

Produktion

Qualitätssicherung

Forschung & Entwicklung

Prüfung & Messung

BERÜHRUNGSLOSE TEMPERATURMESSUNG 3D-DRUCK & ADDITIVE FERTIGUNG

when temperature matters



HotSpot: 201,8°C

Optris

IHR ZUVERLÄSSIGER PARTNER IM BEREICH
DER INFRAROT-TEMPERATURMESSUNGEN

Die Optris GmbH wurde 2003 mit dem Ziel gegründet, das Angebot an berührungslosen Temperatursensoren mit fortschrittlichen Mess- und Anwendungstechniken zu erweitern.

Optris bietet hochwertige Infrarot-Thermometer und Wärmebildkameras zu günstigen Preisen. Ziel ist es, modernste Infrarot-Technologie für alle Kunden verfügbar zu machen.

Das Produktportfolio umfasst tragbare und stationäre Infrarot-Thermometer und Infrarotkameras, passendes Zubehör und Software für industrielle Anwendungen sowie Forschung und Entwicklung.

Optris zeigt sich mit seinen Niederlassungen in den nordamerikanischen, asiatischen und europäischen Märkten präsent und garantiert so die Verfügbarkeit relevanter Produkte für alle globalen Märkte. In der Entwicklungs- und Produktionsabteilung, die in Deutschland angesiedelt ist, sorgen qualifizierte Ingenieure für höchstmögliche Produktqualität.

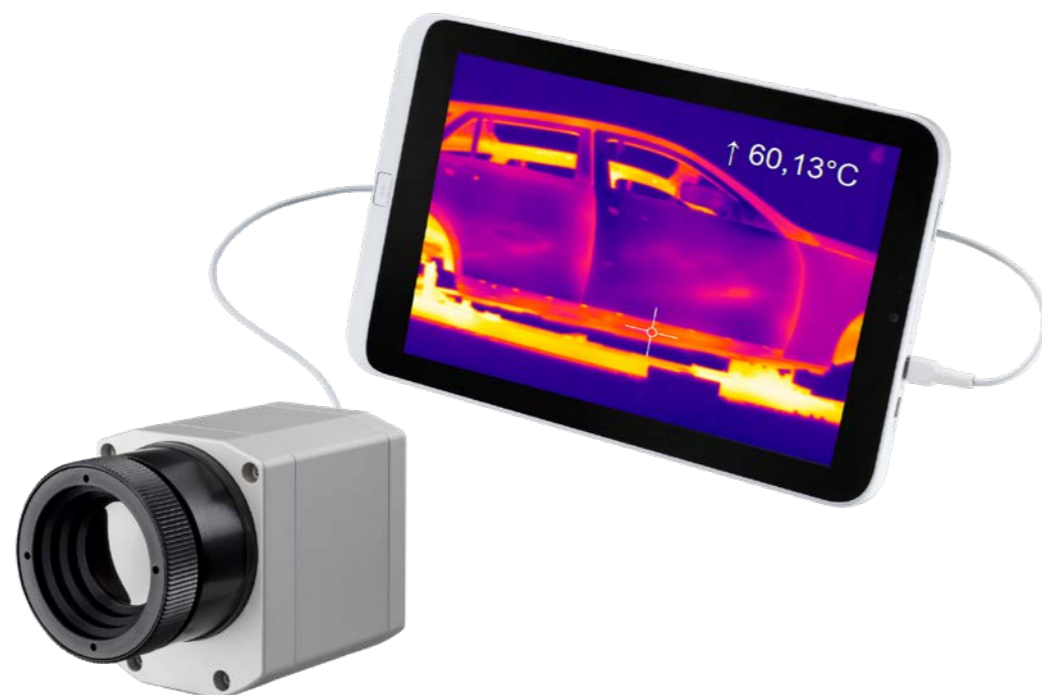
Die enge Zusammenarbeit zwischen den Abteilungen ermöglicht es uns, unsere Produktpalette kontinuierlich zu erweitern und schnell auf Marktbedürfnisse zu reagieren.

Um eine reibungslose Fertigung aller Produkte zu gewährleisten, sind alle internen Prozesse der Optris GmbH nach DIN EN ISO 9001:2015 zertifiziert.

Die Optris GmbH hat sich seit ihrer Gründung im Jahr 2003 zu einem der weltweit führenden Unternehmen im Bereich der berührungslosen Temperaturmessung entwickelt.

Unser Direktvertriebsnetz besteht aus kompetenten Ingenieuren, die unsere Kunden mit ihrer Expertise professionell beraten und passende Lösungen für die jeweiligen Messanforderungen schaffen.

Wir legen großen Wert darauf, dass alle Vertriebspartner laufend fachlich geschult werden und über unsere Produkte ausführlich informiert sind.



Unser Gründer und Geschäftsführer Dr.-Ing. Ulrich Kienitz hat mehr als 30 Jahre Erfahrung im Bereich der Infrarot-Temperaturmessungen.

Deutsche Ingenieurskunst

Dank unseres umfassenden Know-hows und wegweisender Konzepte geben unsere erfahrenen Ingenieure und Physiker immer wieder Impulse für neue Produktentwicklungen und außergewöhnliche Lösungen.

Made in Germany

Wir entwickeln und fertigen in Deutschland, um höchste Qualitätsstandards zu gewährleisten – ein wesentlicher Bestandteil unserer Unternehmenspolitik.

Top Qualität zu vernünftigen Preisen

Wir bieten modernste Infrarot-Technologie. Die Kostenvorteile aus dem Einkauf großer Stückzahlen von Halbleiterprodukten und in der Produktion geben wir direkt an unsere Kunden weiter.

Soziale Verantwortung des Unternehmens

Wir nehmen unsere unternehmerische Verantwortung ernst – deshalb sorgen wir für eine umweltfreundliche Produktion und ein sicheres Arbeitsumfeld für unsere Mitarbeiter.

