

Welche Voraussetzungen gelten für das Messen mit IR-Pyrometern?

Eine **grundsätzliche Betrachtung** der physikalischen Gegebenheiten mit einem Ausblick auf die Einsatzmöglichkeiten von Pyrometern in der **Metallindustrie** speziell beim **Strangpressen**.

Ein IR-Pyrometer ist ein Gerät, mit welchem sich die Wärmestrahlung, welche von einem Körper abgegeben wird, gemessen, und dann aus der empfangenen Energie der Strahlung auf die Temperatur des Körpers geschlossen wird.



Eine erste Frage die sich daraus ergibt ist zwangsläufig:

"Was sagt die IR-Strahlung eines Körpers über seine Temperatur aus?"

Und schon bei dieser Frage kommt man zu schwierigen Details!

Es kommt darauf an!

Worauf? Auf den Körper!

So verrät uns ein dunkler Körper mehr über seine Temperatur, als ein heller.
Ein idealer schwarzer Körper (schwarzer Strahler) würde sogar sämtliche in ihm enthaltene Wärme als Strahlung über seine Oberfläche abgeben.

Nur trifft man diesen in Praxis kaum an!

Wollen wir also Rückschlüsse von der empfangenen Strahlung eines Körpers auf seine Temperatur ziehen, so müssen wir seine Farbe, genauer gesagt seine Fähigkeit Wärme abzustrahlen, berücksichtigen.

Diese Abstrahlungsfähigkeit nennt man auch Emissivität, und der Faktor, mit dem man diese Emissivität berücksichtigt heißt -logisch- Emissivitätsfaktor.

Dieser geht von 0.1 bis 1, und muss nun bei jeder Messung berücksichtigt werden.

Aus diesem Grund haben fast alle auf dem Markt befindlichen Pyrometer irgendwo eine kleine Stellschraube mit einer Skala von 0,1 bis 1, mit welcher man nun diesen Faktor einstellen kann.

Aber hier taucht gleich eine neue große Schwierigkeit auf: Woher wissen wir denn, welchen Emissivitätsfaktor dieses oder jenes Material eigentlich hat?

Nun ja, vieles wird mit Erfahrung gemacht, oder mit Tabellen, aber stimmt denn die Tabelle immer mit dem Material überein? Oder das Material mit der Tabelle?

Es ist nicht einfach, aber generell hat man es in den Fällen einfacher, bei denen das zu messende Material immer gleich bleibt. Am besten in Farbe, Form, Oberflächenbeschaffenheit und auch im Abstand.

Und die Umgebungsverhältnisse dürfen sich ebenfalls nicht ändern!

Sie merken schon - einfach ist das alles nicht!

Wir können der Sache aber näher kommen, indem wir eine andere zusätzliche Schwierigkeit mit einbeziehen, die wir bislang noch nicht betrachtet haben:

Das, was das Pyrometer "sieht" ist ja immer 100 % Strahlung.

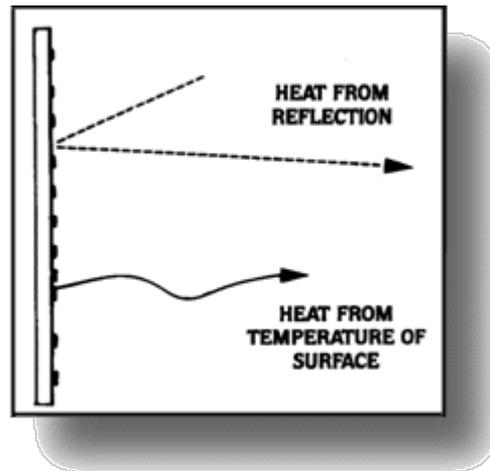
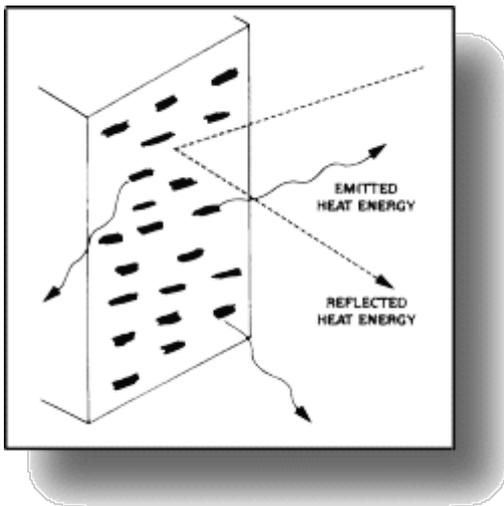
Aber es gibt das Phänomen, das Körper welche eine glänzende Oberfläche haben, Wärme nicht nur von ihrem eigenen Körper abstrahlen, sondern das sie mit Hilfe ihrer Oberfläche in der Lage sind fremde, nicht von ihnen selbst stammende Strahlung zu reflektieren!

