



Produktion

Qualitätssicherung

Forschung & Entwicklung

Test & Messung

BERÜHRUNGSLOSE TEMPERATURMESSUNG GLASINDUSTRIE

when temperature matters

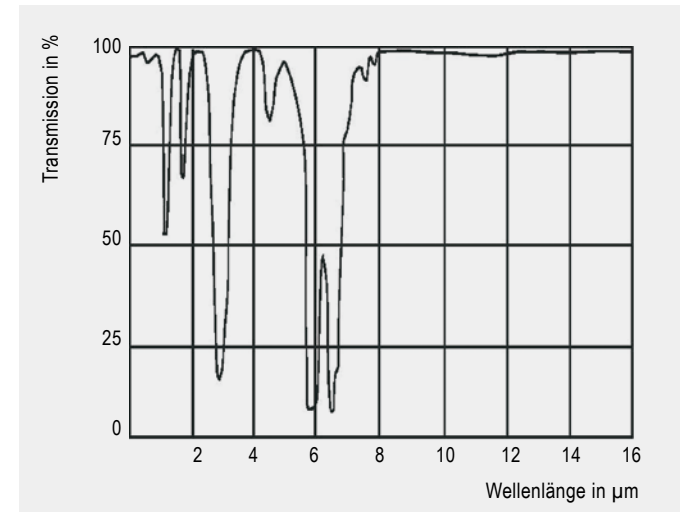
↑ 748.2 °C



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 μm) 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 μm , 2 ... 2,5 μm und 3 ... 5 μm .

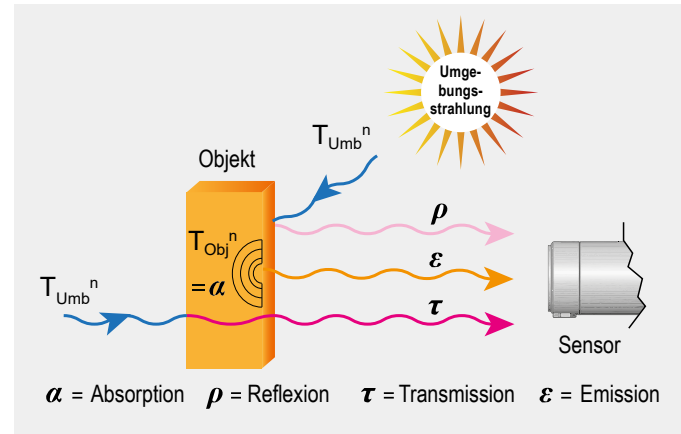
Weitere Einflussgrößen sind mögliche Wärmestrahlungsquellen in der Umgebung des Messobjektes. Um Messwertverfälschungen aufgrund erhöhter Umgebungstemperaturen zu vermeiden, kann bereits im Infrarotmessgerät eine Umgebungstemperaturkompensation eingestellt werden. Das hilft beispielsweise bei der Messung 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.

Weitere Informationen zum Zubehör für Infrarotmessgeräte auf Seite 11.



Umgebungsstrahlungskompensation

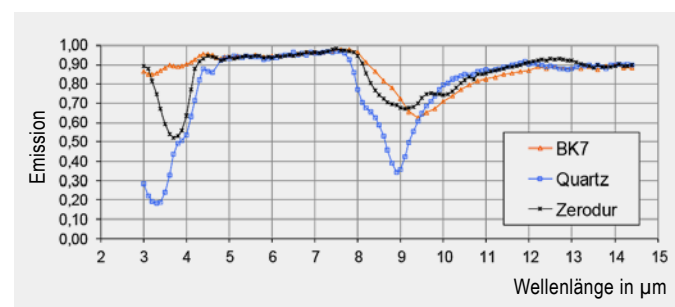
Emissionsgrad und Temperaturmessung

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 μm) Emissionsgrade von ca. 0,85 auf. Bei höheren Prozess-Temperaturen misst man Glas typischerweise bei 5,0 μm oder auch 7,9 μm , da in diesen Spektralbereichen der Emissionsgrad $\geq 0,95$ ist.