Optris weltweit

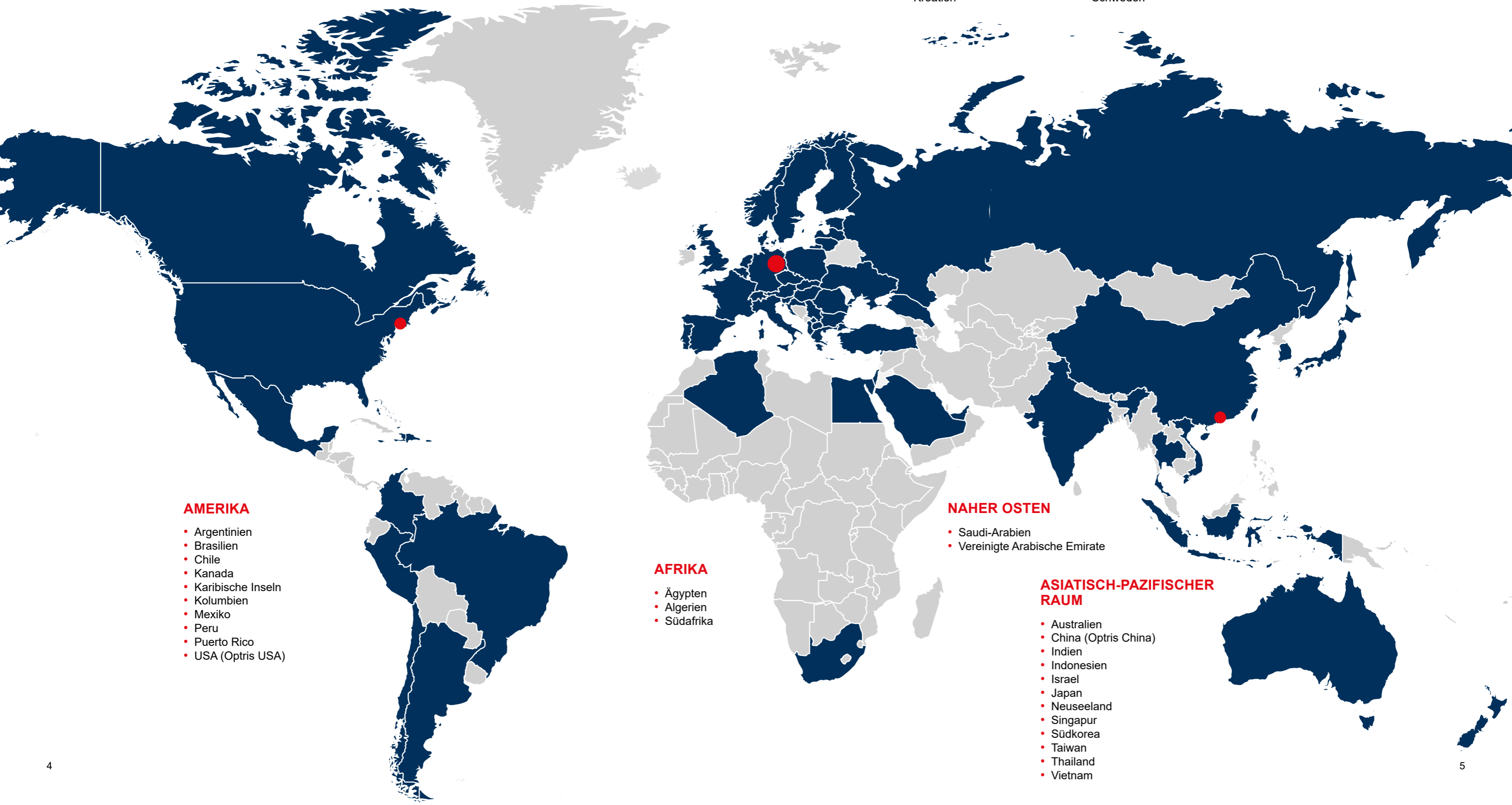
UNSERE INTERNATIONALEN VERTRIEBSPARTNER

Optris hat weltweit drei Standorte – die Zentrale in Berlin (Deutschland) und zwei weitere Standorte in Portsmouth (USA) und Shenzhen (China).

Für den weltweiten Vertrieb der Produkte und die professionelle Kundenbetreuung vor Ort verfügen wir über ein umfangreiches Händlernetz (vgl. blaue Bereiche).

EUROPA

- Albanien
- Belgien
- Bulgarien
- Dänemark
- Deutschland (Hauptsitz)
- Estland
- Finnland
- Frankreich
- Griechenland
- Italien
- Kosovo
- Kroatien
- Lettland
- Litauen
- Luxemburg
- Niederlande
- Nordmazedonien
- Norwegen
- Österreich
- Polen
- Portugal
- Rumänien
- Russland
- Schweden
- Schweiz
- Serbien
- Slowakei
- Slowenien
- Spanien
- Tschechische Republik
- Türkei
- Ukraine
- Ungarn
- Vereinigtes Königreich
- Zypern



AMERIKA

- Argentinien
- Brasilien
- Chile
- Kanada
- Karibische Inseln
- Kolumbien
- Mexiko
- Peru
- Puerto Rico
- USA (Optris USA)

AFRIKA

- Ägypten
- Algerien
- Südafrika

NAHER OSTEN

- Saudi-Arabien
- Vereinigte Arabische Emirate

ASIATISCH-PAZIFISCHER RAUM

- Australien
- China (Optris China)
- Indien
- Indonesien
- Israel
- Japan
- Neuseeland
- Singapur
- Südkorea
- Taiwan
- Thailand
- Vietnam

3D-Druck & Additive Fertigung

TECHNOLOGIE UND PHYSIK

3D-Druck und additive Fertigung bilden einen professionellen Produktionsprozess, bei dem ein Bauteil Schicht für Schicht durch Materialauftrag aufgebaut wird – auf Basis digitaler 3D-Konstruktionsdaten. Dieses Verfahren zeichnet sich durch die schnelle und kostengünstige Fertigung einzelner Bauteile aus.

Die Überwachung und Temperaturregelung in allen Phasen des 3D-Drucks und der additiven Fertigung sind entscheidend für eine hohe Qualität bei der Produktion. Wird die Temperatur durchgehend kontrolliert, können Schweißfehler verhindert und Fehler vermieden werden. Dadurch können während des Prozesses Korrekturen an den Schweißparametern vorgenommen werden.

Optris bietet ein umfassendes Sortiment an Infrarot-Temperatur Sensoren und drei Kurzwellen-IR-Kameras, die für Temperaturmessungen auf Metallen optimiert sind. Kurzwellen-Infrarotkameras werden für die Temperaturüberwachung in der metallbasierten additiven Fertigung immer beliebter, da sie die Temperaturen des gesamten Schmelzbads problemlos überwachen und die Daten zum heißesten Punkt nachverfolgen können. Das erspart die genaue Ausrichtung eines Einzelpunktsensors. Optris bietet auch mehrere Langwellenkameras für Messungen niedrigerer Temperaturen bei Kunststoff- und Kohlefaser-basierten Druckprozessen an, einschließlich spektral gefilterter Kameras, die den Langwellensensor vor Schäden durch CO₂-Laser schützen. Optris IR-Kameras werden heute in vielen additiven Fertigungsprozessen als wichtiges Werkzeug zur Steigerung des Produktionsertrags und der Produktqualität eingesetzt.

Optris bietet eine passende und umfassende Produktlösung für folgende Anwendungen: Laserauftragschweißen (LMD, siehe Seite 7), Selektives Laserschmelzen (siehe Seite 8), Ummantelung/ Lichtbogenbasierte Additive Fertigung (WAAM, siehe Seite 9), Filament-3D-Druck (FFF/FDM, siehe Seite 10) und Filament (siehe Seite 11).

Umwelteinflüsse

Die Durchlässigkeit der Luft hängt stark von der Wellenlänge ab. Bereiche mit hoher Dämpfung wechseln sich mit Bereichen hoher Durchlässigkeit ab – den so genannten atmosphärischen Fenstern. Im langwelligen atmosphärischen Fenster (8–14 µm) ist die Durchlässigkeit konstant hoch, während es im kurzwelligen Bereich atmosphärisch bedingt zu messbaren Einbrüchen kommt, die zu verfälschten

Messergebnissen führen können. Typische Messfenster sind 1,1–1,7 µm, 2–2,5 µm und 3–5 µm. Um Messverfälschungen durch erhöhte Umgebungstemperaturen (z. B. durch thermische Strahlungsquellen in der Nähe des Messobjekts) zu vermeiden, verfügt das Infrarot-Messgerät über eine interne Sonde zur automatischen Kompensation der Umgebungstemperaturen und zur korrekten Anpassung des Emissionsgrads.

Staub, Rauch und Schwebstoffe in der Umgebung können das (Kamera-) Objektiv verunreinigen und zu verfälschten Messergebnissen führen. Der Einsatz von Freiblasvorsätzen (aufschraubbarer Freiblasvorsatz mit Druckluftanschluss) verhindert, dass sich Partikel aus der Luft auf der Linse ablagern. Zubehör zur Luft- und Wasserkühlung ermöglichen den Einsatz von Infrarot-Thermometern unter rauen Umgebungsbedingungen.

