

Infrarot- Thermografie

ein vielseitiges Instrument zur Qualitätsoptimierung

Bei der Produktions- und Qualitätsoptimierung sowie in der Entwicklung und Fertigung ist die Temperaturüberprüfung und Überwachung mittels Infrarot- Messungen kaum noch wegzudenken. Billigkameras sind jedoch kaum zu Messungen in der Industrie geeignet.

S. Krüll; Tabarz/Thür.

In den letzten Jahren hat die Infrarot (IR) - Technik im zivilen Bereich, besonders bei der Inspektion von elektrischen und wärmetechnischen Anlagen sowie bei der Produktions- und Qualitätsoptimierung einen Stellenwert in der Messanwendung erhalten, welcher auf Grund seiner Wirtschaftlichkeit, Vielseitigkeit und Aussagefähigkeit, nicht mehr wegzudenken ist. Es gibt kaum ein Messverfahren, das so umfassend in der Elektrotechnik der Industrie-, und der Gebäudemessung Einsatz findet.

Schon während der Konstruktion von Maschinen und Anlagen werden IR- Messungen durchgeführt, um Temperaturen an Baugruppen und Maschinenteilen bildhaft darzustellen. Gerade in der Entwicklungsphase ist es sinnvoll, Baugruppen in ihrem Temperaturverhalten zu optimieren. Ungleichmäßige, zu hohe oder für den Produktionsprozess ungeeignete Temperaturen können:

- zu unerwünschten Verzugserscheinungen in den Baugruppen führen
- Genauigkeitsanforderungen bei der Fertigung herabsetzen
- das zu fertigende Produkt qualitativ sehr stark negativ beeinflussen
- den Produktionsdurchsatz herabsetzen
- Reklamationen erhöhen
- Maschinenlaufzeiten senken und zu ungewollten Produktionsstillständen führen.

Weiterhin werden IR- Messungen eingesetzt, um zielgerichtet nach Möglichkeiten zu suchen, **den Produktionsdurchsatz zu erhöhen.**

Heutige hochleistungsfähige Thermografiesysteme liefern detailgetreue, temperaturkali-brierte Bilder und sind auf Grund ihres geringen Gewichtes und der guten Handhabbarkeit vielfältig einzusetzen. Anders als bei älteren IR- Kameras sind die Kameras der neuen Generation ungekühlt. Als FPA- Detektor (Focal Plane Array) mit einer Messpunktanzahl von 320x-240 Bildpunkten wird ein ungekühlter Mikrobolometer eingesetzt, der durch eine vorgeschaltete Optik das IR- Bild erzeugt. Allerneuste IR- Kameras haben sogar 307.200 Bildpunkte (640x480) und somit Fotoqualität. Von -40°C bis +2.000°C und einer Bildwiederholfrequenz von 50Hz können die zu messenden Gegenstände erfasst werden. Auch Messungen an bewegten Objekten sind mit heutigen IR- Kamerasystemen möglich. Verschiedene Optiken können, wie beim Fotoapparat, bei gleicher Entfernung den zu erfassenden Aufnahmebereich variieren. Die gespeicherten digitalen Wärmebilder werden mit spezieller Software kundenspezifisch ausgewertet.

Da ein gutes Thermografie- system zur Industrieanlagen- untersuchung mit verschiedenen Optiken ab 50.000,- EUR kostet, ist es meist

kostengünstiger, die Messungen und Auswertungen durch ein qualifiziertes und zertifiziertes Ingenieurbüro mit hoher Fachkompetenz durchführen zu lassen.

Anhand verschiedener Beispiele soll nachfolgend die hohe Aussagekraft von derartigen Untersuchungen belegt werden.

Unerwünschte Verzugserscheinungen durch Temperatureinwirkungen sind an Fertigungsanlagen häufig anzutreffen. Unterschiedliche Temperaturen können zu unterschiedlichen Längenausdehnungen führen und somit den weiteren Produktionsprozess negativ beeinflussen.



