäre auf, welche zu verfälschten Messergebnissen führen können. Typische Messfenster dort sind 1,1 ... 1,7  $\mu\text{m}$ , 2 ... 2,5  $\mu\text{m}$  und 3 ... 5  $\mu\text{m}$ .

Weitere Einflussgrößen sind mögliche Wärmestrahlungsquellen in der Umgebung des Messobjektes. Um Messwertverfälschungen aufgrund erhöhter Umgebungstemperaturen zu vermeiden, kann bereits im Infrarotmessgerät eine Umgebungstemperaturkompensation eingestellt werden. Das hilft beispielsweise bei der Messung von Gegenständen, die sich in Kammern befinden, bei denen die Wände heißer sind als das Messobjekt. Genaueste Messergebnisse erreicht man mittels eines zweiten Temperaturmesskopfes zur automatischen Umgebungstemperaturkompensation und einem korrekt eingestellten Emissionsgrad.



Spektraler Transmissionsgrad von Luft (1m, 32 °C, 75 % r.F.)

Staub, Rauch und Schwebstoffe in der Atmosphäre können zur Verschmutzung der Optik und damit zu falschen Messergebnissen führen. Der Einsatz von Luftblasvorsätzen (vorschraubbare Rohrstutzen mit Druckluftanschluss) verhindert, dass sich Schwebstoffe vor der Optik ablagern. Luft- und Wasserkühlzubehör machen den Einsatz von Infrarot-Thermometern auch unter rauen Umgebungsbedingungen möglich.



Umgebungsstrahlungskompensation

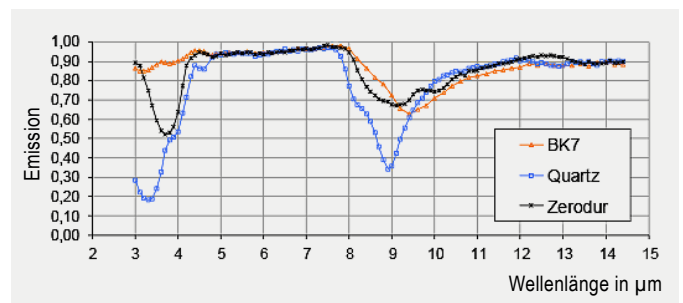
### Emissionsgrad und Temperaturmessung

**Bei der exakten Messung von Temperaturen ist der Emissionsgrad ein wesentlicher Faktor. Er ist von verschiedenen Einflüssen abhängig und muss je nach Applikation eingestellt werden.**

Der Emissionsgrad ist vom Material, dessen Oberflächenbeschaffenheit, von der Wellenlänge, vom Messwinkel und unter Umständen auch vom verwendeten Messaufbau abhängig.

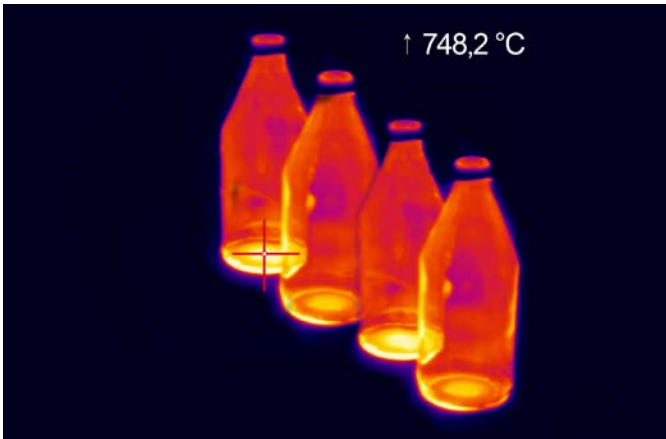
Unbeschichtetes Glas weist in der Regel im langwelligen Bereich (8–14  $\mu\text{m}$ ) Emissionsgrade von ca. 0,85 auf. Bei höheren Prozess-Temperaturen misst man Glas typischerweise bei 5,0  $\mu\text{m}$  oder auch 7,9  $\mu\text{m}$ , da in diesen Spektralbereichen der Emissionsgrad  $\geq 0,95$  ist.

Ein weiterer Vorteil von 7,9  $\mu\text{m}$  und 5  $\mu\text{m}$  ist die geringere Winkelabhängigkeit der Reflexion von Glasoberflächen in diesem Wellenlängenbereich. Das bedeutet, dass auch bei schrägem Blickwinkel reflexionsunabhängig die Oberflächentemperatur erfasst werden kann.