Es wird also zunächst noch schwieriger!

Hat man einen Spiegel vor sich, so kann man sagen: Fast alles, was ich von dem Spiegel bekomme ist reflektierte Strahlung!

Und bei einem matten, dunklen Körper: Fast alles, was wir messen, ist emittierte Strahlung. Und bei allen Zwischenstufen haben wir dem zur Folge eine Mixtur aus remittierter und emittierter Strahlung.

Stellen wir uns zum besseren Verständnis einfach einen Spiegel vor, der mit Wachsmalkreide einige Striche aufgemalt bekommen hat!



Dort, wo kein Wachs ist, ist der Spiegel nur Spiegel und wird alle Strahlung die auf ihn auftrifft wieder zurück reflektieren.

Von seiner eigenen Wärme wird er auf diesen Flächen so gut wie nichts abstrahlen.

(Sie kennen ja sicher die philosophische Frage, ob man einen Spiegel überhaupt sehen kann!? - In unserem Fall nur dort, wo Wachs aufgemalt ist! Bitte sagen sie jetzt nicht : Dort ist ja auch Wachs - und kein Spiegel!)

Dort wo Wachs aufgemalt ist, ist der Spiegel kein Spiegel, er wird nichts reflektieren, aber er wird etwas von seiner eigenen Wärme abstrahlen.

Und nun? Und nun greift man üblicherweise zu einem kleine Trick!

Man misst - soweit möglich - die Temperatur des Produktes auf herkömmliche Art, sagen wir mit einem Kontakt-Thermometer oder mit einem IR Scanner, und eicht das Pyrometer, oder die nachfolgende Messschaltung auf den gemessenen realen Wert ab.

Man sagt also dem Sensor oder Regler:

Das was du jetzt siehst, entspricht einer realen Temperatur von sagen wir 350°C. Unabhängig davon, wie sich jetzt die Anteile von Emission und Remission darstellen.

Bleiben nun die Umgebungsbedingungen gleich, wird sich nur die Menge der emittierten Strahlung analog zur einer Temperaturänderung des zu messenden Körpers ändern. Allerdings - sie merken schon, es kommt wieder ein aber, wieder eine Einschränkung :

Ein auf diese Art abgeglichenes Pyrometer kann nur so genau messen, wie sie es abgeglichen haben!

Die Messung mit einem Kontakt-Thermometer steckt voller Tücken und ist auf gar keinen Fall zu unterschätzen!

Gestatten sie einen kleinen Ausflug in diese Messtechnik um ein paar der wesentlichen Schwierigkeiten zu beleuchten.

Generell lässt sich sagen, dass kontaktbehaftete Messungen immer mehr oder weniger mit Übertragungsverlusten zu kämpfen haben.

Verluste durch ungenügenden Kontakt, durch Verschmutzung, ungünstige Positionierung auf dem Objekt ect.

Mit dem Kontakt-Thermometer messen Sie tendenziell also immer zu wenig!

Benutzen Sie daher immer eine Spitzenwertspeicherung bei der Messung!

Wählen sie ein Anzeigegerät aus, das so oft wie möglich pro Sekunde (3 oder 4x ist gut) einen Wert aufzeichnet!