Bild 1

Bei der Maschine im **Bild 1** in der Papierindustrie kam es von oben durch das darüber laufende heiße Papier zu einem Wärmeeintrag in den ca. 3m breiten Werkzeugträger. Ein Verzug des Werkzeugträgers mit den darauf positionierten Schneidmessern war die Folge. Da das Papier produktionsbedingt eine hohe Temperatur besitzt, konnte dieser Wärmeeintrag nicht vermieden werden. Die IR- Bilder bestätigten die Vermutung der Verzugerscheinungen durch Tempe-

raturänderung. Während der Nachweisführung wurde nach dem Einschalten der Maschine die IR-Kamera fest auf einem Stativ montiert und so programmiert, dass alle 10s ein Bild gespeichert wurde. Nach 8 Stunden wurden die so entstandenen 2.880 Bilder zu einem Film zusammengestellt. So konnte der Temperatureintrag und deren Verlauf an jeder Stelle des Werkzeughalters in Abhängig-

keit von der Zeit dargestellt und verfolgt werden. Um die Temperaturen des Werkzeugträgers besser darstellen zu können, wurde der Temperaturbereich in den IR-Bildern (**Bild 2 und Bild 3**) von 25,0°C bis 40,0°C begrenzt. Alle Temperaturen über 40,0°C werden somit grau dargestellt. Den Verzugerscheinungen wurde entgegengewirkt, indem auf der Unterseite des Werkzeug-

trägers ein spezielles Heizelement angebracht wurde. Ein Temperaturfühler misst jetzt die Temperatur im oberen Bereich des Werkzeugträgers und ein Regelkreis führt die Temperatur des Heizelementes nach. Somit besitzt der Stahlbalken eine gleichmäßige Temperatur auf der Ober- und Unterseite. Einer unterschiedlichen Ausdehnung konnte somit wirkungsvoll entgegengewirkt werden.

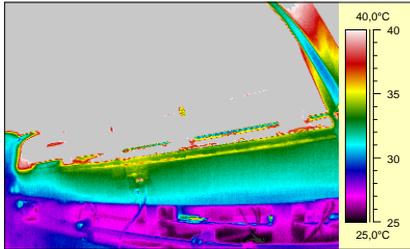


Bild 2

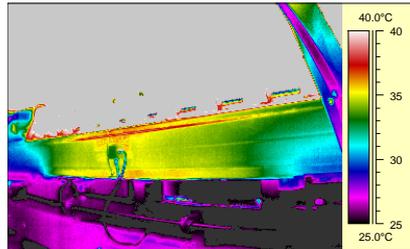


Bild 3

Besonders in der Werkzeugmaschinenindustrie werden sehr hohe Genauigkeiten an die zu produzierenden Maschinen gestellt. Auch hier können ungünstige Temperaturverhältnisse die **Genauigkeitsanforderungen der Maschinen in der späteren Fertigung negativ beeinflussen**. An der Motorspindel im **Bild 4** gab es während des Fräsens Probleme mit der Fertigungsgenauigkeit. Es war unklar, woher die Pro-

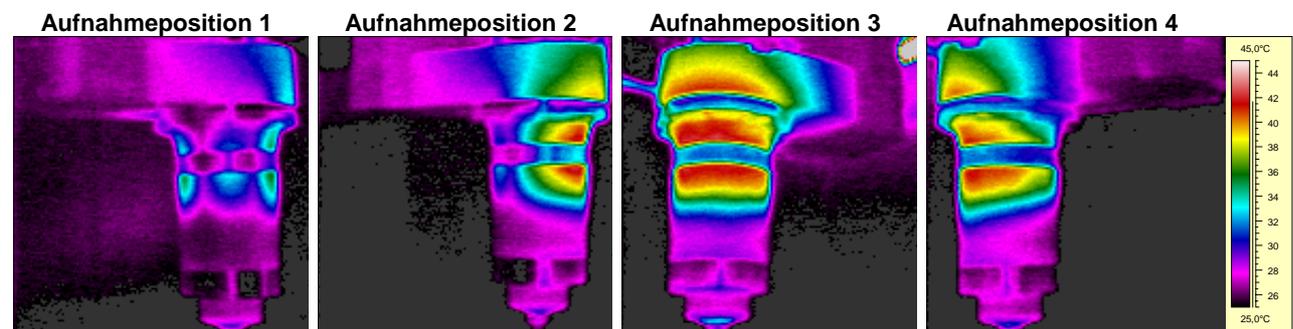
bleme kamen. Neben anderen Untersuchungen sollten IR-Messungen die Temperaturen