Emissionsgrad und Temperaturmessung

Der Emissionsgrad ist ein wichtiger Faktor bei der genauen Messung von Temperaturen. Er ist von verschiedenen Einflüssen abhängig und muss je nach Anwendungsgebiet angepasst werden. Theoretisch hängt der Emissionsgrad vom Material und seiner Oberflächenbeschaffenheit, der Temperatur, der Wellenlänge, dem Messwinkel und sogar vom verwendeten Messaufbau ab.

Viele zu messende nicht-metallische Oberflächen haben bezüglich der Wellenlänge einen konstanten Emissionsgrad, geben aber weniger Strahlung ab als schwarze Strahler. Sie werden graue Körper genannt. Objekte, deren Emissionsgrad unter anderem von Temperatur und Wellenlänge abhängt, z. B. Metalle, werden als selektive Strahler bezeichnet.

Es gibt mehrere wichtige Gründe, warum die Messung von Metallen möglichst immer im kurzwelligen Bereich erfolgen sollte. Zum einen haben Metalloberflächen nicht nur die höchste Strahlungsintensität, sondern auch den höchsten Emissionsgrad bei hohen Temperaturen und kurzen Messwellenlängen (2,3 µm; 1,6 µm; 1,0 µm). Zum anderen entspricht deren Emissionsgrad in diesem Bereich dem von Metalloxiden, so dass Temperaturabweichungen aufgrund von Änderungen des Emissionsgrads minimiert werden.

Kunststoffe mit einer Stärke von > 0,4 mm und pigmentierte Folien lassen sich sehr gut im langwelligen IR-Spektralbereich (8–14 µm) mit Emissionsgraden von ≥ 0,9 messen.

Anwendungen der Temperaturmesstechnik

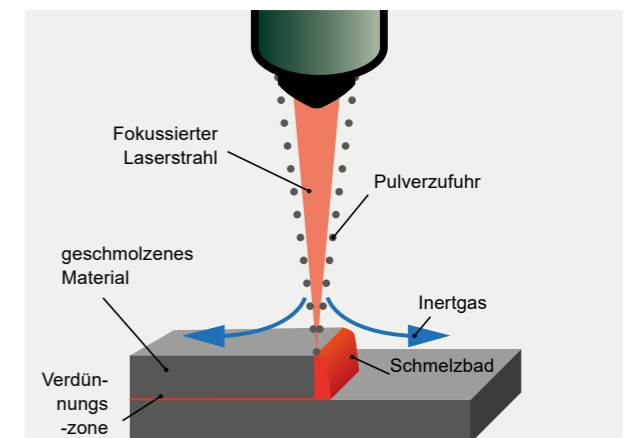
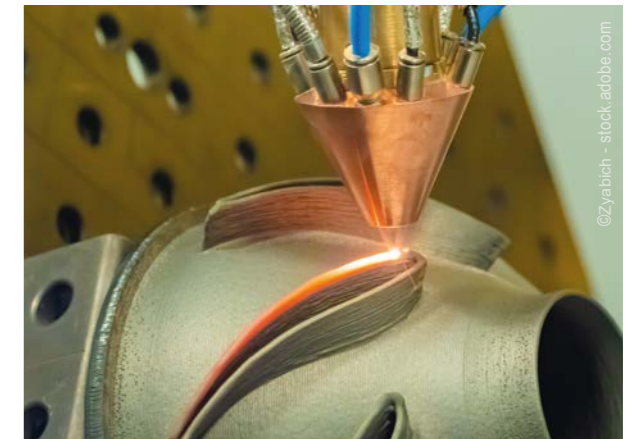
3D-DRUCK & ADDITIVE FERTIGUNG

Laserauftragschweißen (LMD)

Das Laserauftragschweißen ist ein additives Fertigungsverfahren, bei dem mithilfe eines Laserstrahls ein Bad aus geschmolzenem Metall auf einem metallischen Substrat gebildet wird. In dieses Schmelzbad wird das Metallpulver über eine Düse kontinuierlich zugeführt. Der Sensor zur Temperaturmessung muss der hohen Energiedichte des Lasers bzw. dessen Reflexionen standhalten. Meist wird ein Festkörperlaser, der bei 1064 nm arbeitet, verwendet; manchmal auch ein CO₂-Laser (10,6 µm). Die Wärmeverteilung hinter dem Laserstrahl gibt einen Hinweis auf gute oder schlechte Schweißqualität. Aus diesem Grund sind Imager oder Pyrometer außerhalb des Spektralbereichs des Lasers zu verwenden. Imager wie der PI 08M liefern die meisten Informationen über den Prozess – verglichen mit einem Einpunkt-Pyrometer, das lediglich eine einzelne Punkttemperatur angibt.

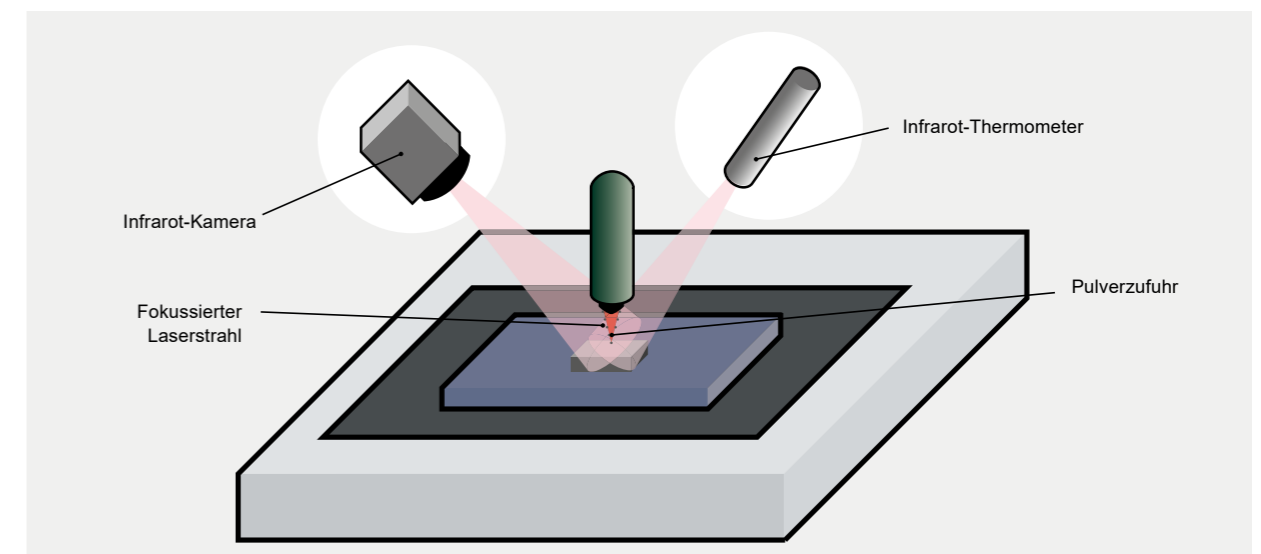
Das Laserauftragschweißen bietet Freiheit bei der Gestaltung von Teilen, eine wirtschaftliche Verarbeitungsgeschwindigkeit und eine außergewöhnlich hohe Flexibilität beim Materialeinsatz. Das Verfahren kann dünne Schichten von 30 µm bis zu 1,5 mm Stärke präzise auftragen. Es ermöglicht, Bauteile schonend mit einer hochwertigen Funktionsschicht zu veredeln oder kostengünstig punktuell zu reparieren.