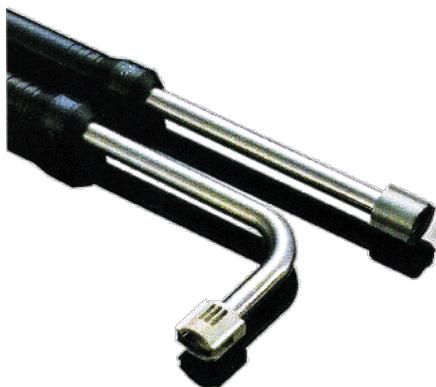
(Sie haben oft sehr wenig Zeit, und sei es nur deswegen, weil sie weil sie nur von oben messen können und es einfach wegen der Strahlungswärme nicht länger aushalten)

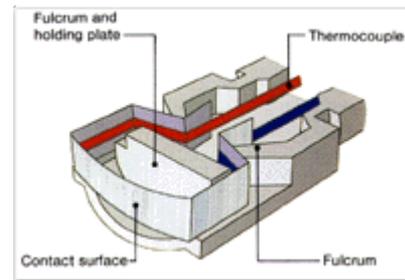
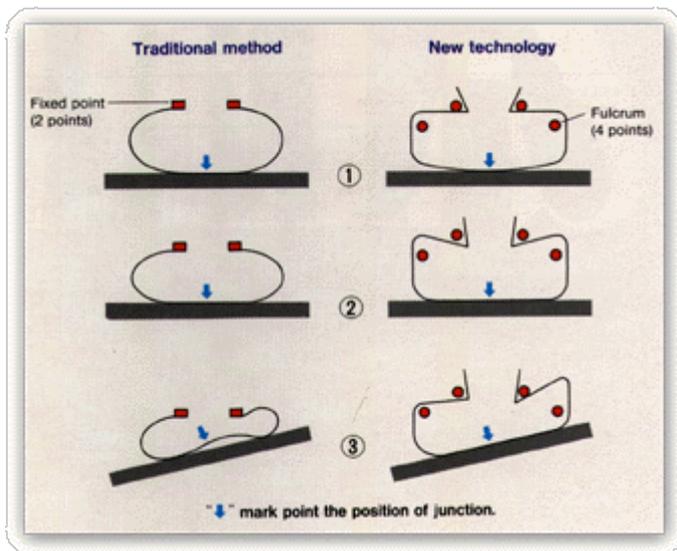
Verwenden Sie nur Messköpfe welche eine sehr geringe Masse haben. Das ist wichtig! Sie sehen z. B. bei einer rotglühenden Titanscheibe nach 20 Sekunden Kontakt mit einem ungeeigneten Fühler einen dunklen Fleck an der Messtelle, und dieser dunkle Fleck kann 40-50°C kühler sein als das Umfeld!

Sehen sie Leuten zu, die Erfahrung mit solchen Messungen haben. Man glaubt es kaum - bei meinen eigenen Versuchen hatte ich mit dem selben Gerät immer 20-30°C weniger als ein erfahrener Pressenführer vor Ort!! Nur durch eine andere Methode, den Messkopf aufzusetzen! Also - Verwenden sie zum Abgleich kein ungeeignetes Werkzeug!

Es lohnt sich auf jeden Fall präzise schnelle Fühler zu verwenden.

(Die nach unserer Erfahrung weltweit besten Fühler haben wir mit in unser Programm mit aufgenommen - Fragen sie im Zweifel bei uns nach)





Haben sie alle diese Klippen überwunden, dann können sie die Vorteile einer berührungslosen kontinuierlichen Messung nutzen.

Dieses ist besonders interessant, wenn Objekte schwierig zu vermessen sind.

Also z. B. sehr klebrig, flüssig, aggressiv, in Bewegung, oder einfach mechanisch schwer zu erreichen.

Auch können Objekte so wenig Masse besitzen, das sie durch einen wie immer gearteten mechanischen Kontakt abgekühlt oder aufgewärmt werden können.