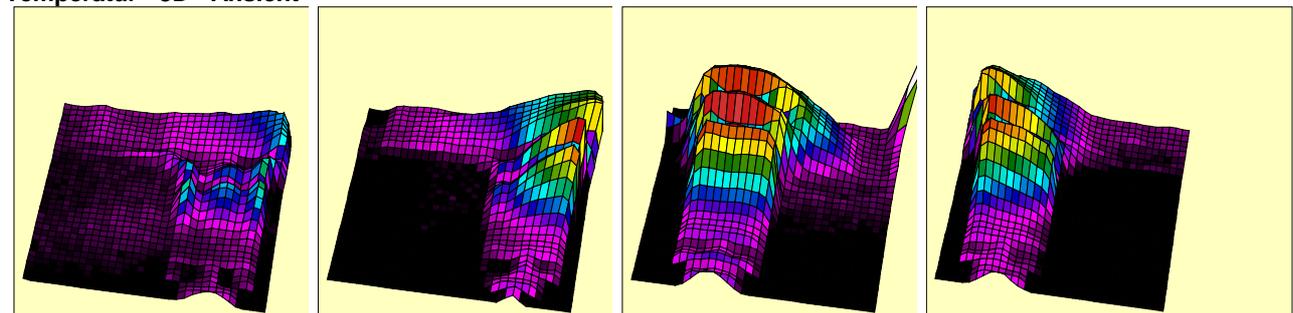
Bild 4

der Spindel darlegen. Um die Temperaturerfassung der gesamten Spindeloberfläche zu garantieren, erfolgten 90° versetzt, die IR-Messungen von 4 Aufnahmepositionen (**Bilder 5-12**). In gleichmäßigen Zeitabständen wurden die IR-Bilder gespeichert. Die so entstandenen Wärmebilder, ergänzt durch die 3D-Darstellung, lassen die Ursache der Fertigungsungenauigkeit erkennen.

Bilder 5 bis 12



Temperatur - 3D - Ansicht



Die zur Kühlung der Motor-
spindel erforderlichen Kühl-
kanäle waren konstruktiv
ungünstig angebracht. Den
Kühlmittelzufluss und -Ablauf,
auf einer Seite der Spindel
anzuordnen bringt thermische
Probleme. Somit erfolgte eine
besonders starke Abkühlung
auf dieser Seite, während die
andere Seite durch den
innenliegenden Motor stärker
erwärmt wurde. Dadurch kam
es infolge der größeren
Längenausdehnung zu einem
„Verbiegen“ der Spindel
während der Produktion, was
zu einer Beeinträchtigung der
Genauigkeiten führte.
Um diesen Sachverhalt
besser darstellen zu können,
wurde durch die Spindel eine