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



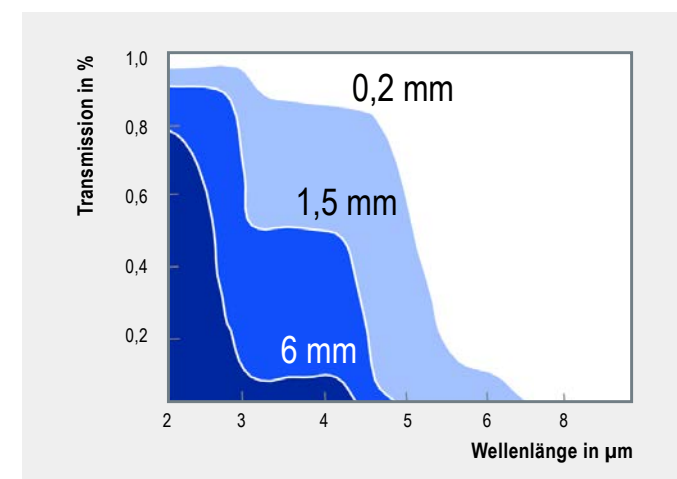
Spektrale Emission von Glas



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 μm , 2,3 μm oder 3,9 μm Wellenlänge sind für Messungen unterhalb der Oberfläche geeignet, 5 μm und 7,9 μm sind für Messungen der Oberflächentemperaturen empfehlenswert. Bei niedrigen Temperaturen sollten 8 bis 14 μm 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 in Abhängigkeit von der Dicke

Weitere Informationen in unserer Broschüre Infrarotgrundlagen:
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.

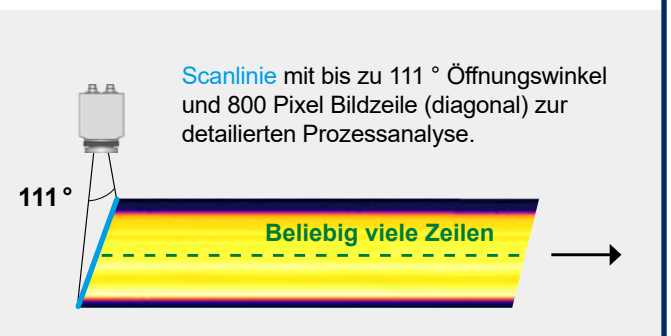
Traditionell werden für verschiedene Messverfahren in der Glasindustrie Linescanner eingesetzt. In diesen Geräten wird ein Punktdetektor mit einem rotierenden Spiegel kombiniert und somit eine zeilenförmige Abtastung des Objekts erzeugt. Diese Geräte sind sehr voluminös und kostenintensiv. Darüber hinaus 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 640i 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.



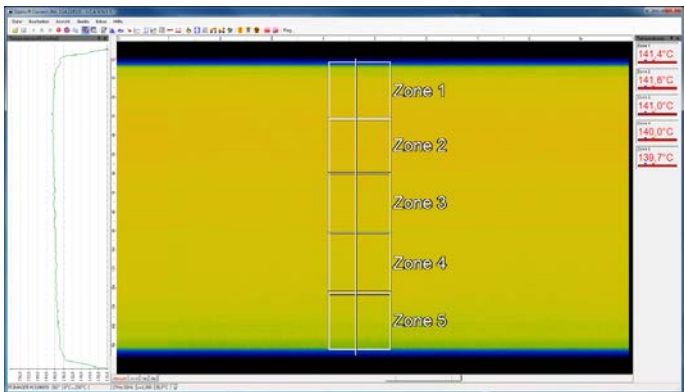
Anwendungsmöglichkeiten Temperaturmesstechnik