Abgesehen davon, dass empfindliche Oberflächen durch einen mechanischen Kontakt ja auch beeinträchtigt werden können.

Bei Schlepptkontakten tritt z. B. das Phänomen der Reibwärme auf, welche natürlich mit gemessen wird, und das Messergebnis erheblich beeinflussen kann.

Bei Betrachtung dieser Einflüsse hat die berührungslose Messung mit einem Pyrometer sicher grosse Vorteile.

Natürlich nur, wenn man die vorher betrachteten Schwierigkeiten zu berücksichtigen weiß.

An einer Tatsache und grossen Schwierigkeit kommen allerdings alle Betrachtungen nicht vorbei:

Ändert das Objekt während der Messung seine Emissivität willkürlich, so sind alle bis dato gemachten Betrachtungen zur kontaktlosen Messung unerheblich!

Denn wie soll eine sich willkürlich ändernde Emissivität erfasst und berücksichtigt werden? Das Phänomen der Emissivitätsänderung tritt unglücklicherweise am häufigsten in einem Produktionszweig auf, in welchem die Temperatur eine sehr wesentliche Rolle spielt:

In der Metallindustrie, speziell beim Strangpressen, beim Schmieden, Walzen, Drücken, Giessen oder reduzieren von Aluminium- oder Kupferprodukten.

In all diesen Produktionszweigen ist die Einhaltung der richtigen Temperatur für den Produktionsprozess von eminenter Wichtigkeit.

So lassen sich durch optimierte Temperaturen beim Strangpressen durchaus Produktivitätssteigerungen von zwei bis drei Prozent erreichen!

Wie aber die sich ständig ändernden Emissivitäten berücksichtigen?

Nun - es gibt seit einigen Jahren ein Messverfahren mit dem man dieses Problem lösen kann!

Einem israelischen Forscher ist es gelungen, einen Sensor zu entwickeln, der in der Lage ist, eine sich ändernde Emissivität des Objektes bei der Messung zu erfassen und den dadurch entstehende Abweichungen zu kompensieren.

Auf den Anzeigern dieser Messsysteme werden sowohl die Temperatur als auch die Emissivität des Objekts angezeigt.

In der Praxis kann man hin und wieder beobachten das die Temperatur sich ändert, die Emissivität aber gleich bleibt.

Oder aber die Emissivität ändert sich, aber die Temperatur bleibt gleich.

Mit einem solchen Sensor lässt sich die reale Temperatur von Objekten mit einer Genauigkeit von einem Prozent vermessen, und das bei einem Emissionfaktor von 0,1 bis 1!

Noch vor nicht all zu langer Zeit erschien eine solche Lösung nicht möglich. Dennoch sind inzwischen weltweit viele hundert solcher Messsysteme mit Erfolg im Einsatz.

Nun wird man ein solches System - Sensor kann man diese Kamera eigentlich nicht mehr nennen - nicht für jede Anwendung einsetzen können - Der Aufwand wäre einfach zu gross. Aber zum Beispiel im Bereich von Strangpressen, bei denen die Ermittlung der realen Temperatur sehr sehr wichtig ist, dort sind diese Messsysteme in erster Linie sinnvoll einzusetzen.

Das fängt bei der Blockerwärmung an. Oft gibt es Blöcke von unterschiedlicher Oberflächenbeschaffenheit, so dass ein 'normales' Pyrometer im Normalfall nicht ohne weiteres messen kann, es müsste für jeden Emissionswert 'nachgeeicht' werden.

Bei modernen Anlagen kommen oft Stossöfen zum Einsatz, mit deren Hilfe das Kopfende des Blockes auf eine höhere Temperatur als der restliche Block aufgeheizt wird, damit dieser beim Pressvorgang im Werkzeug zuerst an die Aussenkontur gepresst wird.