Spektrale Emission von Glas

## Temperaturmessung an Glas



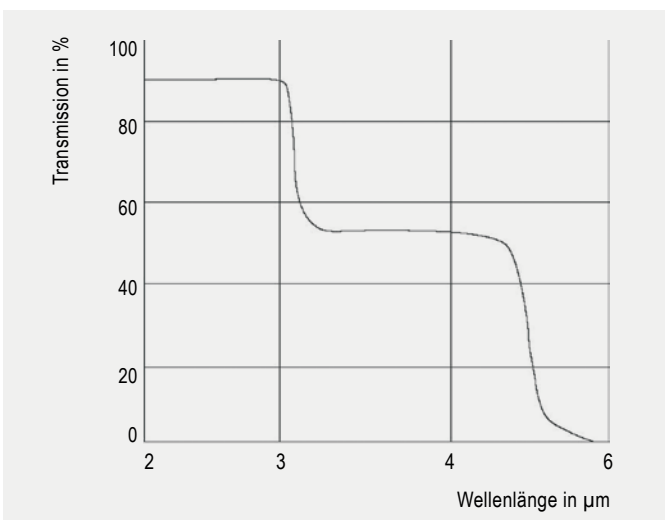
Hot-Spot-Messung bei der Herstellung von Glasflaschen

Werden Temperaturmessungen an Glas mit Infrarot-Thermometern oder der Spezialkamera optris® PI G7 durchgeführt, sind sowohl die Reflexion als auch die Transmission zu berücksichtigen.

Die sorgfältige Auswahl der Wellenlänge ermöglicht Messungen an der Oberfläche des Glases sowie in der Tiefe.

1,0  $\mu\text{m}$ , 2,3  $\mu\text{m}$  oder 3,9  $\mu\text{m}$  Wellenlänge sind für Messungen unterhalb der Oberfläche geeignet, 5  $\mu\text{m}$  und 7,9  $\mu\text{m}$  sind für Messungen der Oberflächentemperaturen empfehlenswert.

Bei niedrigen Temperaturen sollten 8 bis 14  $\mu\text{m}$  genutzt und zur Kompensation der Reflexion der Emissionsgrad auf 0,85 eingestellt werden. Sinnvoll ist der Einsatz eines Messgerätes mit kurzer Ansprechzeit, da Glas als schlechter Wärmeleiter die Oberflächentemperatur schnell ändern kann.



Spektrale Durchlässigkeit von Glas

Weitere Informationen in unserer Broschüre Infrarotgrundlagen:  
<http://www.optris.de/downloads>



## Line-Scan mit kompakter Infrarotkamera

Die Infrarotkameras der Firma Optris werden mit der lizenzfreien Software PIX Connect geliefert. Die Software erlaubt es, die Kameras als Zeilenkamera arbeiten zu lassen.

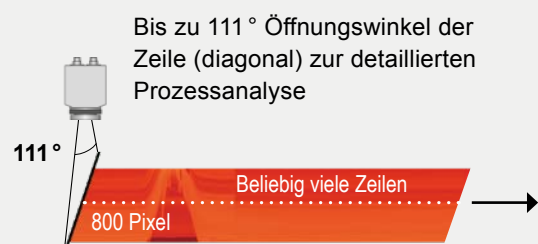
Traditionell werden für verschiedene Messverfahren in der Glasindustrie Linescanner eingesetzt. In diesen Geräten wird ein Punktdetektor mit einem rotierenden Spiegel kombiniert und somit eine zeilenförmige Abtastung des Objekts erzeugt. Diese Geräte sind sehr voluminös und kostenintensiv. Darüber hinaus ist zum Einrichten ein hoher manueller Aufwand erforderlich.

Beim Einsatz einer IR-Kamera als Linescanner wird eine beliebige Zeile aus dem Detektorarray verwendet. Neben der kleineren Bauform und des geringeren Preises sind zwei Punkte wesentlich: Die abzutastende Zeile kann per Software beliebig positioniert und dimensioniert werden und der Anwender erhält quasi als Zusatzinformation ein komplettes IR-Bild – gerade während der Einrichtung des Systems sind das entscheidende Vorteile.