Um sicherzustellen, dass zwischen Substrat und Beschichtung eine metallurgische Verbindung entsteht, ist die Überwachung der Wärmeverteilung mit den Optris-IR-Kameras unabdingbar.



Empfohlene Geräte:

Wärmebildkamera optris PI 08M, optris PI 05M oder optris PI 1M (je nach Laser)



Zur Kontrolle der Schweißqualität wird die Wärmeverteilung gemessen – hierfür kann eine IR-Kamera oder ein Pyrometer eingesetzt werden.

Anwendungen der Temperaturmesstechnik

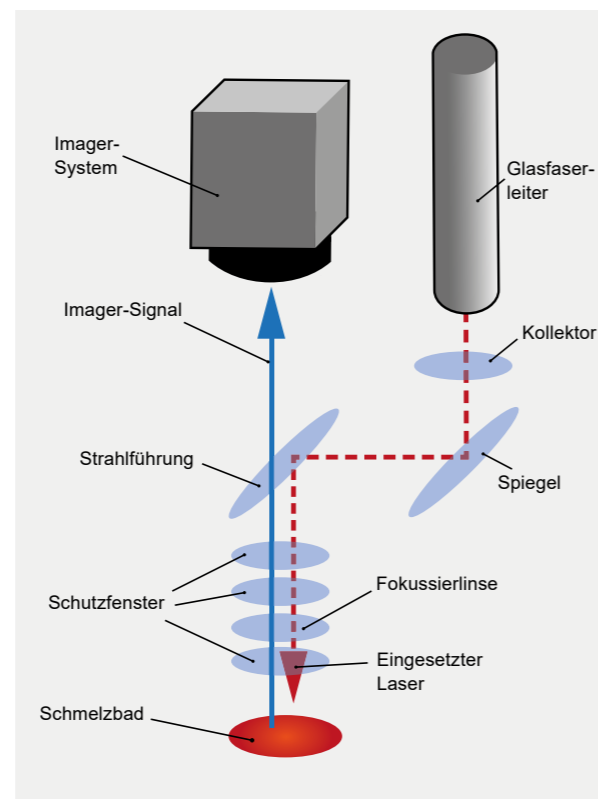
3D-DRUCK & ADDITIVE FERTIGUNG

Selektives Laserschmelzen (SLM)

Das selektive Laserschmelzen ist ein additives Fertigungsverfahren, bei dem Metallpulver mit Hilfe eines Lasers mit hoher Leistungsdichte geschmolzen und verschmolzen wird. Das jeweilige 3D-Bauteil wird durch selektives Schmelzen und Erstarren von Metallpulvern in jeder Schicht aufgebaut. Die Bauplattform wird um einen winzigen Bruchteil abgesenkt, und eine neue Pulverschicht wird aufgebracht.

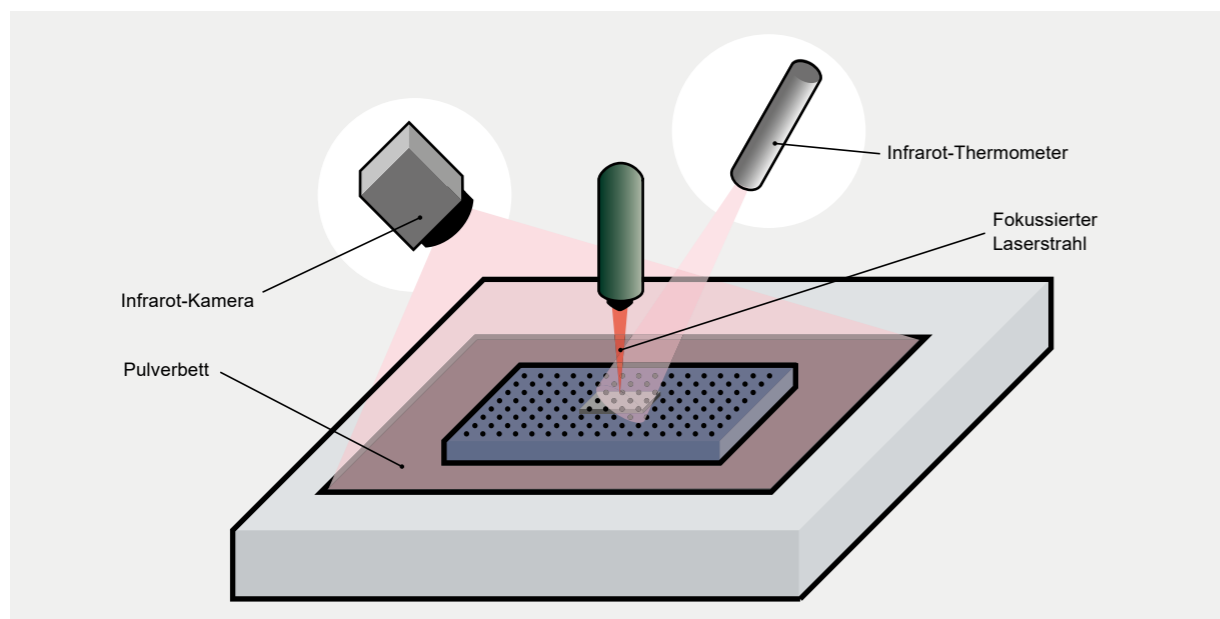
Das Pulverbett wird in der Regel vorgewärmt, um den Energiebedarf bis zum Erreichen der Schmelztemperatur zu reduzieren. Für ein hochwertiges Endprodukt mit homogener Metallstruktur ist eine gleichmäßige Wärmeverteilung unbedingt erforderlich. Ein Optris IR-Imager, z.B. PI 640i, kann die Temperatur des Pulvers messen, um wichtige Informationen darüber zu erhalten, ob es in gutem oder schlechtem Zustand ist. Zusätzlich können die einzelnen Bereiche des Laserschmelzens mit einer kurzweiligen Kamera, wie der PI 08M, vermessen werden.

Die Herausforderung des SLM-Verfahrens besteht darin, die richtige Vorwärmung und gleichmäßige Wärmeverteilung im Pulverbett zu gewährleisten. Eine ungleichmäßige Wärmeverteilung kann zu Strukturverformungen, Rissen und Porenbildung am 3D-Teil führen. Wird die Wärmeverteilung jedoch mit einer Optris IR-Kamera überwacht und Unregelmäßigkeiten erkannt, können rechtzeitig Maßnahmen ergriffen, Korrekturen vorgenommen und Fehler vermieden werden.



Empfohlene Geräte:

Laserleistung: optris PI 05M oder optris PI 08M
 Pulverbett: PI/Xi/LT-Pyrometer



Die gleichmäßige Wärmeverteilung mit einer IR-Kamera oder einem Pyrometer zu kontrollieren, ist für ein qualitativ hochwertiges Objekt mit homogener Metallstruktur unbedingt erforderlich.