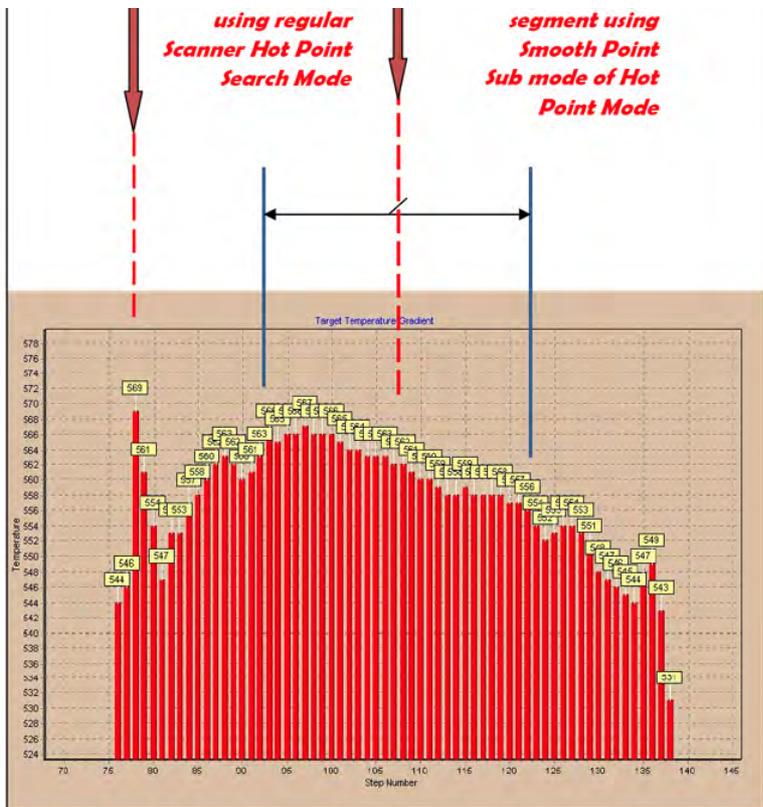
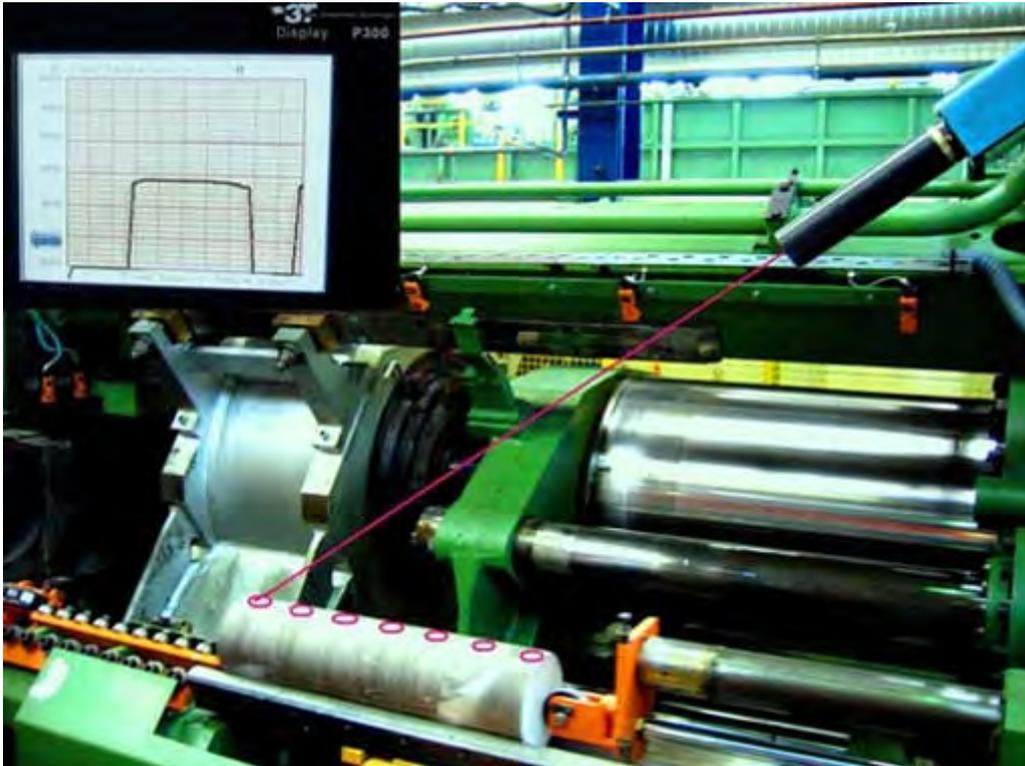
In diesen Fällen gilt es die das Temperaturprofil über der Länge des Blocks zu Erfassen. Etwas , was mit Kontaktthermometern kaum oder nur schwer möglich ist.