HERSTELLUNG VON GLAS

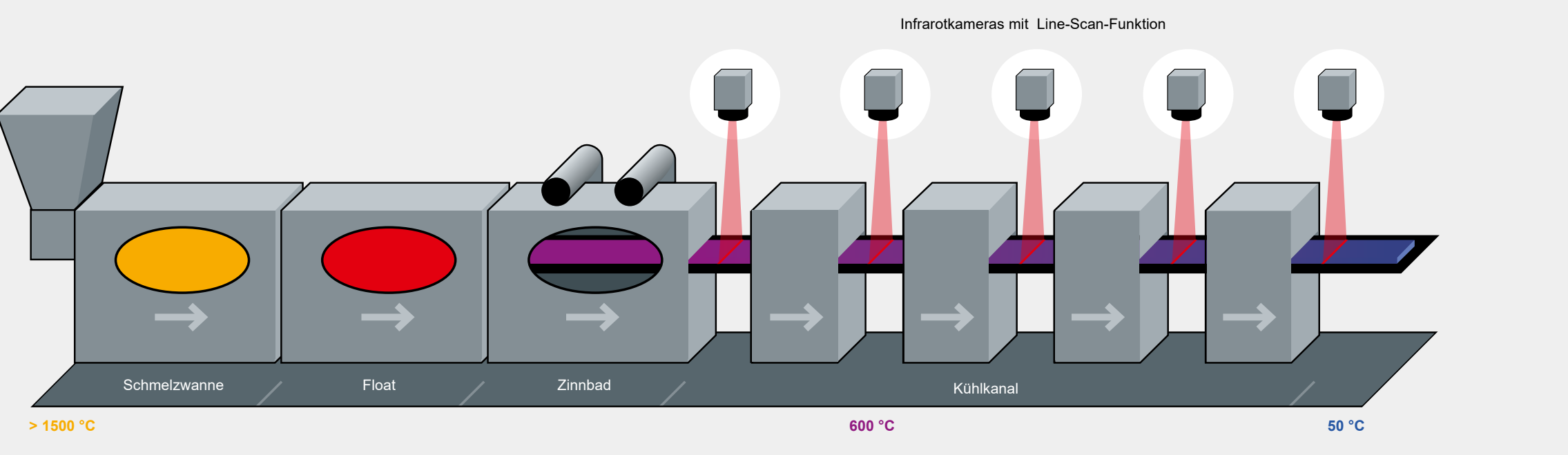
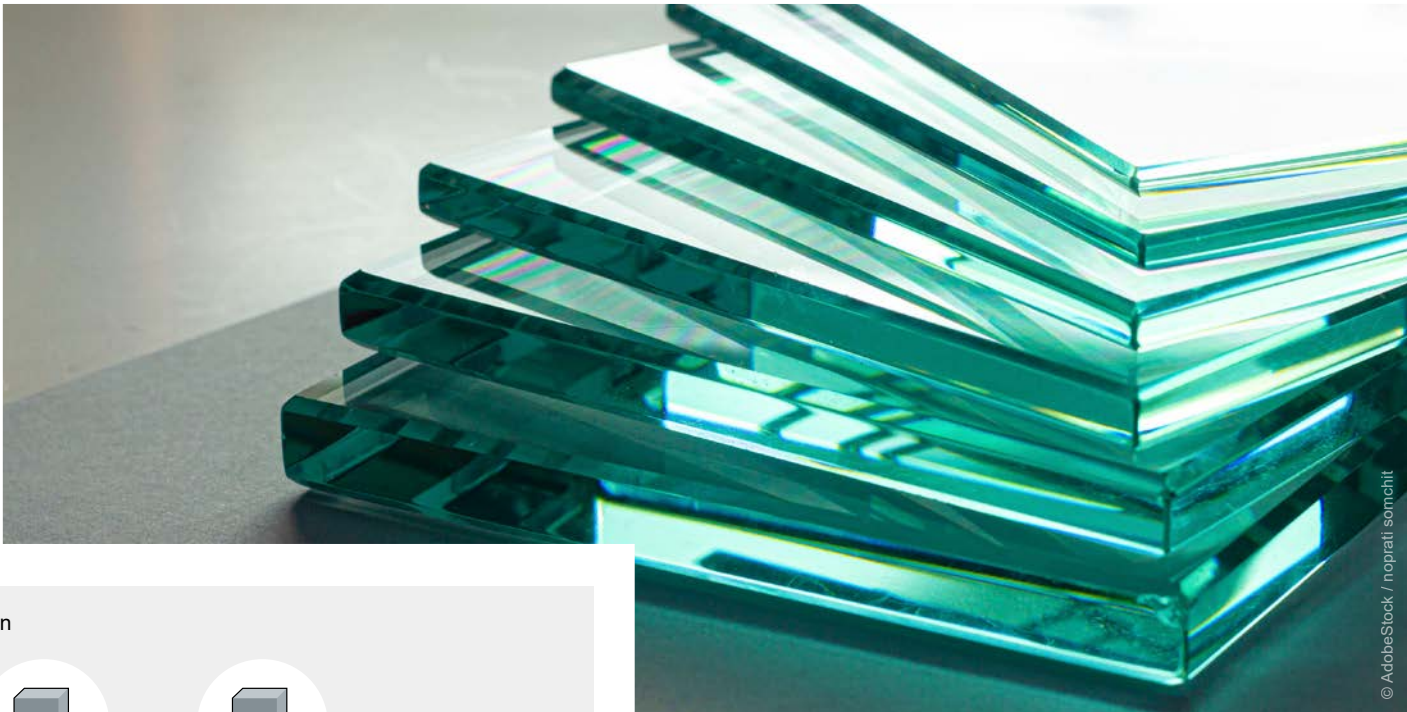
when temperature matters

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.