Ummantelung/ Lichtbogenbasierte Additive Fertigung (WAAM)

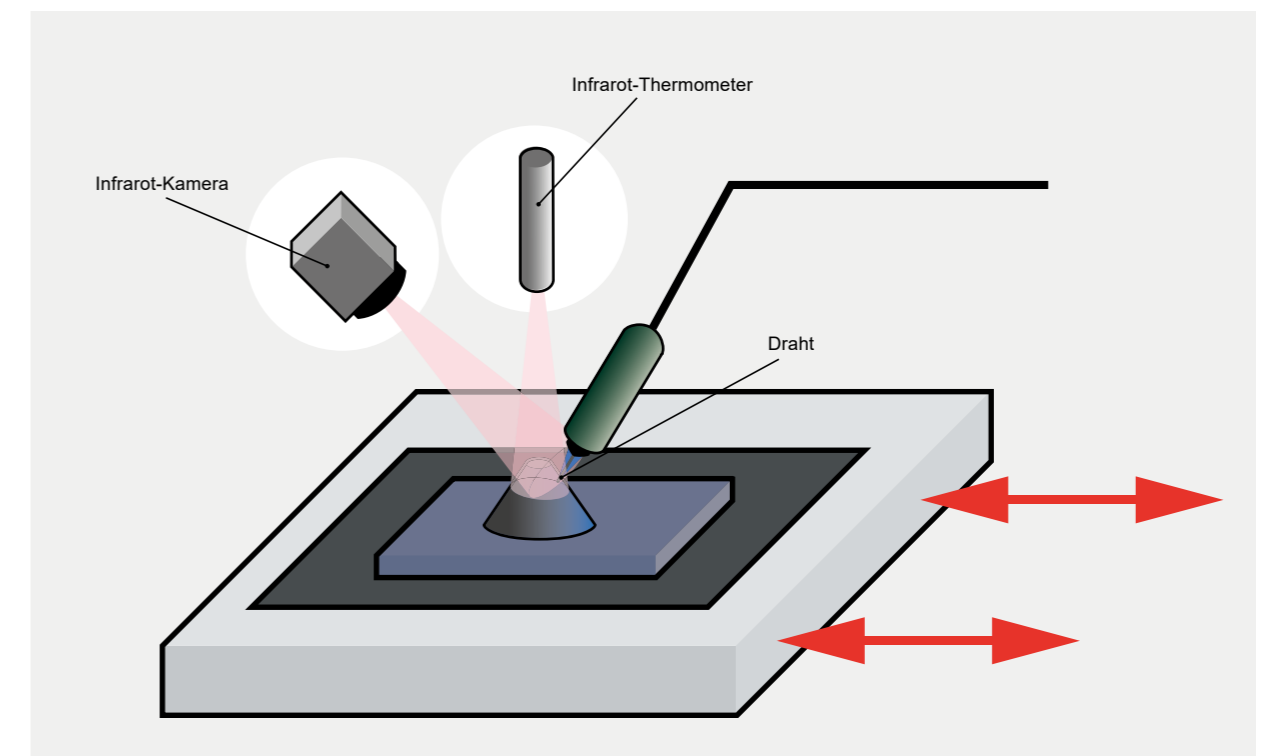
Die lichtbogenbasierte additive Fertigung ist eine Kombination aus zwei Verfahren: dem Metallschutzgasschweißen und der additiven Fertigung. Der Metalldraht wird mithilfe eines elektrischen Lichtbogens geschmolzen und Schicht für Schicht aufgetragen, bis eine gewünschte 3D-Form entsteht. Die Wärme der vorherigen Schicht kann die Form der nächsten Schicht beeinflussen. Die Temperaturüberwachung während der Ummantelung und die Informationen über die Wärmeverteilung geben Aufschluss über die Qualität des Schweißprozesses.

Eine gleichmäßige Wärmeverteilung führt immer zu einer hochwertigen Teilefertigung. Die Informationen über die Schmelztemperatur ermöglichen eine geschlossene Überwachung. Zusätzlich überwacht die IR-Kamera von Optris den Zustand des Materials und prüft, ob die vorherige Schicht für die Abscheidung der nächsten Schicht bereit ist.



Empfohlene Geräte:

Wärmebildkamera optris PI 08M oder optris PI 05M



Optris bietet sowohl IR-Kameras für großflächige Messungen als auch Punktsensoren für gezielte Messungen an.

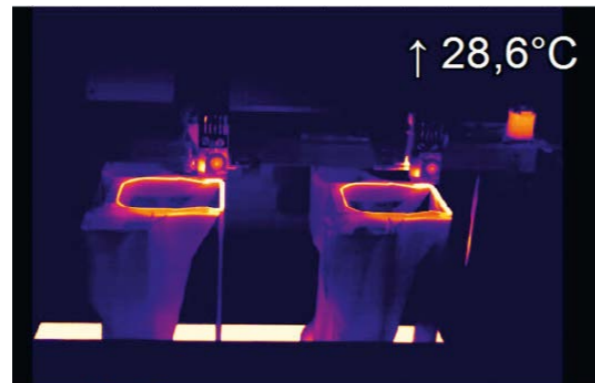
Anwendungen der Temperaturmesstechnik

3D-DRUCK & ADDITIVE FERTIGUNG

Fused Filament Fertigung (FFF/FDM)

Die Fused Filament Fertigung ist eine Form der additiven Fertigung, bei der Filamente miteinander verschmolzen werden, um ein festes Teil zu fertigen. Es ist ein Extrusionsverfahren, bei dem das Objekt durch schichtweises Auftragen von geschmolzenem Material aufgebaut wird, häufig unter Verwendung von Kohlefaserverbundwerkstoffen. Der Untergrund des Bauteils wird ein klein wenig angehoben und eine neue Schicht Filament wird aufgetragen. Ein Merkmal für ein gutes 3D-Produkt ist die Wärmeverteilung in der Basis. Eine ungleichmäßige Temperaturverteilung kann insbesondere bei größeren Objekten zu unerwünschtem Schrumpfen führen. Die Messung an der Düse des Extruders gibt Rückmeldung über die Funktion selbst und ob das Filament noch in Bewegung ist. Mit der Messung kann außerdem die Extrudertemperatur kontrolliert werden, um eine stabile und gleichmäßige Filamentabgabe zu ermöglichen.

Entscheidend ist hier die Messung der Extruder- oder der Filamenttemperatur, um eine homogene Wärmeverteilung gewährleisten zu können.



Wenn die Temperatur des Filaments nicht hoch genug ist, kann es den Extruder blockieren und langfristige Schäden verursachen. Mit der Optris IR-Kamera kann die Temperatur überwacht und rechtzeitig korrigiert werden.

Empfohlene Geräte:

