



Produktion

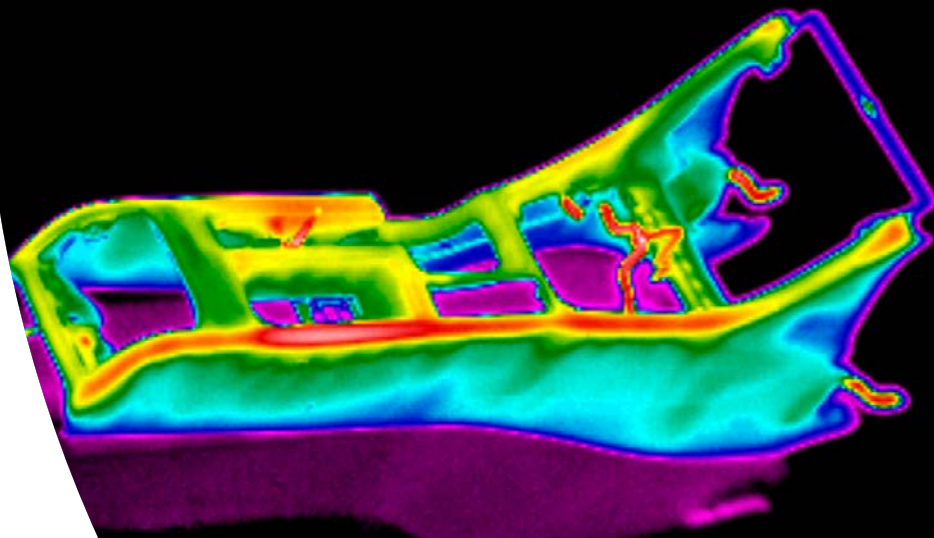
Qualitätssicherung

Forschung & Entwicklung

Test & Measurement

## **BERÜHRUNGSLOSE TEMPERATURMESSUNG KUNSTSTOFFINDUSTRIE**

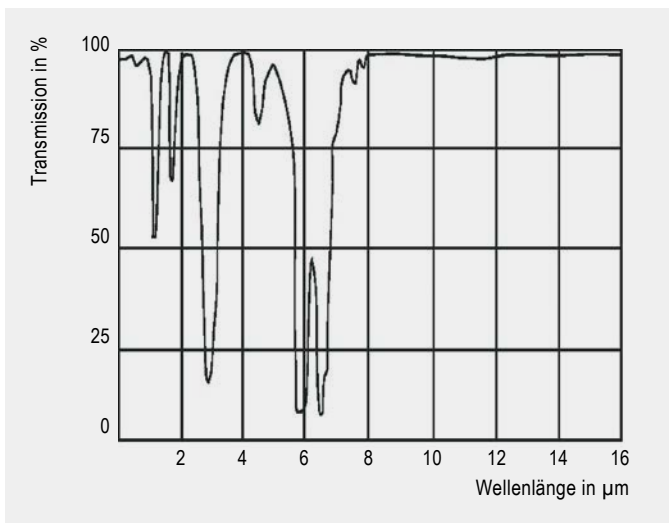
innovative infrared technology



### 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 (z. B. bei der Temperaturmessung von Kunststofffolien in Heizzonen, deren Wände heißer sind als das Messobjekt), erfolgt bereits im Infrarotmessgerät eine einstellbare Kompensation des Umgebungstemperatureinflusses. Genaueste Messergebnisse erreicht man mittels eines zweiten Temperaturmesskopfes zur automatischen Umgebungstemperaturkompensation und einem korrekt eingestellten Emissionsgrad.

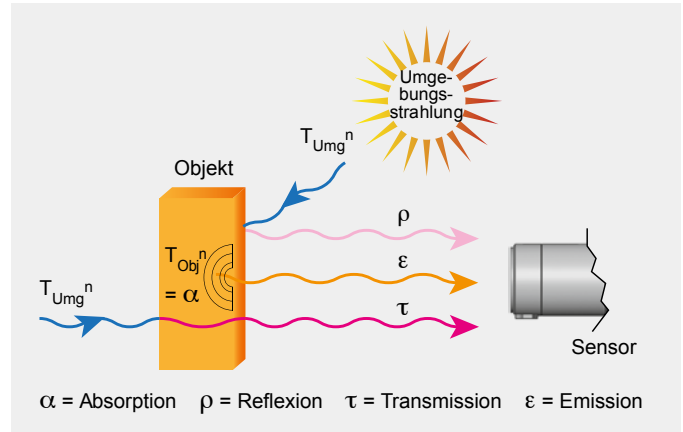


Spektraler Transmissionsgrad von Luft (1 m, 32 °C, 75 % r. F.)