Die Kameras können Oberflächentemperaturen von sich bewegenden Messobjekten durch minimale Öffnungen exakt messen. In der Glasindustrie ist diese Funktion von entscheidender Bedeutung, da die Glastemperatur direkten Einfluss auf die Qualität hat. Im Produktionsprozess werden dementsprechend an vielen Stellen Temperaturen erfasst und direkt an die Prozesssteuerung übertragen.

Die optris® PI 640 G7, eine **spezielle IR-Kamera für Glasanwendungen**, kann z. B. mit einer 90°-Optik bei Nutzung der Diagonalen als Scanlinie in einer Höhe von 1,7 m die komplette Glasbreite im Floatprozess von bis zu 4 m scannen.

Unter Verwendung eines Subframe-Modus von 640x120 Pixeln können bei der gleichen Optik Daten sogar mit 125 Hz aufgenommen und in ein Wärmebild in beliebiger Auflösung ausgegeben werden.



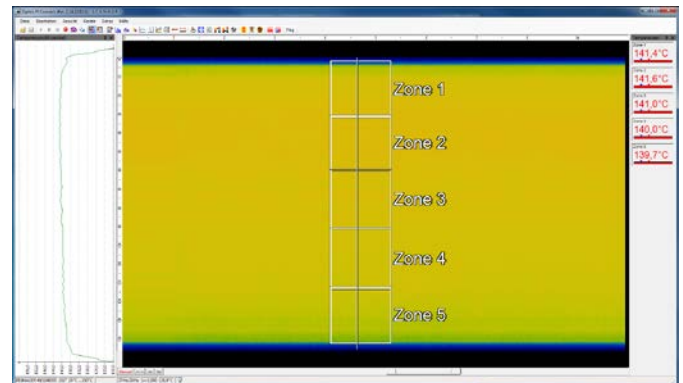
# Anwendungsmöglichkeiten Temperaturmesstechnik

## HERSTELLUNG VON GLAS

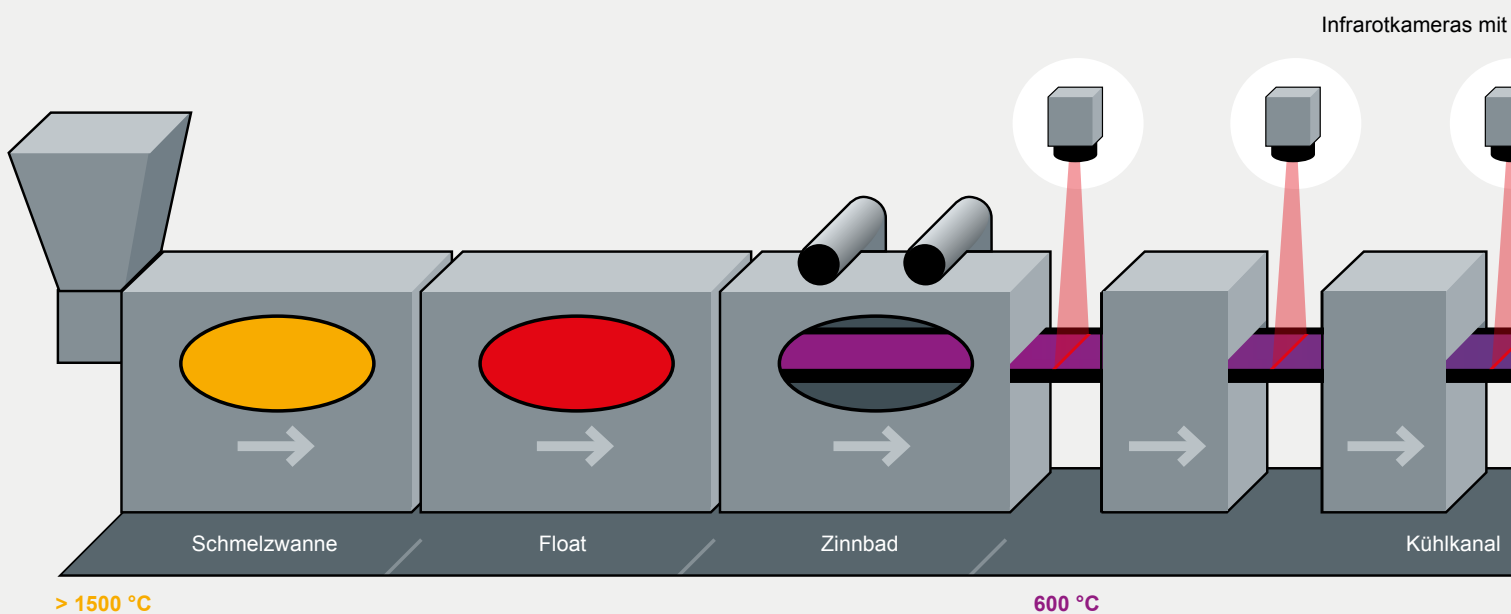
### Produktionsoptimierung im Floatglasverfahren