Wärmebildkamera optris PI 400i / PI 640i oder LT-Pyrometer

Filament

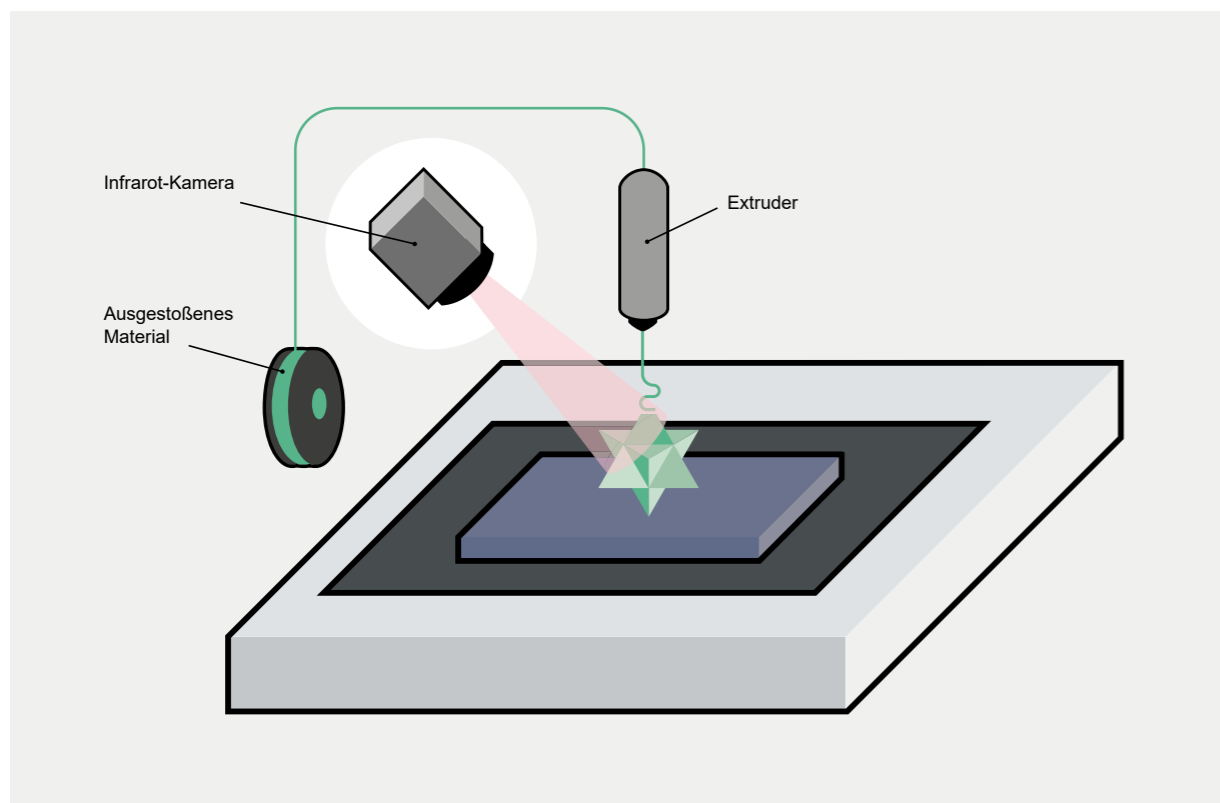
Das Filament ist eine bestimmte Art von Druckmaterial, das der Filament-3D-Drucker verwendet. Es wird als ein dünner Kunststoffaden am Stück mit mehreren hundert Metern Länge hergestellt und in der Regel auf eine Rolle gewickelt. Je nach thermischem Extrusionsverfahren kann das Ausgangsmaterial des Filaments Thermoplast oder Metall sein.

Sowohl mit dem Optris-Pyrometer als auch mit der Optris-IR-Kamera kann die Temperatur des Filaments während des Extrusionsprozesses überwacht werden, sodass bei zu niedriger Temperatur des Filaments rechtzeitig eingegriffen werden kann, um Blockaden des Extruders langfristig und langfristige Schäden zu vermeiden.

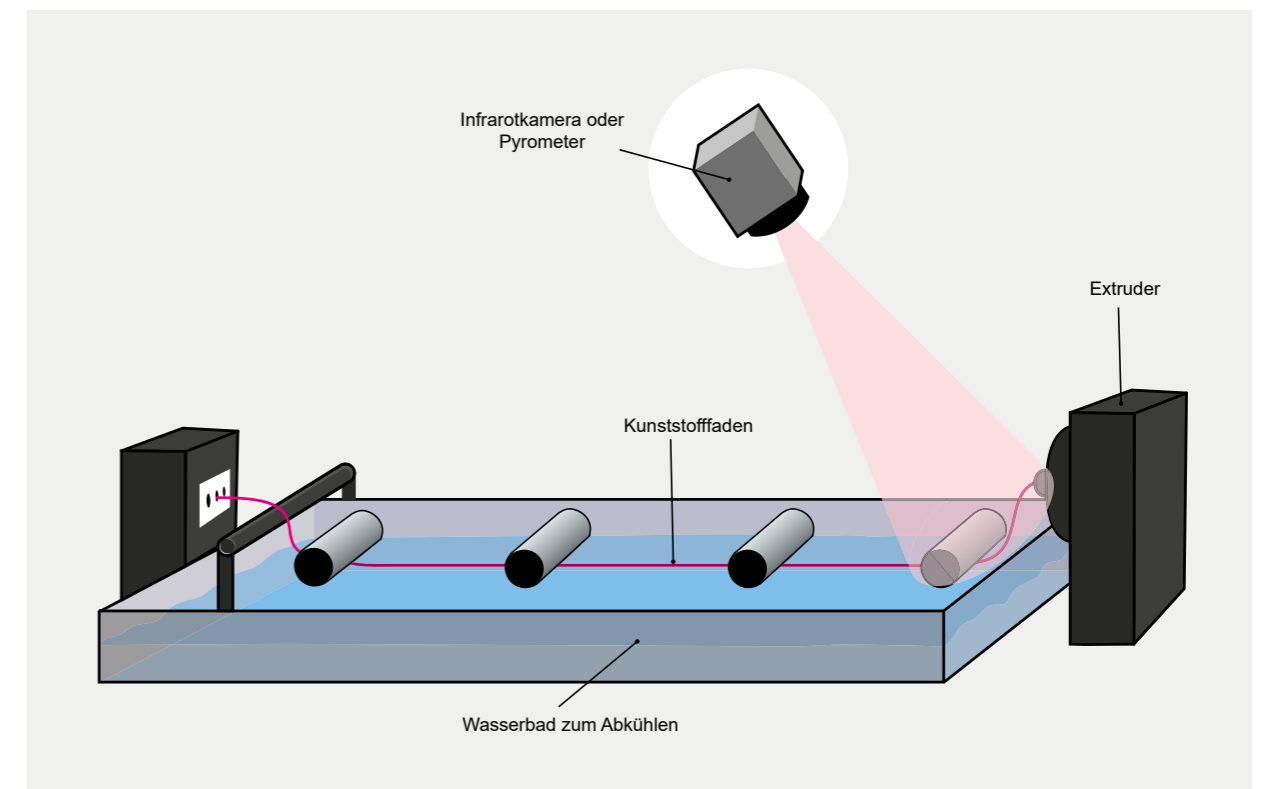


Empfohlene Geräte:

Wärmebildkamera optris PI 400i / PI 640i oder LT-Pyrometer



IR-Kameras, die häufig mit dem „Auto-Hotspot-Modus“ verwendet werden, um betreffende Bereiche auf dem Teil mithilfe einer benutzerdefinierten kritischen Temperatur zu erkennen.



Der Faden wird durch ein Wasserbad geführt und schließlich auf eine Spule gewickelt. Die Temperatur des Filaments wird durch eine IR-Kamera oder ein Pyrometer kontrolliert.

Branchenspezifische Messgeräte

SPEZIELLE WELLENLÄNGENBEREICHE

Der Spektralbereich von 500 bis 540 nm des Wärmebildsensors optris PI 05M verringert Messfehler durch unbekannte oder veränderte Emissionsgrade.



optris PI 05M

Aufgrund des Spektralbereichs sowie des kontinuierlichen Messbereichs von 900 °C bis 2.450 °C, eignet sich die kompakte Infrarotkamera perfekt für Temperaturmessungen von geschmolzenen Metallen.

Die spektrale Empfindlichkeit von 800 nm der Wärmebildkamera optris PI 08M verringert Messfehler, die durch unbekannte oder veränderte Emissionsgrade entstehen.



optris PI 08M

Mit einem durchgängigen Messbereich von 575 °C bis 1.900 °C und ihrem Spektralbereich ist die kompakte Infrarotkamera ideal für nahezu alle NIR- und CO₂-Laseranwendungen.