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



Das CoolingJacket Advanced ermöglicht den Einsatz in Umgebungen bis zu 315 °C



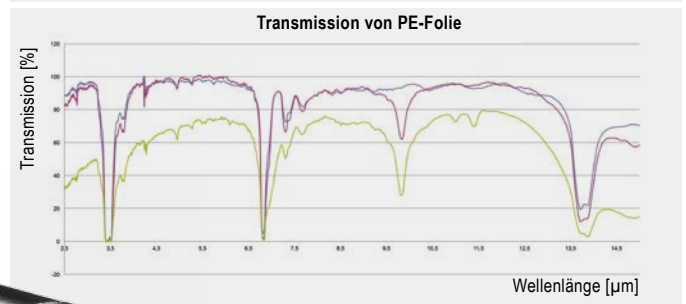
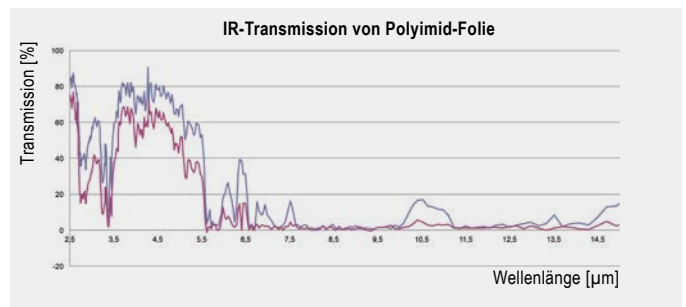
Umgebungsstrahlungskompensation

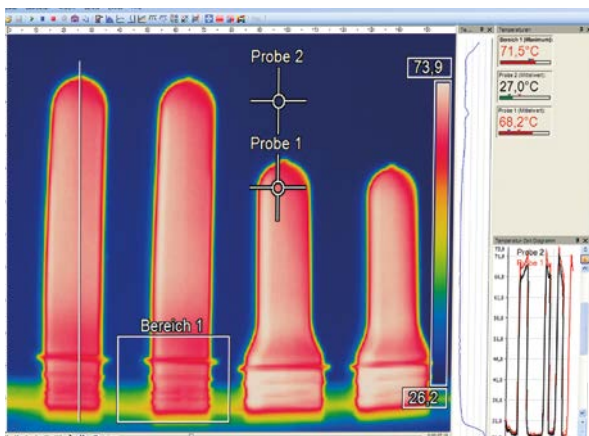
### Emissionsgrad und Temperaturmessung an Kunststoff

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

Kunststoffe mit einer Dicke > 0,4 mm und pigmentierte Folien können sehr gut im langwelligen IR-Spektralbereich (8-14  $\mu\text{m}$ ) mit Emissionsgraden  $\geq 0,9$  gemessen werden.





Detaillierte Kontrolle von Preforms bei der Flaschenherstellung.

Sehr dünne Kunststofffolien sind in diesem Spektralbereich allerdings transparent, so dass eine Temperaturmessung nur unter Nutzung materialspezifischer Absorptionsbanden im IR-Spektrum durch entsprechend schmalbandig empfindliche IR-Sensoren möglich ist.

Polyethylen, Polypropylen, Nylon und Polystyrol sind z. B. bei 3,43 µm IR-undurchlässig, Polyester, Polyurethan, Teflon, FEP und Polyimid dagegen bei 7,9 µm.

	C-H Band 3,43 µm P3 > 50 °C	C-F Esterband 7,95 µm P7 > 0 °C
Polyethylen (PE)	Ja	Nein
Polypropylen (PP)	Ja	Nein
Zellophan	Ja	Nein
Polystyrol (PS)	Ja	Nein
Fluorethylenpropylen (FEP)	Nein	Ja
Polyimid (PI)	Nein	Ja
Acryl	Ja	Ja
Polycarbonat (PC)	Ja	Ja
Polyester	Ja (>10 µm)	Ja
	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   &   &   &   \\ -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C}- \\   &   &   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$ Polyethylen	$\left[ \begin{array}{c} \text{F}_2 & \text{F}_2 & \text{CF}_3 \\   &   &   \\ -\text{C} & -\text{C} & -\text{C}- \\   &   &   \\ \text{F} & \text{F} & \text{F} \end{array} \right]_n \left[ \begin{array}{c} \text{CF}_3 \\   \\ -\text{C}- \\   \\ \text{F} \end{array} \right]_m$ FEP