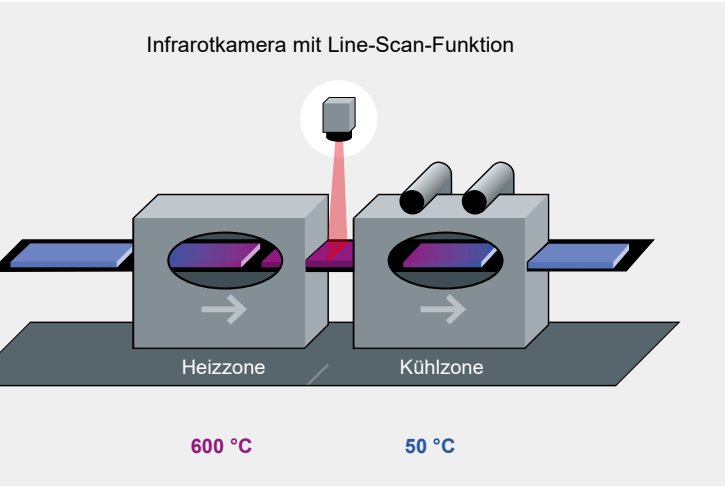
Wärmebild eines Endlos-Flachglases während des Abkühlungsprozesses, erstellt von einer Infrarotkamera, die im Zeilen-Scan-Modus arbeitet.



Messbereiche bei der Flachglasherstellung

Qualität von Verbundsicherheitsglas sichern

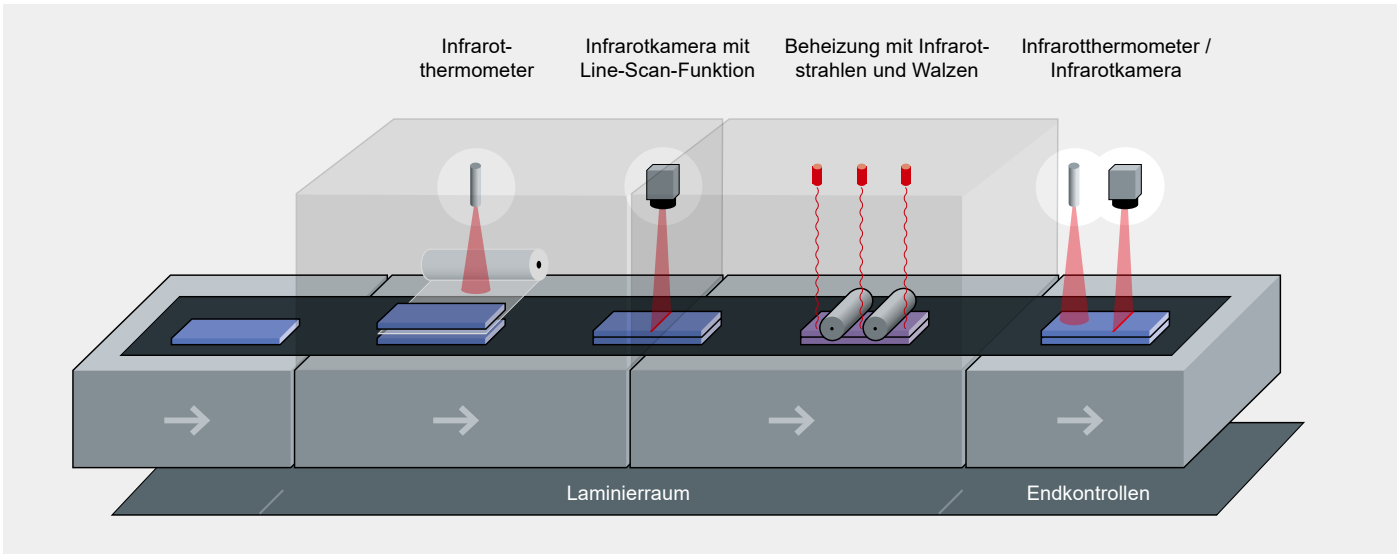
Verbundsicherheitsglas (VSG) besteht aus mindestens zwei Flachglasscheiben, die in einem Reinraum mit einer dazwischen gelegten PVB-Folie laminiert werden. Die Temperatur der Folie kann mit Infrarot-Thermometern geprüft werden. Im Vorverbundofen werden die Glasscheiben aufgeheizt, um die Folie zu schmelzen, 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 ESG