Die Wärmebildkamera optris PI 1M eignet sich besonders für Temperaturmessungen an Metallen, da diese bei der kurzen Messwellenlänge von 1 µm einen deutlich höheren Emissionsgrad aufweisen als bei Messungen im bisher üblichen Wellenlängenbereich von 8–14 µm.



optris PI 1M

Die leistungsstarke Sensorelektronik ermöglicht die Visualisierung eines thermischen Prozesses sowie eine kurze Reaktionszeit von 1 ms, um die Temperaturinformationen des mittleren Pixels anzuzeigen.

Die Infrarotkameras der optris PI-Serie gehören zu den kleinsten Wärmebildkameras ihrer Klasse. Mit einer Messgeschwindigkeit von bis zu 125 Hz liefern sie Echtzeit-Wärmebilder in hoher Geschwindigkeit. Die leistungsstarken Infrarotkameras der optris PI-Serie werden für vielfältige Aufgaben in der Industrie eingesetzt.



optris PI 400i / PI 640i mit CO₂ Filter

Sowohl für die kostengünstige Auflösung von 382 x 288 px als auch für die gestochen scharfe Auflösung von 640 x 480 px sind spektral gefilterte Versionen erhältlich, und zwar für Kunststoff- und Kohlefaserdrucke, um den Langwellensensor vor Schäden durch den CO₂-Laser zu vermeiden.

Optris Infrarot-Thermometer für Punktmessungen eignen sich besonders gut für die präzise Temperaturüberwachung von industriellen Fertigungsprozessen, Forschung und Entwicklung sowie Funktionskontrollen verschiedenster Geräte und Systeme.



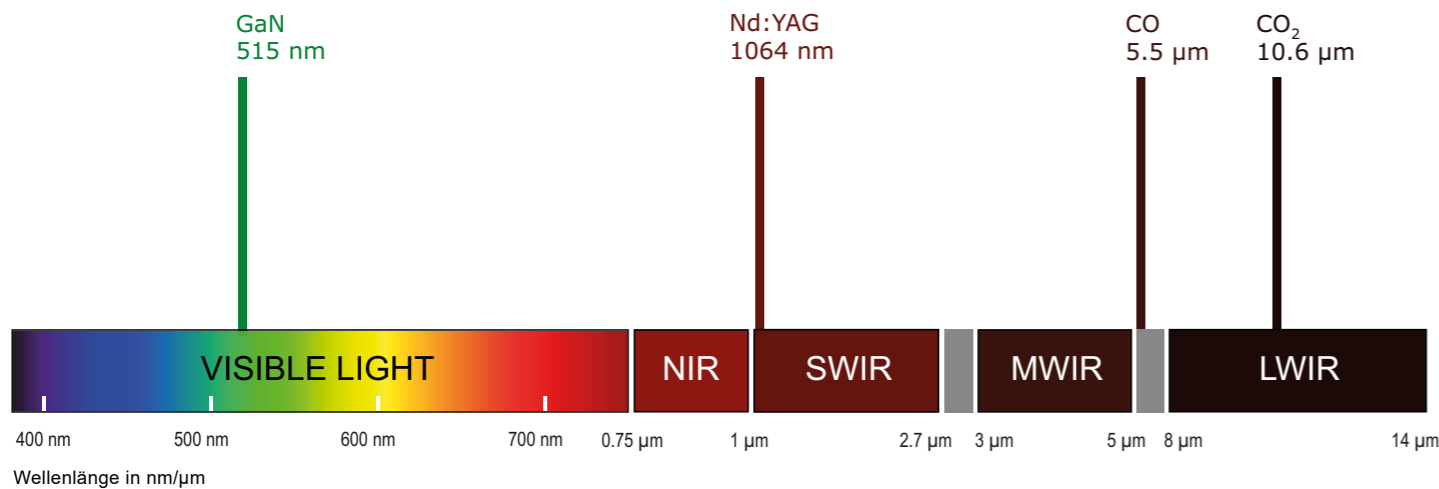
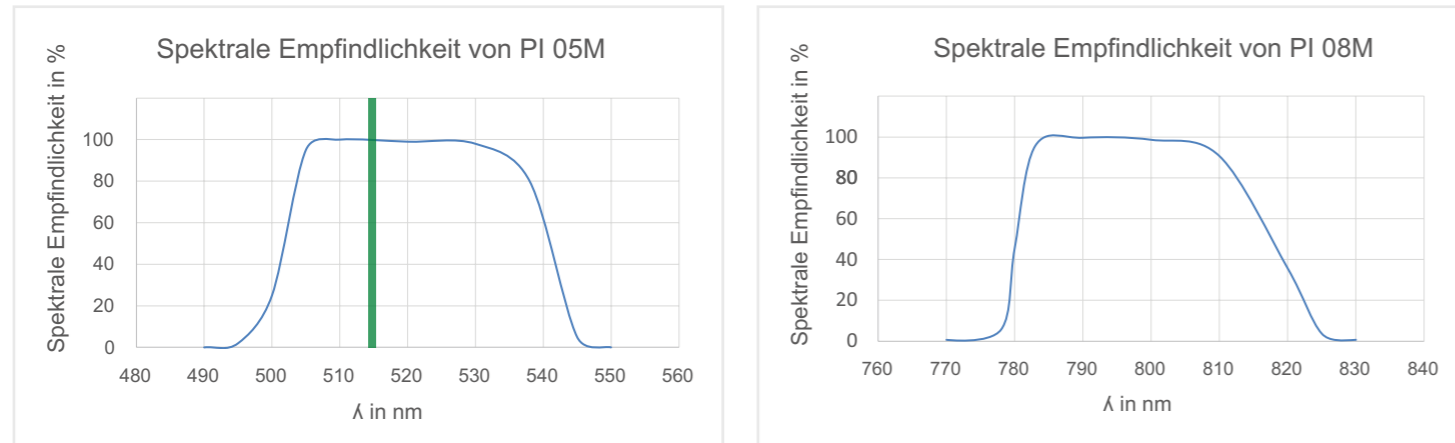
optris Pyrometer CT / CSmicro / CTlaser LT

Die Wellenlänge 8–14 µm entspricht dem Gerätetyp LT. Dieser Gerätetyp kann verwendet werden, um die Temperatur von nichtmetallischen Oberflächen zu messen, zum Beispiel Kunststoff.

Arten von Lasern

LASERANWENDUNGEN – GRUNDLAGEN

Die folgenden Diagramme zeigen die spektrale Empfindlichkeit (Wellenlängen) der vier relevanten Kameratypen von Optris in Verbindung mit verschiedenen Lasertypen, die in der additiven Fertigung eingesetzt werden.



NIR: Nah-Infrarot SWIR: Kurzwelliges Infrarot MWIR: Mittleres Infrarot LWIR: Langwelliges Infrarot