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

### Line-Scan mit kompakter Infrarotkamera für dicke Kunststoffolien

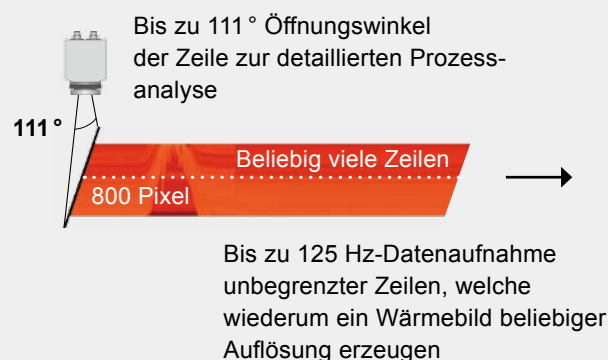
Kunststoffverarbeiter produzieren ein großes Spektrum von Produkten verschiedener Abmessungen, Dicken, Texturen, Farben und Prägemarken. Dabei unterliegt die Herstellung zahlreichen thermischen Prozessen, die an unterschiedlichen kritischen Stellen kontinuierlich und exakt kontrolliert werden müssen.

Zur Sicherung der Qualität bedarf es einer hohen Temperatur-Homogenität, die u.a. beim Thermoformen und im Bereich der Kalander, durch einen Line-Scan detektiert wird.

Die Infrarotkameras der Firma Optris werden mit der lizenzfreien Software PI Connect geliefert. Die Software erlaubt es, die Kameras als Zeilenkamera arbeiten zu lassen. Beim Einsatz einer IR-Kamera als Linescanner wird eine beliebige Zeile aus dem Detektorarray verwendet. Neben der kleinen Bauform und des geringen Preises sind zwei Punkte wesentlich: Die abzutastende Zeile kann per Software beliebig positioniert 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 Kunststoffindustrie ist diese Funktion von entscheidender Bedeutung, da die Homogenität der Folientemperatur direkten Einfluss auf die Qualität der Endprodukte hat. Im Produktionsprozess werden dementsprechend an vielen Stellen Temperaturen erfasst und bei Abweichungen der Solltemperaturen ggf. in den Prozess eingegriffen.

Die optris PI 640 ermöglicht in Kombination mit dem 90°-Objektiv hochauflösendes Linescanning mit bis zu 800 Pixel und einem maximalen Scanwinkel von 111° bei Nutzung der Bilddiagonalen.



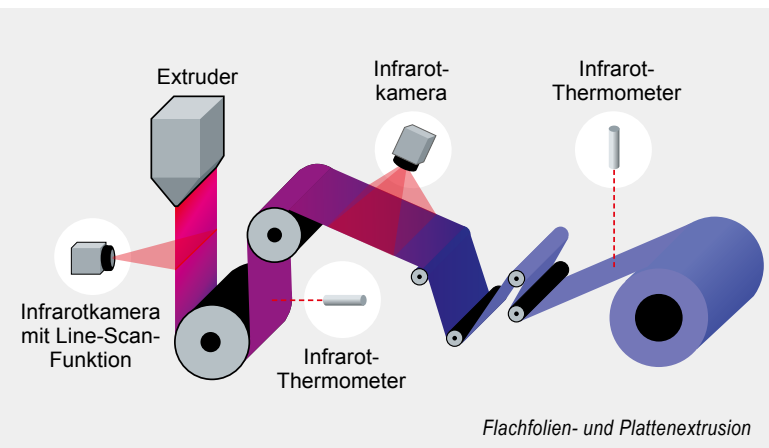
# Anwendungsmöglichkeiten Temperaturmesstechnik

## HERSTELLUNG VON KUNSTSTOFF

Die Messung von Prozess-, Werkzeug- und Werkstücktemperaturen ist in der Kunststoffindustrie ein wesentlicher Faktor bei der Produktion und Qualitätssicherung. In vielen Bereichen ist die Temperaturkontrolle nur berührungslos möglich, wodurch Infrarotkameras und Infrarot-Thermometer zum Einsatz kommen. Optris bietet kompakte Kameras im langwelligen Bereich ab 2.690 Euro sowie Punktsensoren ab 95 Euro.