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 schockgeköhlt 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 VSG

Container Glasproduktion

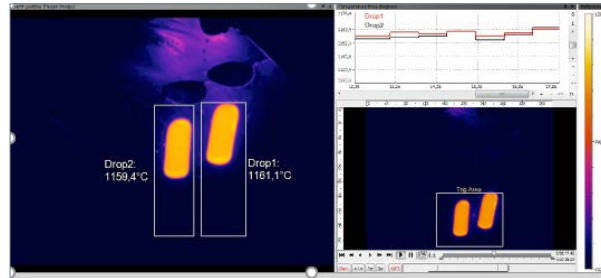
MESSUNG DER GLASSCHMELZE



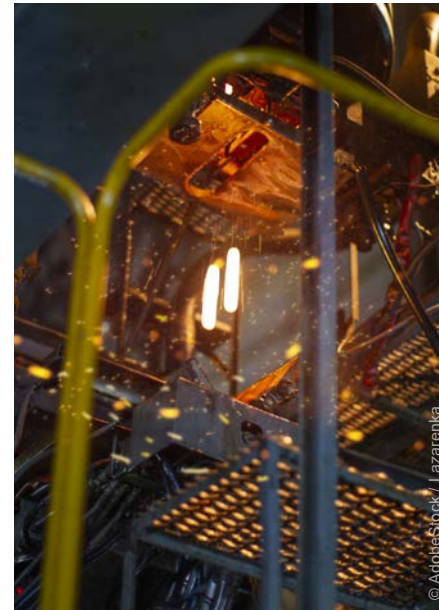
Permanente Überwachung bei der Glasherstellung

Behälterglas, z. B. Flaschen sämtlicher Größen und Formen, muss im Produktionsverfahren mehrfach auf seine prozessrelevante Temperatur geprüft werden.

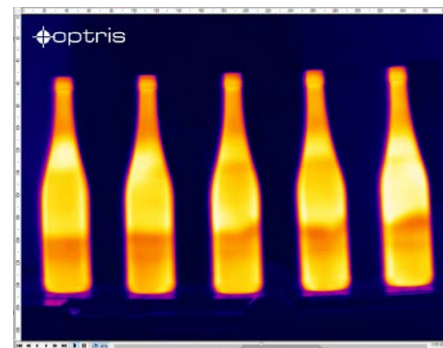
Beim Austritt der Glasschmelze über den Feeder wird der Glasstrang abgeschnitten. Die dadurch entstehenden **Glasschmelze-Tropfen** müssen zur Gewährleistung der Qualität eine Temperatur von etwa 1000 °C haben. Bislang konnte die Temperaturmessung aufgrund der hohen Geschwindigkeit nur mit punktmessenden 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 Kübels 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.



Temperaturüberwachung von geschmolzenen Glastropfen mit der Wärmebildkamera PI 1M



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 Kühltunnel langsam abgekühlt. Mit dem Austritt der Gefäße aus der Heizzone wird der Abkühlprozess durch Temperaturmessungen begleitet und gesteuert.



Temperaturmessung zur Qualitätskontrolle nach dem Umformprozess

Top-Down Glasinspektionssystem

HÄRTEN VON GLASSCHEIBEN

when temperature matters

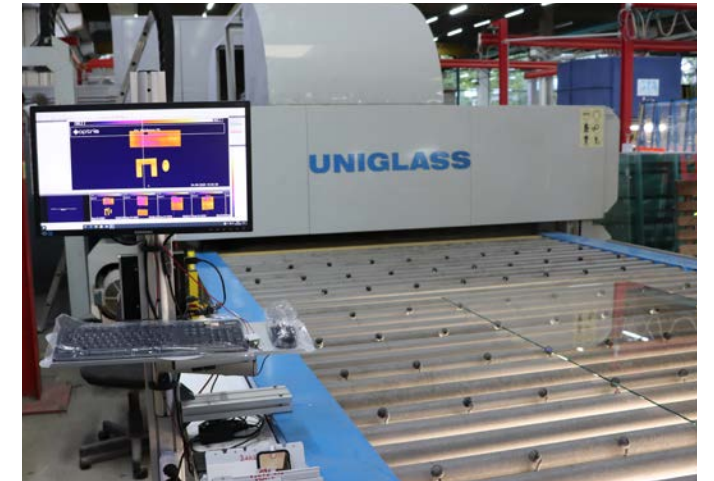
Glas-Inspektionssystem für die Prozesssteuerung in Glashärtungsanlagen

Alle Arten von Glas, beschichtet und unbeschichtet, ändern ihr Emissionsverhalten in Abhängigkeit vom Betrachtungswinkel.