Das Flachglas-Band hat nach dem Zinnbad etwa eine Temperatur von 600 °C, am Übergang zur Kühlzone kommt die erste Infrarotkamera im LineScan-Mode zur Temperaturprüfung zum Einsatz. Das Glas wird in der Kühlzone durch verschiedene Kühlbereiche transportiert. Zwischen den Kühlbereichen werden ebenfalls Infrarotkameras zur Temperaturkontrolle installiert, um so die optimale Qualität zu gewährleisten.

Mesbbereiche bei der Flachglasherstellung



Software-Einstellung für den Line-Scan-Prozess



### Permanente Überwachung bei der Glasherstellung

Behälterglas, z. B. Flaschen sämtlicher Größen und Formen, muss im Produktionsverfahren mehrfach auf seine prozessrelevante Temperatur geprüft werden. Beim Austritt der Glasschmelze über den Feeder wird der Glasstrang abgeschnitten. Die dadurch entstehenden **Glasschmelze-Tropfen** müssen zur Gewährleistung der Qualität eine Temperatur von etwa 1000 °C haben. Bislang konnte die Temperaturmessung aufgrund der hohen Geschwindigkeit nur mit punktmessenden Infrarot-Thermometern umgesetzt werden. Die neu entwickelte Infrarotkamera optris® PI 1M ermöglicht diese Messung nun auch über eine Flächenmessung mit einer Bildrate von bis zu 1000 Hz.

Beim **Formgebungsprozess**, der bei Temperaturen von über 500 °C stattfindet, werden ebenfalls Infrarotsensoren zur Kontrolle eingesetzt. Da der Prozess nur wenige

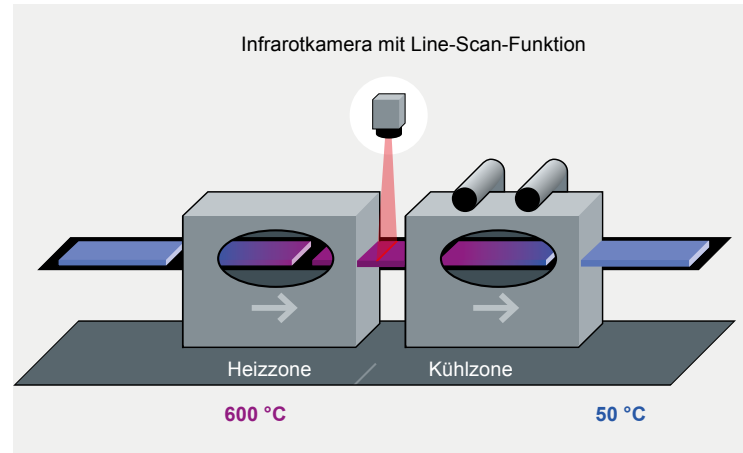
Sekunden dauert, ist auch hier die Reaktionszeit der Sensoren von entscheidender Bedeutung. Sowohl bei der Formung des Külbels als auch beim Fertigformen kann die Wärmebehandlung des Glases über die direkte Messung der Glasoberfläche oder die indirekte Messung der Oberfläche des Formgebungswerkzeuges beeinflusst werden.

Zum Abschluss des Fertigungsprozesses findet eine erneute **Temperierung zum Spannungsabbau** in den Gefäßen statt. Das Glas wird erneut erwärmt und anschließend über einen Zeitraum von bis zu 30 Minuten in einem Kühlunnel langsam abgekühlt. Mit dem Austritt der Gefäße aus der Heizzone wird der Abkühlprozess durch Temperaturmessungen begleitet und gesteuert.