### Flachfolien- und Plattenextrusion

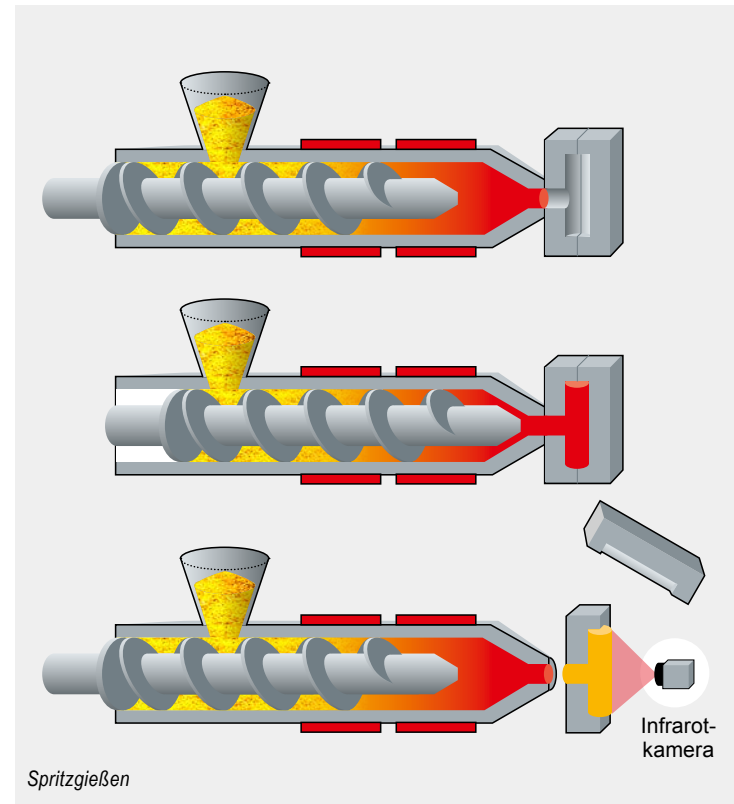
Bei der Flachfolien- und Plattenextrusion wird die Schmelze durch eine breite Schlitzdüse gedrückt und über einen Kalandrier weiterverarbeitet. In diesem Prozess wird die Folie sukzessive abgekühlt. Die Infrarotsensoren messen an mehreren Stellen die Temperatur der Folie und kontrollieren somit den Prozess. Mit Infrarotkameras können auch Risse und Oberflächendefekte erkannt werden.



### Rotationsschmelzverfahren

Das Rotationsschmelzverfahren ist eine Nischentechnik zur Herstellung von Kunststoffteilen und wird vor allem bei größeren Objekten benutzt. Hierbei wird pulverisiertes oder flüssiges Rohmaterial wie PE oder PP in eine negative Form gefüllt und verschlossen. Die Form wird dann in einem Ofen erhitzt auf max. 320 °C und biaxial rotiert. Das Material legt sich so Schicht für Schicht an die Form. Nach Abschluss wird die Form in einer Kammer gekühlt und das Kunststoffteil entnommen. Direkt mit der Öffnung der Form wird das Produkt thermisch geprüft, um gegebenenfalls den Produktionsprozess nachzusteuern.

### Spritzgießen



Das Spritzgießen ist das häufigste Produktionsverfahren bei der Herstellung von Formteilen aus thermoplastischen Kunststoffen. Es wird besonders bei der diskontinuierlichen Massenproduktion komplizierter Formteile genutzt, wobei sich die Größe des Werkstücks von feinsten Zahnrädern bis zu großen Containern erstreckt. Das Gewicht eines Werkstücks beginnt bei 1 mg (0,001 g) und geht bis zu 100 kg.

Über den Einfülltrichter wird das Granulat – oftmals versetzt mit Additiven – in den Zylinder befördert. Durch die mechanische Reibung bei der Bewegung der Schnecke im Inneren des Zylinders sowie durch die Wärmezufuhr der Heizbänder von außen wird das Granulat plastifiziert.