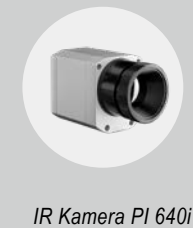
Insbesondere Low-E-Beschichtungen zeigen ein ungewöhnliches Verhalten. Für eine zuverlässige und reproduzierbare Temperaturmessung ist eine Referenzierung von unten (unbeschichtete Glasoberfläche) notwendig.

Eigenschaften

- Top-Down-System mit Temperaturreferenzierung mittels Sensor von unten sowie automatischer Emissionsgradkorrektur
- bei Standard- und Low-E-Gläsern
- Digital gesteuertes Optikschutzsystem (DCLP) erspart zusätzliches Freiblasen der Kameralinse
- Berechnung der Glasfläche
- Vormontiertes System zur einfachen Installation an Glashärtungsanlagen
- Automatische Scanlinienerkennung – unempfindlich gegenüber Bildverzerrung



Temperaturüberwachung von Glasscheiben an einer Glashärtungsanlage



IR Kamera PI 640i



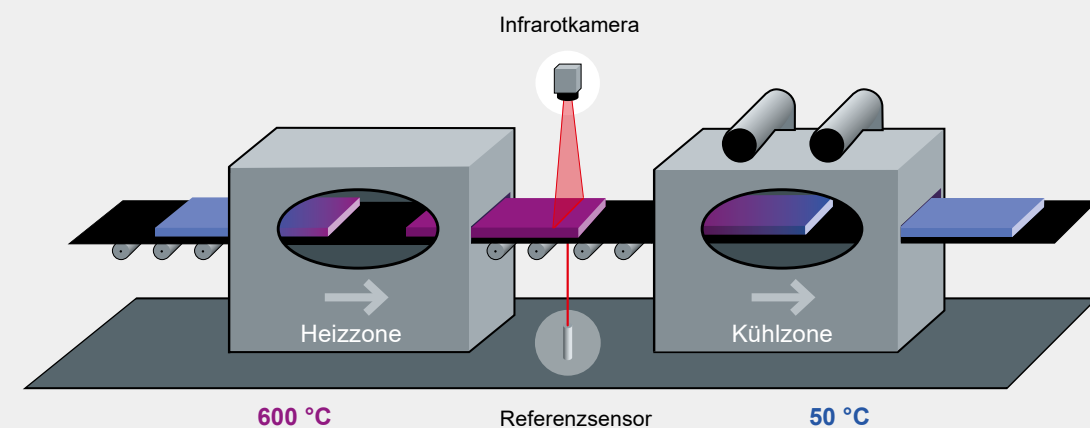
Shutter inkl. Montagewinkel



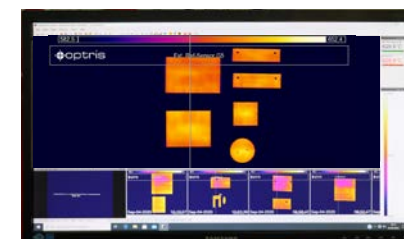
Shutter geschlossen



Shutter geöffnet



Positionierung von IR-Kamera und Referenzsensor in einem Top-Down-Glasinspektionssystem. Eine Vielzahl von Optiken mit unterschiedlichen Sichtfeldern ermöglicht eine optimale Montage in einem größeren Abstand zum Messobjekt (keine Kühlung erforderlich) und vermeidet so Einflüsse durch den winkelabhängigen Emissionsgrad.



Überwachung der Temperaturen von Glasscheiben



Referenzsensor CT G5L



Shutter inkl. Montagewinkel



Shutter geschlossen



Shutter geöffnet



Der Edelstahl-Messkopf des IR-Thermometers ist **extrem klein** und bis 85 °C Umgebungstemperatur ohne Kühlung einsetzbar. Der Messbereich liegt zwischen 100 °C und 1650 °C.

optris CT G5

Das Pyrometer optris CT G5 eignet sich aufgrund seines speziellen Spektralbereichs von 5,0 µm hervorragend für die **Messung von Glasktemperaturen**, z. B. bei der **Behälterglas- und Fahrzeugglasproduktion**.