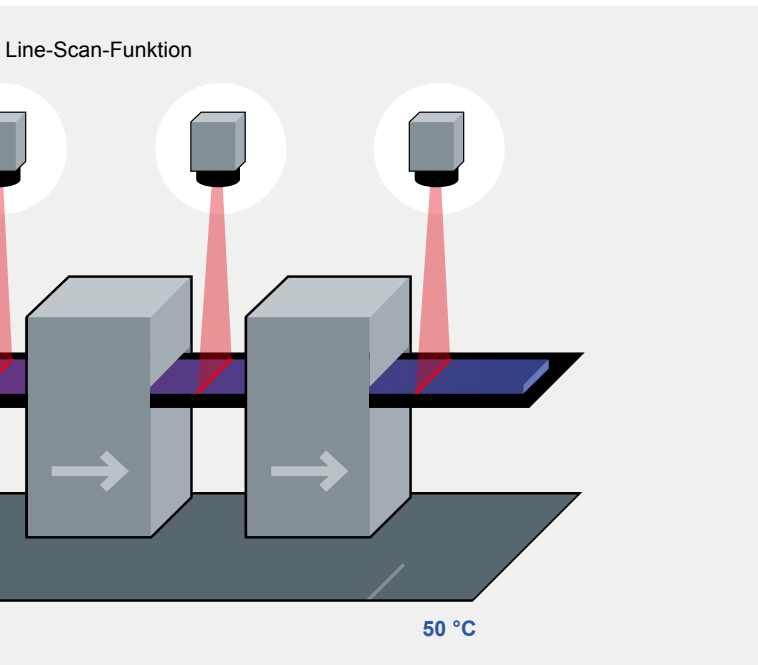


## ESG-Produktion mit richtiger Temperaturmesstechnik

Zur Herstellung von Einscheibensicherheitsglas (ESG) wird das bearbeitete Flachglas in einem Heizofen unter ständiger Bewegung wieder auf über 600 °C erhitzt. Beim Transport in die Vorspannzone kontrolliert eine Infrarotkamera im LineScan-Mode die Temperaturverteilung auf der Glasoberfläche. Inhomogenitäten können so beim Vorspannprozess, bei dem das Glas schockgekühlt wird, wieder ausgeglichen werden. Die Qualität des ESG hängt maßgeblich von einer homogenen Wärmebehandlung ab, die über den Einsatz von Temperaturmesstechnik gewährleistet wird.