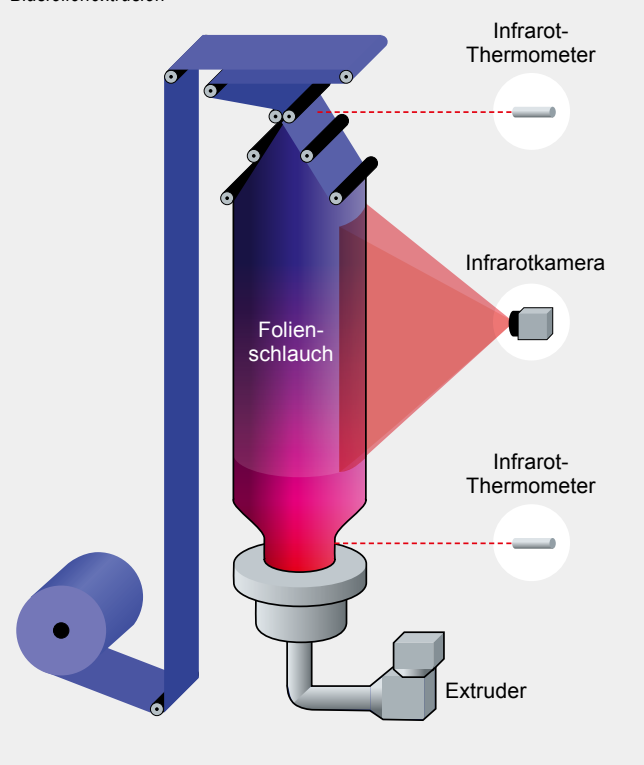
Die so entstandene flüssige Masse schiebt sich vor die Schneckenspitze und wird mit Druck durch die Düse der Spritzeinheit in das davor befindliche Werkzeug gepresst.

Die Formmasse kühlt im Werkzeug ab, das sich dann bei entsprechender Härtung öffnet. Zur Gewährleistung einer hohen Qualität des Formteils bedarf es speziell in der Abkühlphase im Werkzeug eines optimalen Temperaturmanagements. Die Formteile werden mittlerweile automatisiert direkt nach dem Auswurf mit Infrarotkameras auf eine homogene Temperaturverteilung geprüft.

Nähere Informationen finden Sie in unserer Anwendungsnotiz „Temperaturmesstechnik im Kunststoff-Spritzgießverfahren“ unter [www.optris.de/temperaturmessung-kunststoffverarbeitung](http://www.optris.de/temperaturmessung-kunststoffverarbeitung)



Blasfolienextrusion



### Blasfolienextrusion

Ähnlich wie beim Spritzgießen wird die heiße Schmelze aus dem Extruder gedrückt. Jedoch in diesem Fall nicht in ein Werkzeug, sondern durch ein Werkzeug mit Ringdüse. Der so entstandene Folienschlauch wird nun vertikal gezogen und dabei aufgeblasen. Während dieses Vorgangs wird der Schlauch innen und außen durch Luft gekühlt.

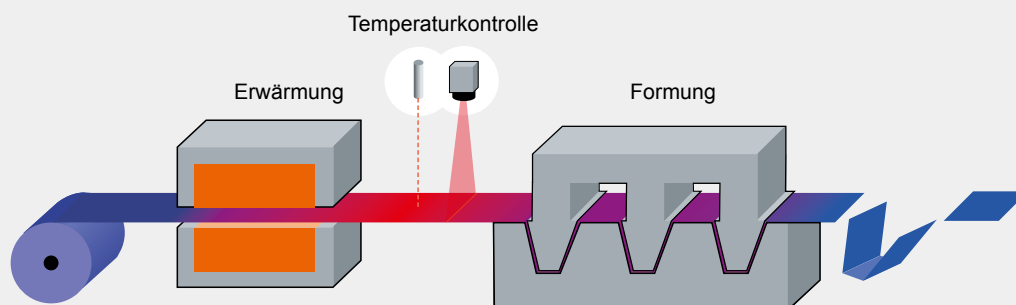
Ab dem Austritt der Schmelze durch die Düse muss die Temperatur der Schlauchfolie an unterschiedlichen Punkten gemessen werden, um so die Produkteigenschaften und -qualität zu gewährleisten.

### Thermoformen

Platten bzw. aufgerollte Folie aus thermoplastischem Kunststoff werden dem Formautomaten zugeführt und dann im ersten Schritt beidseitig erwärmt bis das Halbzeug vollständig aufgeschmolzen ist. Beim Erreichen einer vordefinierten Temperatur wird die Folie dann via Vakuum in eine temperierte Form hineingesaugt. Erst wenn das Produkt wieder abgekühlt und formstabil ist, wird es zur Endverarbeitung weitertransportiert.