Sicherlich ist an dieser Stelle auch die Überwachung der Mindesttemperatur wichtig, damit verhindert wird, das ein zu kalter Block in die Presse gelangt.

Die Folgen wären genauso fatal wie bei einem zu warmen Block!

Der nächste Punkt ist der Werkzeugstößel.

Dieser kann bei längerem Stillstand unter seine Solltemperatur kommen und dann beim pressen Probleme verursachen.



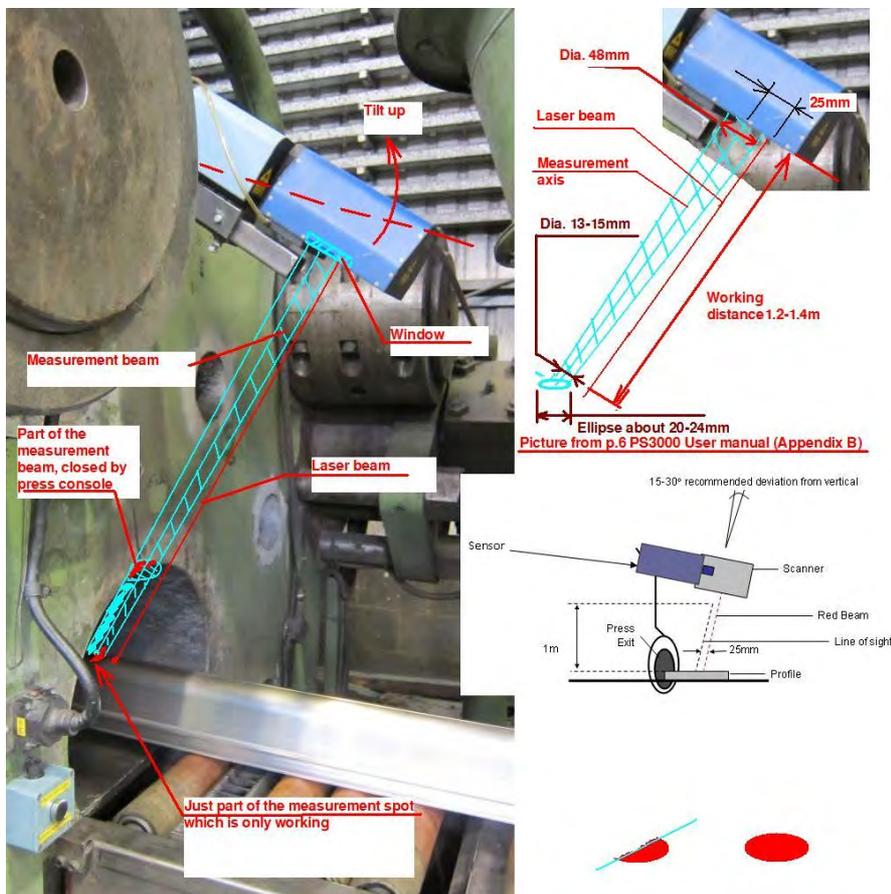
Einer der wichtigsten Punkte ist sicher der Ausgang der Presse.

Die Temperatur des Profils dort zu erfassen ist aus mehreren Gründen wichtig.

Die Temperatur des Profils am Pressenausgang gibt wichtige Informationen darüber, ob das es mit der maximal möglichen Geschwindigkeit gepresst wurde, ob das Profil stabil bleibt, und wie die Oberflächenbeschaffenheit ist.