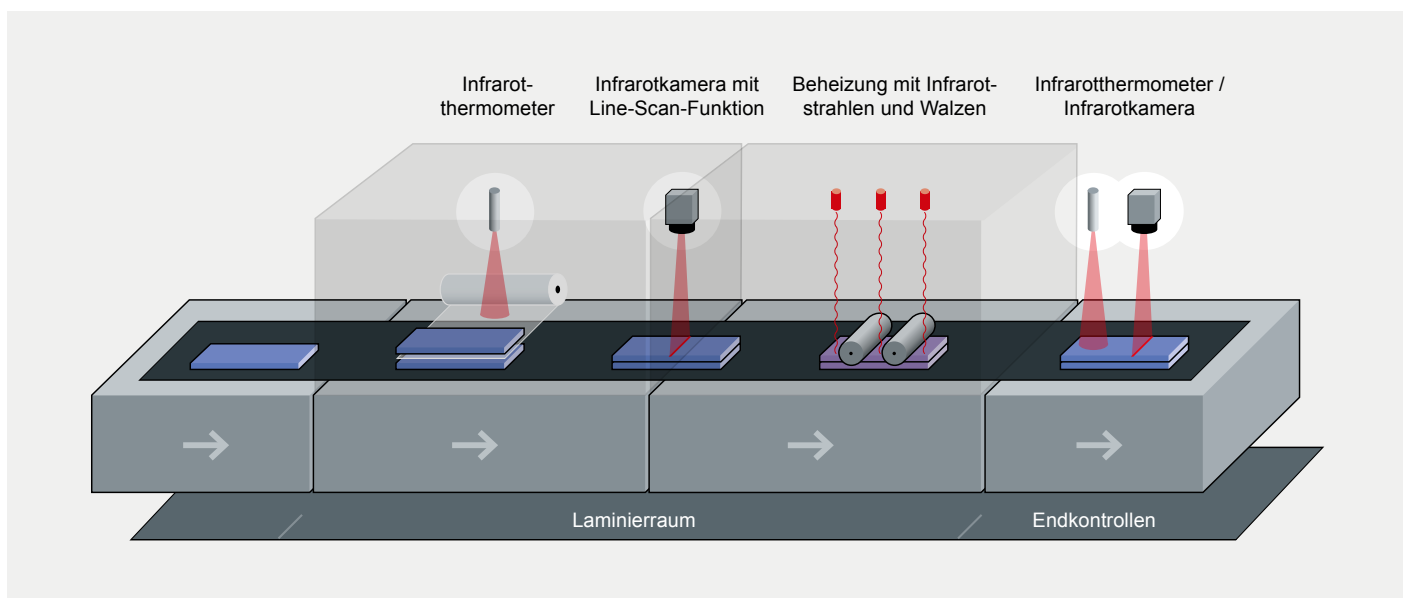


Messbereiche bei der Herstellung von ESG-Glas



## Qualität von Verbundsicherheitsglas sichern

Verbundsicherheitsglas (VSG) besteht aus mindestens zwei Flachglasscheiben, die in einem Reinraum mit einer dazwischen gelegten PVB-Folie laminiert werden. Die Temperatur der Folie kann mit Infrarot-Thermometern geprüft werden. Im Vorverbundofen werden die Glasscheiben aufgeheizt, um die Folie zu schmelzen, und gleichzeitig wird das „Sandwich“ zusammengepresst, um Lufteinschlüsse zu verhindern. Beim Übergang in den Autoklaven wird die Temperaturverteilung mit einer Infrarotkamera geprüft, um die Heizelemente im Vorverbundofen ggf. für nachfolgende Scheiben anzupassen.



Messbereiche bei der Herstellung von VSG



# Branchenspezifische Messgeräte für die Glasindustrie

## SPEZIELLE WELLENLÄNGENBEREICHE

Der Edelstahl-Messkopf des IR-Thermometers ist **extrem klein** und bis 85 °C Umgebungstemperatur ohne Kühlung einsetzbar. Eine **Reiheninstallation** mehrerer Pyrometer ist **kostengünstig** und auch in

beengten Platzverhältnissen möglich. Der Messbereich liegt zwischen 100 °C und 1650 °C.

### optris® CT G5

Das optris® CT G5 ist ein speziell für die Glasindustrie konzipiertes Pyrometer. Durch seinen Spektralbereich von 5,0 µm misst es auf Glasoberflächen ohne von externen Einflüssen beeinträchtigt zu sein.



Das IR-Thermometer optris® CTlaser G5 ermöglicht Temperaturmessungen **an kleinsten Objekten ab 1 mm** in 70 mm Entfernung. Durch seine **sehr kurzen** Einstellungszeiten ab 10 ms wird es gerne bei schnellen Prozessen eingesetzt.



### optris® CTlaser G5

Das zweiteilige Infrarot-Thermometer ist mit einem Spektralbereich von 5,0 µm auf die **präzise Messung von Glasoberflächen** spezialisiert. Die Geräte werden zum Beispiel zur Temperaturüberwachung in den Herstellungsprozessen von **Auto- oder Flachglas** eingesetzt.

Auch während der Fertigung von **Laborglasgeschirr** oder bei der Produktion von **Glasflaschen** leistet das Pyrometer hervorragende Arbeit und wird zur **Qualitätssicherung und Prozesssteuerung** eingesetzt.

Das Infrarot-Thermometer optris® CSLaser G5HF wurde speziell für die Messung von Glastemperaturen entwickelt. Sein standardisiertes Zwei-Draht-Interface sorgt für eine **zuverlässige Messwertübertragung** und erlaubt die einfache Einbindung in

eine SPS. Das Pyrometer verfügt darüber hinaus über ein Doppel-Laservisier für eine genaue Markierung des Messflecks. Durch eine Vielzahl an Optiken ist eine Anpassung an verschiedenste Applikationen möglich.

### optris® CSLaser G5HF

Das optris® CSLaser G5 wird zur Temperaturüberwachung bei der Fertigung von **Flach- und Autoglas** eingesetzt. Auch bei der Temperaturkontrolle während der Herstellung von **ESG und VSG** spielt das IR-Thermometer eine ebenso wichtige Rolle.



Die Wärmebildkameras optris® PI 450 G7 und PI 640 G7 sind industriespezifische Modelle der PI-Serie. Sie sind **spezielle Entwicklungen für die Glasindustrie** mit einem Spektralbereich von 7,9  $\mu\text{m}$ .

Der Messbereich von 200 °C bis 1500 °C ermöglicht den Einsatz in diversen Anwendungen zur **Herstellung, Veredelung und Weiterverarbeitung** von Glas.