Das Infrarot-Thermometer optris CTlaser 1M / 2M bietet eine **spezielle Messwellenlänge** und ermöglicht die **präzise und schnelle Messung** von Temperaturen von 200 °C bis zu 1650 °C.

optris CTlaser 1M / 2M

Die spektrale Empfindlichkeit von 1,0 µm oder 1,6 µm macht den CTlaser 1M / 2M **ideal für die Messung tieferer Glasschichten**. Er ist perfekt geeignet, für die **Temperaturmessung** von Glas im **Schmelzofen** als auch für die **Gob-Temperaturmessung in Behälterglas-Produktionslinien**.



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 häufig bei schnellen Prozessen eingesetzt.



Das Infrarot-Thermometer optris CTlaser G7 ist perfekt geeignet für die präzise Temperaturmessung von **hauchdünnen Glasoberflächen**.

Das Pyrometer bietet einen breiten Temperaturbereich von 100 °C bis 1200 °C und kann bei Temperaturen bis 85 °C ohne zusätzliche Kühlung eingesetzt werden.

optris CTlaser G5

Mit einem Spektralbereich von 5,0 µm ist das zweiteilige Infrarot-Thermometer optris CTlaser G5 speziell für die **präzise Messung von Glasoberflächen**. Eingesetzt werden die Geräte zur Temperaturmessung z.B. bei Fertigungsprozessen von **Fahrzeugglas** und **Flachglas**.

optris CTlaser G7

Das zweiteilige IR-Thermometer eignet sich aufgrund seines Spektralbereichs von 7,9 µm optimal für die **präzise Temperaturmessung** bei der Herstellung von **ultradünnem Glas**, welches für **Touch-Displays von Smartphones, Tablets** etc. verwendet wird.



Das Infrarot-Thermometer optris CSlaser G5HF wurde speziell für die Messung von Glasktemperaturen 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 **innovatives Doppel-Laservisier** für eine **präzise Markierung des Messflecks**. Durch eine Vielzahl an Optiken ist eine Anpassung an verschiedenste Applikationen möglich.

Die **Wärmebildkameras** optris PI 450i G7 und PI 640i G7 sind die ersten **industriespezifischen Modelle** der PI-Serie. Entwickelt für die Glasindustrie haben sie eine **spektrale Empfindlichkeit** von 7,9 µm.

Der Messbereich von 150 °C bis 1500 °C ermöglicht den Einsatz in vielfältigen Anwendungen in **Produktion, Veredelung** und **Weiterverarbeitung** von **Glasscheiben, Glasflaschen** und **anderen Glasprodukten**.

optris CSlaser G5HF

Das IR-Thermometer eignet sich hervorragend für die Temperaturkontrolle bei Produktionsprozessen von **Flachglas** und **Fahrzeugglas**.

Bei der Temperaturmessung während der Herstellung von **Einscheibensicherheitsglas** und **Verbundsicherheitsglas** spielt das IR-Thermometer eine ebenso wichtige Rolle.



optris PI 450i G7 / PI 640i G7

Diese Infrarotkameras werden eingesetzt, wenn **Temperaturwerte innerhalb eines Feldes** erfasst werden sollen.

Der IR-Imager wird als Zeilenkamera im Bereich der **Flachglasproduktion** eingesetzt und bietet **vielfältige Möglichkeiten** zur **Dokumentation** und **Prozesskontrolle**.

Angesichts des geringen Preises könnte eine Infrarotkamera die bessere Lösung im Vergleich zu vielen, einzelnen Pyrometern sein.

AIR PURGE LAMINAR

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.