Alles Werte, die wesentlich von der Temperatur abhängen.

Es besteht sogar die Möglichkeit ein solches Messsystem mit einem Scanner auszurüsten und damit die Kamera in die Lage zu versetzen ein neu angepresstes Profil von allein zu finden bzw. bei Mehrfachprofilen oder generell den wärmsten Punkt zu finden, ohne das die Bediener der Presse selbe zu Kamera "aufsteigen" müssen um diese zu verstellen.



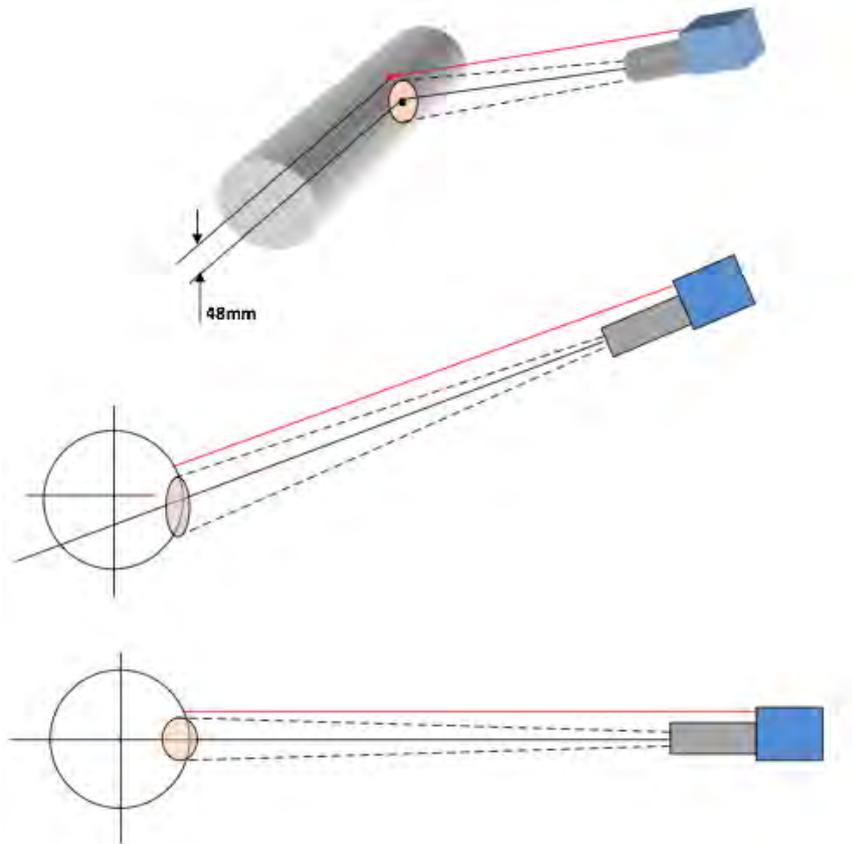
Ein Wert hier 'fällt' sozusagen noch fast nebenbei ab:

Die Emissivität ist bei vielen Profilen ein Mass für die Oberflächengüte des Profils.

Einfach gesagt:

Geringe Emissivität ist gleich hochglänzende Oberfläche ist gleich gute Qualität.
Höhere Emissivitätswerte deuten auf eine raue und damit schlechtere Oberfläche hin.

Billets Measurements



Wo der Messfleck positioniert ist zeigt übrigens ein dem Messfleck um ca. 50 mm voreilender Pilot Laser.

Zuletzt soll auf dem Kühltisch überwacht werden, in welcher Zeit das Profil unter einen Mindestwert abgekühlt wurde.

Dieses Zeitprofil hat nicht unerheblichen Einfluss auf die mechanische Eigenschaften und damit auf die Qualität des extrudierten Materials.

Für Profile welche im Automotivbereich eingesetzt werden müssen diese Werte oft dokumentiert werden um die Qualität des Materials sicherzustellen.

Mit einem Sensor am Eingang und am Ausgang des Kühltisches lässt sich feststellen wie viel Kühlluft benötigt wird bzw. der Abstand der Düsen regeln..