### optris® PI 450 G7 / PI 640 G7

Die Wärmebildkameras kommen immer dann zum Einsatz, wenn **Temperaturwerte innerhalb einer Fläche** beobachtet werden müssen. Aufgrund des geringen Einstiegspreises kann eine Infrarotkamera auch schon im Vergleich zu einer Pyrometer-Linie Kostenvorteile haben.

**Zeilen-  
kamera**



Das Infrarot-Thermometer optris® CTlaser MT verfügt über eine spezielle Messwellenlänge von 3,9  $\mu\text{m}$  zur **präzisen Temperaturmessung durch Flammen** zwischen 200 °C und 1650 °C.

### optris® CTlaser MT

Es eignet sich daher hervorragend zur Überwachung von Werkstücken in Öfen, für Messungen in chemischen Reaktoren sowie zur Überprüfung von Ausmauerungen in Brennöfen.

Der Edelstahl-Messkopf mit seinem hochgenauen Doppel-Laservisier ermöglicht eine stets exakte Messfeldmarkierung in jeder Entfernung.



Das innovative Pyrometer optris® CT P7 eignet sich mit seinem speziellen Spektralbereich von 7,9  $\mu\text{m}$  besonders für Temperaturmessungen von dünnen Kunststoffmaterialien.

### optris® CT P7

Das optris® CT P7 findet bei der Produktion von Verbund-Sicherheitsglas Anwendung, da es die Temperatur der elastischen und reißfesten Hochpolymerfolie detektiert und sicherstellt.



### Freiblasvorsatz für raue Umgebungen

Der Freiblasvorsatz ergänzt das zuverlässige CoolingJacket (Wasserkühlgehäuse) zur Anwendung in rauen Umgebungen. Einsetzbar ist das System weiterhin bei **Umgebungstemperaturen bis 315 °C**.

Ein integriertes, infrarotdurchlässiges Spezialfenster schützt einerseits die Optik der Kamera bzw. des Sensors und ermöglicht andererseits einen **optimalen laminaren Luftstrom**. Dieser ist besonders wichtig, da Verwirbelungen unmittelbar vor der Optik zu Schmutzablagerungen führen. Im hauseigenen Testcenter wurde der Freiblasvorsatz von den Optris Entwicklungsingenieuren konzipiert, ausgiebig getestet und optimiert.



### Variantenvielfalt

Der Freiblasvorsatz von Optris ist in zwei Varianten erhältlich:

- **Großes Sichtfenster**  
Für Anwendungen, bei denen das gesamte Detektionsfeld der Infrarotkamera benötigt wird.
- **Sichtschlitz**  
Für Anwendungen, bei denen nur eine Scan-Linie benötigt wird. Dies schützt den Sensor noch stärker und kommt **in der Glasproduktion häufig** zum Einsatz.



### Installations- und wartungsfreundlich durch Klappmechanismus

Der Fokus der installierten Infrarotkamera lässt sich von außen durch den Zahnring einstellen, ohne dabei die Position der Kamera zu verändern. Die **kosten- und lizenzfreie Software** optris PIX Connect ermöglicht eine unkomplizierte Parametrierung, beispielsweise die Definition der LineScan-Linie, vom Rechner aus. Die Montage am Einbauort wird so auf ein Minimum reduziert.

Durch den Klappmechanismus des Freiblasvorsatzes ist eine Inspektion des Schutzfensters und der Kameraoptik **ohne Demontage möglich**. Der manuelle Fokus durch den integrierten Ring bleibt hierbei unverändert.

### Flexibler Luftstrom zum Schutz vor Verschmutzungen

Der Luftstrom vor dem CoolingJacket hat sich in rauen Umgebungen als ebenso entscheidend für eine zuverlässige und exakte Temperaturmessung herausgestellt wie die Kühlung selbst. Der Freiblasvorsatz optimiert diesen Luftstrom und ermöglicht sowohl einen orthogonalen (links) als auch einen parallelen (rechts) Luftausstoß.



Weitere Informationen und technische Details zum Freiblasvorsatz und CoolingJacket finden Sie unter [www.optris.de/zubehoer-infrarotkamas](http://www.optris.de/zubehoer-infrarotkamas)



Optris GmbH  
Ferdinand-Buisson-Str. 14  
13127 Berlin · Germany  
Tel.: +49 (0)30 500 197-0  
Fax: +49 (0)30 500 197-10  
E-Mail: [info@optris.de](mailto:info@optris.de)  
[www.optris.de](http://www.optris.de)