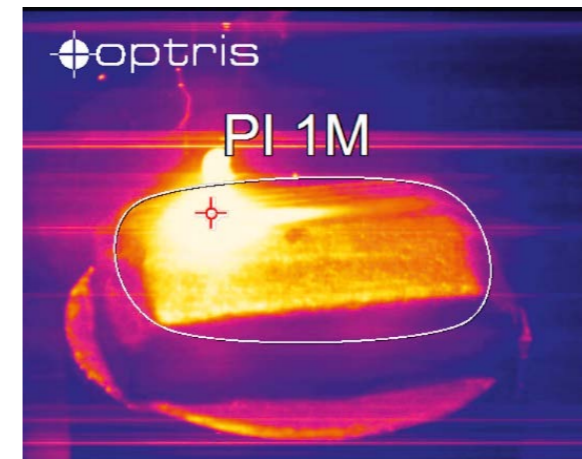
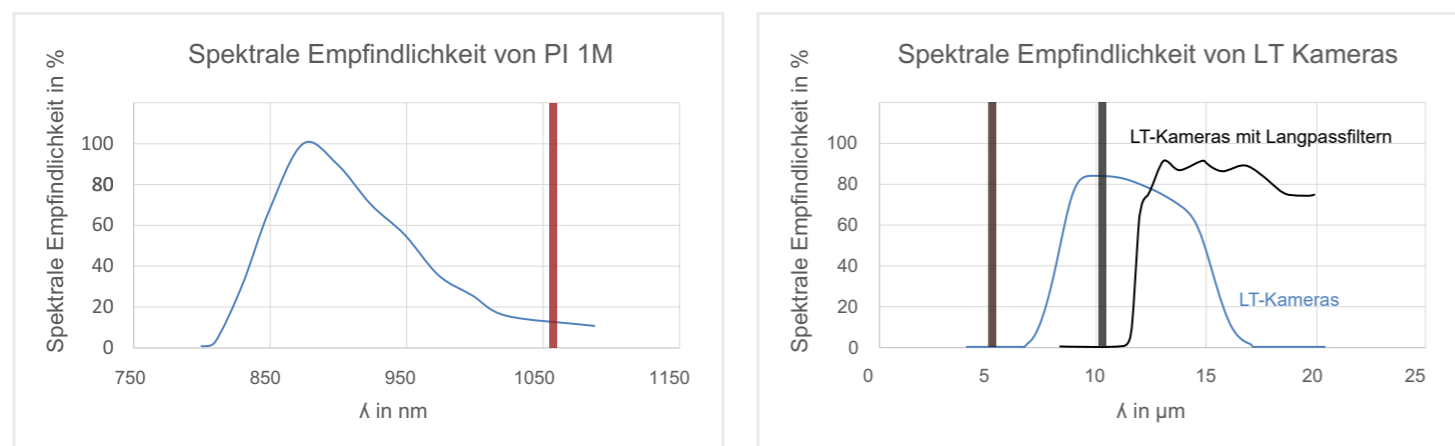


Abbildung 1: optris PI 1M

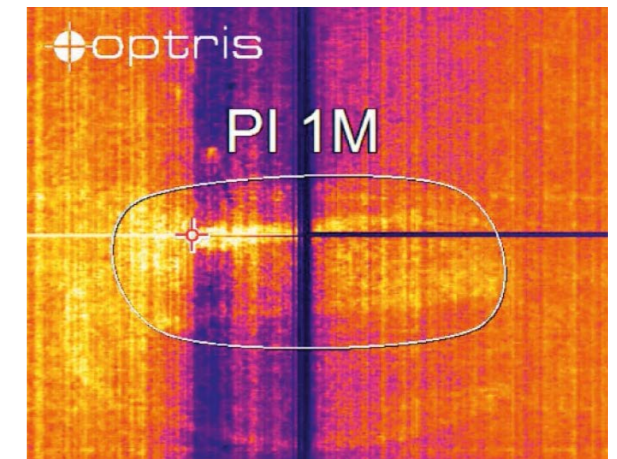


Abbildung 2: Das Wärmebild der PI 1M sowie der Detektor werden ohne CO2-Filter von der Strahlung eines 1,06 μm Lasers überstrahlt. Geeignete CO2-Filter sind für optris-Kameras erhältlich.

Aufgrund der hohen Energiedichte des Lasers können bereits geringe Laserlichtmengen – z. B. durch Reflexion – die Kamera massiv beschädigen. Um dies zu vermeiden, gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder wird eine Kamera verwendet, die in einem Wellenlängenbereich weit außerhalb der Wellenlänge des Lasers arbeitet, oder die Kamera wird mit einem speziellen Filter geschützt. Optris bietet Notchfilter für die PI 1M und Langpassfilter für LT-Kameras an.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen, wie die Kamera PI 1M durch falsche Anwendung beschädigt und überlastet wird. Dies kann durch einen geeigneten Filter verhindert werden. Die folgenden Abbildungen zeigen zwei Beispiele für die richtige und optimale Benutzung von Optris IR-Kameras.

In Abbildung 3 ist die optris PI 05M dargestellt. Diese Kamera arbeitet in einem Wellenlängenbereich fast zentriert bei 500 nm, weit entfernt von der schädlichen Einwirkung eines 1,06 μm-Lasers.

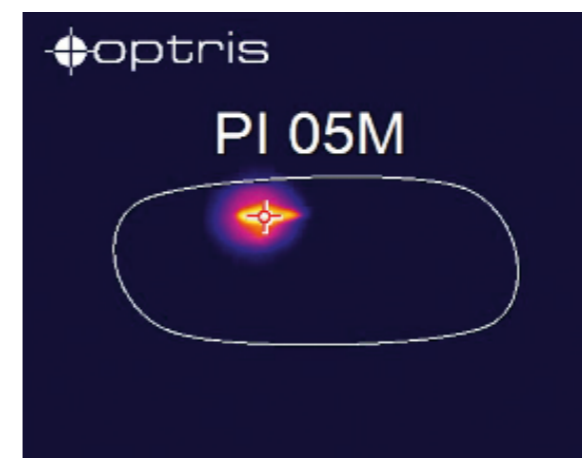


Abbildung 3: optris PI 05M

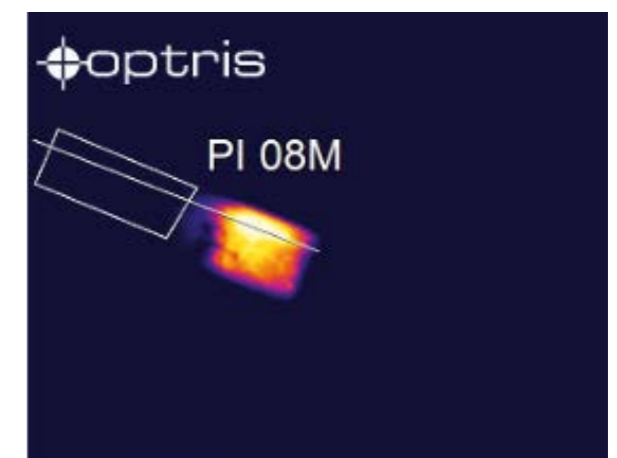


Abbildung 4: optris PI 08M


Um eine optimale Erfassung der Wärmeverteilung zu ermöglichen, sollte der Temperaturmessbereich der Kamera zu den tatsächlichen Temperaturen des jeweiligen Prozesses passen. Das PI 05M beginnt bei 900 °C zu messen. Unterschreitet die Temperatur den Messbereich, werden keine Messdaten mehr generiert, weshalb die Wärmeverteilung nur noch für einen kleinen Bereich um die Laserzone erfasst werden kann.

Dieser Kameratyp ist besser für Anwendungen bei höheren Temperaturen geeignet, bei denen die Wärmeverteilung besser erfasst werden kann.

Der optimale Kompromiss ist in Abbildung 4 dargestellt. Hier misst die Optris IR-Kamera PI 08M bei einer Wellenlänge von 800 nm und startet bei einer Temperatur von 575 °C. Mithilfe der optris PI 08M ist die Wärmeverteilung daher optimal erkennbar.



mehr über 3D-Druck &
Additive Fertigung
Anwendungen

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

 [youtube.com/@Optris](https://www.youtube.com/@Optris)

 twitter.com/optris

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

when temperature matters

Optris GmbH
Ferdinand-Buisson-Str. 14
13127 Berlin · Deutschland
Tel.: +49 30 500 197-0
Fax: +49 30 500 197-10
E-Mail: sales@optris.com
www.optris.com