Sehr interessant wäre es sicher auch die Temperatur nach einer Wasserkühlung des Profils zu messen um sicherzustellen das Material in der vorgegebenen Zeit unter einen bestimmten Wert abgekühlt ist.

Hier finden sich allerdings auch die Grenzen diese Messprinzips!

Wie in allen technischen Bereichen kommen auch diese Sensoren an der Physik nicht vorbei:

Wir messen mit diesen Sensoren infrarote Strahlungsenergie und schließen aus diesem Signal auf die Temperatur des Objekts.

Die Menge an Strahlungsenergie nimmt mit dem Wert der absoluten Temperatur ab.

Blanke spiegelnde Objekte strahlen zu dem weniger Energie ab als rauhe dunkle.

Wir bekommen aus diesen Gründen ein mit absinkender Temperatur immer schwächer werdendes IR-Signal, welches in Relation zur allgemeinen IR Strahlung immer geringer wird.

Herkömmliche Glühlampen, Halogenlampen, auch Quecksilber / Natriumhochdrucklampen und auch die gute Sonne, deren Strahlen speziell in Herbst und Frühjahr durch den flachen Einfallswinkel durch Lichtkuppeln fallen und dort auf reflektierende Objekte treffen können von dort wiederum auf das Messobjekt projiziert werden.

Vagabundierende IR Strahlung kann man mit bloßem Auge nicht sehen!

Sie ist aber gerade in industrieller Umgebung fast immer vorhanden!

Und nun stimmt auf einmal die so lange funktionierende Temperaturmessung nicht mehr und man kann nicht einmal sehen warum!

Eventuell wird zu dem ein rundes Profil mit hochwertiger Oberfläche gepresst, und bei einer Emissivität von 0,01 wirkt dieses wie ein „Staubsauger für IR-Strahlung“ und reflektiert alle Strahlung im Raum auf die Linse der Temperaturkamera.

Und dann kann es schnell so sein, das die Fremdstrahlung dominanter ist als die Strahlung des Objektes!

Jede IR-Kamera kann Strahlung aber nur "sehen".

Keine Kamera kann feststellen welcher Anteil der Strahlung emittiert und welcher remittiert ist.

Nach meiner Erfahrung liegt die Grenztemperatur so um die 200°C.

Darunter nehmen die Komplikationen zu.

Darunter müssen Sie mehr oder weniger mit Störungen rechnen und einen nicht unerheblichen Aufwand zur Abschirmung treiben.

Ursachen von Messfehlern:

Treten nach dem eine Kamera kalibriert wurde und längere Zeit zufriedenstellend gearbeitet hat unlogische oder eindeutig falsche Messwerten auf so kann man generell kann man sagen:

- > Wenn Sie ständig einen **zu hohen** Wert gegenüber der TC- Vergleichsmessung haben deutet das tendenziell auf Fremdstrahlung hin!
- > Liegt der Messwert kontinuierlich **immer unter der Vergleichsmessung** deutet das auf physikalische Fehler hin (schlechte Ausrichtung, verschmutzte Optik ect.)
- > Findet der Scanner im Suchlauf den wärmsten Punkt neben den Profilen ist in der Regel Fremdeinstrahlung die Ursache.

Gegen solche Störeinflüsse kann man etwas unternehmen!
Gerne unterstützen wir sie dabei – fragen Sie bitte bei uns an!

Diese Betrachtung kann nicht vollständig sein, und sie ist es sicher auch nicht!

Das kann aber für den Anwender auch in Hintergrund bleiben, so lange eine Messung - so komplex sie auch sein mag - funktioniert!

Mit diesen neuen Technologien sind Messungen mit Hilfe von Pyrometern in neue Dimensionen vorgedrungen. - In Bereiche, die vor einiger Zeit noch nicht vorstellbar waren.

L.J. Finger / Finger GmbH & Co KG
Rev. III Jan. 2015 © Copyright by Finger GmbH & Co KG