Nähere Informationen finden Sie in unserer Anwendungsnotiz „Spritzgießen im Fokus von Industrie 4.0“ unter [www.optris.de/temperaturmessung-kunststoffverarbeitung](http://www.optris.de/temperaturmessung-kunststoffverarbeitung)

Thermoformen

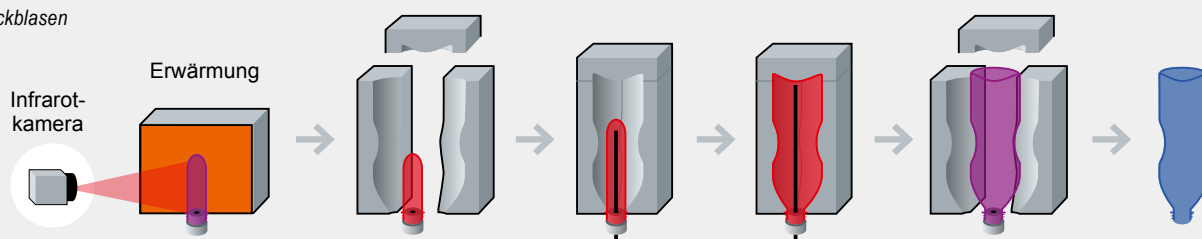


### (Spritz-)Streckblasen

Zur Herstellung von PET-Flaschen wird das Streckblas- bzw. Spritzstreckblasverfahren angewandt, bei dem Preforms erhitzt und in eine zähflüssige Form gebracht werden. Die erhitzten Formen werden dann in den Blasformen durch einen Verstreckprozess ausgeformt. Vor dem Weitertransport wird

die Flasche über die Werkzeuge gekühlt. Je nach Beschaffenheit der Preform und des gewünschten Endproduktes muss die Preform auf eine Prozesstemperatur um 100 °C gebracht werden. Zur Kontrolle dieses Prozesses werden Optris PI Kameras eingesetzt.

(Spritz-)Streckblasen



Das Infrarot-Thermometer optris CT P3 eignet sich mit seinem extrem schmalbandigen Spektralbereich von  $3,43 \mu\text{m}$  besonders für **Temperaturmessungen von sehr dünnen Kunststoffmaterialien wie PE, PP und PS.**

### optris® CT P3

Der Temperaturbereich reicht von  $50$  bis  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  und die Einstellzeit beträgt  $100 \text{ ms}$ . Der Messkopf besitzt eine Temperaturbeständigkeit bis  $75 \text{ }^\circ\text{C}$  ohne zusätzliche Kühlung. Die separate Elektronikbox des Folien-Thermometers ist mit leicht zugänglichen Programmier Tasten und beleuchtetem LCD-Display ausgestattet.



Neu

Das innovative Infrarot-Thermometer optris CT P7 eignet sich mit seinem speziellen Spektralbereich von  $7,9 \mu\text{m}$  besonders für **Temperaturmessungen von dünnen Kunststoffmaterialien wie PET, PU, PTFE oder PA.**

### optris® CT P7

Sein Temperaturbereich reicht von  $0$  bis  $710 \text{ }^\circ\text{C}$ , wobei der Messkopf eine Temperaturbeständigkeit bis  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  ohne zusätzliche Kühlung besitzt. Die Einstellzeit liegt bei  $150 \text{ ms}$ . Die separate Elektronikbox des Pyrometers hat leicht zugängliche Programmier Tasten und ein beleuchtetes LCD-Display.



Das Infrarot-Thermometer optris CTlaser P7 eignet sich zur Temperaturmessung von dünnen Kunststoffmaterialien, wie zum Beispiel PET, PU, PTFE oder PA. Es misst kleinste Objekte äußerst präzise.

### optris® CTlaser P7

Das IR-Thermometer verfügt über einen breiten Temperaturbereich von  $0$  bis  $710 \text{ }^\circ\text{C}$  und ist bis  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  ohne zusätzliche Kühlung einsetzbar. Es kann selbst kleinste Objekte von  $1,6 \text{ mm}$  auf  $70 \text{ mm}$  Entfernung erfassen. Ein Doppel-Laser markiert exakt die Messstelle. Die separate Elektronikbox des Pyrometers hat leicht zugängliche Programmier Tasten und ein beleuchtetes LCD-Display. Eine Vielzahl von wählbaren Ausgängen sichert darüber hinaus die zuverlässige Messwertübertragung und einfache Einbindung in eine SPS.