Freiblasvorsatz Laminar (ACCJAAPLS) befestigt an einem CoolingJacket Advanced (Standard)

Variantenvielfalt

Der Freiblasvorsatz von Optris ist in zwei Varianten erhältlich:

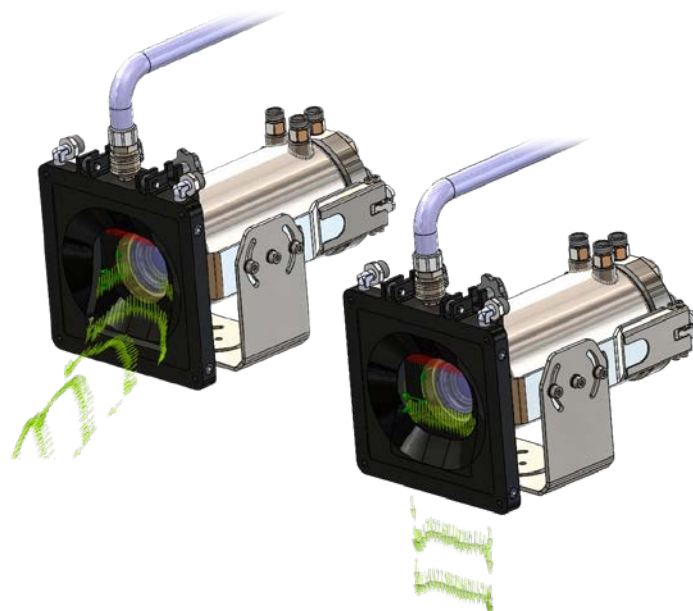
- **Großes Sichtfenster**
Für Anwendungen, bei denen das gesamte Detektionsfeld der Infrarotkamera benötigt wird.
- **Sichtschlitz**
Für Anwendungen, bei denen nur eine Scan-Linie benötigt wird. Dies schützt den Sensor noch stärker und kommt **in der Glasproduktion häufig** zum Einsatz.



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 Einbauport 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 Information, praktische Anleitungen sowie How-to-Videos auf unserem **YouTube** – Kanal oder besuchen Sie unsere Website unter:

www.optris.de/how-to

SHUTTER

Für raue Umgebungen...

Um die Optik der Kamera zu schützen, kann optional ein Shutter (Schließmechanismus) erworben werden.

Er ist mit einem Servomotor ausgestattet, der bei Bedarf mechanisch den Schließmechanismus verriegeln kann. Die Besonderheit des Shutters ist nicht nur das Öffnen und Schließen, sondern auch die vollständige Abdichtung im geschlossenen Zustand. Dadurch wird sichergestellt, dass der Shutter vollständig geschlossen ist und kein Schmutz auf die Optik gelangen kann.



... und raue Industrieumgebung

Der Shutter schützt die Optik vor herabfallenden Teilen innerhalb einer Reaktionszeit von 100 ms bei einer Umgebungstemperatur von bis zu 60 °C.

COOLING JACKET ADVANCED

Universelles wassergekühltes Gehäuse für optris-Infrarotthermometer und -Kameras unter rauen industriellen Bedingungen

Das Kühlgehäuse CoolingJacket Advanced ist für die optris PI-Serie sowie die CTlaser und CSlaser für den Einsatz bei hohen Umgebungstemperaturen vorgesehen.

Die Kühlung kann durch Wasser erfolgen (maximale Umgebungstemperatur: 315 °C). Es ermöglicht auch die Integration von zusätzlichen Komponenten wie PI NetBox, USB Server Gigabit und Industrial Process Interface (PIF) in der erweiterten Version.

Ethernet Cat. 6, USB- und Sensorkabel für Umgebungstemperaturen bis zu 250 °C sowie eine optionale Kabelkühlung für bis zu 315 °C sind verfügbar.



CoolingJacket Advanced (ACPICJAE) Extended-Version



CoolingJacket Advanced (ACPICJAS) Standard-Version

Weitere Informationen und technische Details zum Freiblasvorsatz Laminar, dem CoolingJacket Advanced sowie Shutter finden Sie unter:

www.optris.de/zubehoer-infrarotkamas





Ihr Ansprechpartner:

messwert - messtechnische Lösungen e.U.
Anton-Falch-Strasse 2, 6063 Rum

☎ +43-664-4981600

✉ optris@messwert.at

🏠 www.messwert.at

 [linkedin.com/company/optris](https://www.linkedin.com/company/optris)

 [youtube.com/c/OptrisEN](https://www.youtube.com/c/OptrisEN)

 twitter.com/optris

 [facebook.com/optris.gmbh](https://www.facebook.com/optris.gmbh)

when temperature matters

Optris GmbH
Ferdinand-Buisson-Str. 14
13127 Berlin · Germany

Tel : +49 30 500 197-0
Fax: +49 30 500 197-10

E-mail: info@optris.de
www.optris.de