Die Infrarotkameras der optris PI-Serie sind **stationäre Thermografie-Systeme** mit einem herausragenden Preis-Leistungs-Verhältnis.

In der Kunststoffindustrie kommen die LT-Kameras (8-14  $\mu\text{m}$ ) ab einer Formteil- bzw. Foliendicke von über 0,4 mm zum Einsatz. Die Wärmebildkameras werden über USB 2.0 an einen Rechner angeschlossen bzw. in eine SPS eingebunden und sind sofort nach dem Verbinden einsatzbereit.

## Kompakte Infrarotkameras

Die **optris PI 160** (160x120 px) ist mit 120 Hz optimal geeignet für schnelle Prozesse.

Für Anwendungen, die eine bi-spektrale Dokumentation benötigen, ist die **optris PI 200 / 230** (160x120 px) eine gute Lösung.

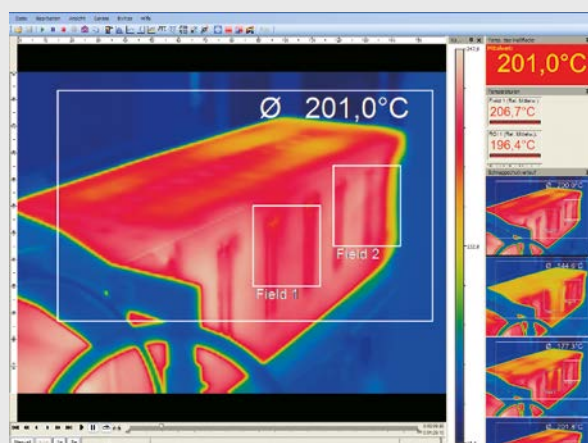
Die **optris PI 400 / 450** (382x288 px) besticht durch ihre hohe thermische Empfindlichkeit ab 40 mK.

Für hochauflösendes Linescanning mit hoher Geschwindigkeit (125 Hz) bzw. eine detailreiche Nahinspektion eignet sich die VGA-Kamera **optris PI 640** (640x480 px) hervorragend.



## optris® PI Connect Software (Merging Funktion)

Bei beengten Platzverhältnissen in einer Maschine kann es aufgrund des geringen Messabstandes notwendig sein, zwei oder mehrere Infrarotkameras einzusetzen, um z.B. die komplette Produktbreite abzuscannen. In der Software PI Connect können die Datenströme der einzelnen Kameras dann einfach zu einem Gesamt-IR-Bild zusammengesetzt werden, so dass der Anwender in einem einzigen Softwarefenster den ganzen Prozess oder die Temperaturverteilung über die gesamte Folienbreite sieht.



# KOSTENFREIE INFRAROT-WORKSHOPS



Die Optris Infrarot Tour bietet regelmäßige Workshops zur berührungslosen Infrarot-Temperaturmesstechnik an.

An einzelnen Standorten finden die Weiterbildungskurse mit Kooperationspartnern statt. Termine in Ihrer Nähe finden Sie unter [www.optris.de/messtechnik-workshops](http://www.optris.de/messtechnik-workshops)

## Das Angebot ist kostenfrei

und richtet sich an all diejenigen, die die Grundsätze der berührungslosen Temperaturmessung besser kennen und verstehen lernen möchten.

## Kontakt

**Optris GmbH**  
Ferdinand-Buisson-Str. 14  
13127 Berlin  
Tel.: +49 (0)30 500 197-26  
Fax +49 (0)30 500 197-28  
[events@optris.de](mailto:events@optris.de)



## Inhalte der Workshops

- Physikalische Gesetze
- Infrarotmesssysteme und Messobjekte
- Emissionsgrad und Messumgebung
- Aufbau von Infrarot-Thermometern sowie neue Detektor- und Optikkonzepte
- Entstehung und Vermeidung von Temperaturmessfehlern
- Applikationen von Pyrometern und Infrarotkameras
- Produktschulung mit praktischen Messübungen, Umgang mit den Geräten
- Programmierung von Infrarotsensoren
- Software, Auswertungsmöglichkeiten und Verarbeitung der Messergebnisse



## Online-Newsletter

Regelmäßige Informationen zu neuen Produkten, Anwendungen und Workshops erhalten Sie über unseren Messtechnik-Newsletter auf [www.optris.de/newsletter](http://www.optris.de/newsletter)

innovative infrared technology

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)