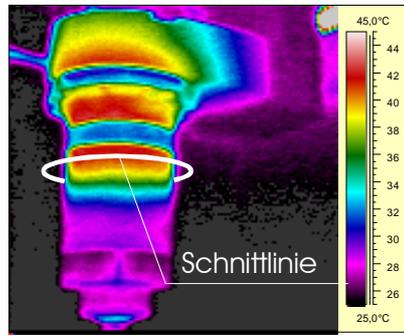
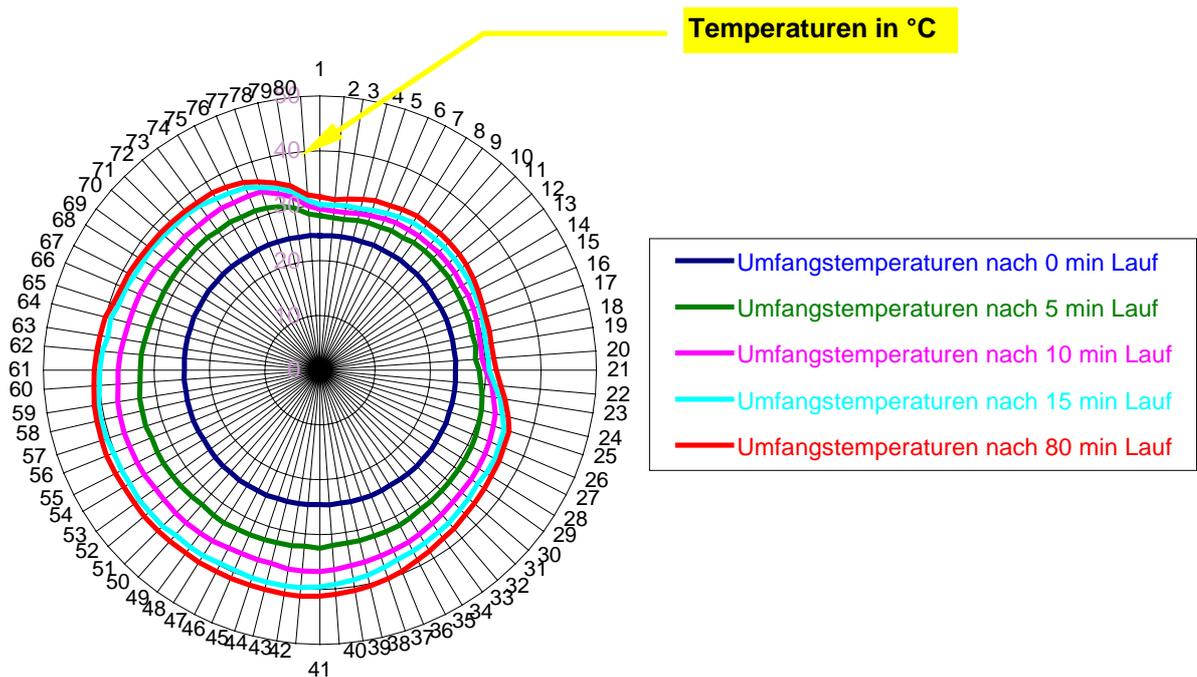


Bild 13

Schnittlinie gelegt (Bild 13). In
diesem Schnitt sind 80
Temperaturwerte aus den
Wärmebildern entnommen
und nachfolgend grafisch
dargestellt.
Im kalten Zustand besitzt die
Motorspindel auf dem ges-
amten Umfang die gleichen
Temperaturen (blaue Linie in
Grafik 1). Mit fortschreitender

Zeit zeigt sich die Erwärmung
aber auch der Temperatur-
einbruch im Bereich der
beiden Kühlkanäle immer
deutlicher. Nach 80 Minuten
Dauerlauf hat die Temperatur-
abweichung ihren größten
Wert angenommen (rote Linie
in der Grafik 1). Ein Verzug
der Spindel ist somit sicher.
Nach der IR- Messung wurde
eine konstruktive Verände-
rung der Spindel dahingehend
vorgenommen, dass der Ein-
und Auslauf der Kühlflüssig-
keit sich gegenüber sitzen.
Einer unterschiedlichen Län-
genausdehnung durch Tem-
peratureinflüsse konnte man
somit entgegenwirken.

grafische Darstellung der Temperaturen



Grafik 1

Ein weiteres Beispiel soll
zeigen, wie ungleichmäßige
Temperaturen die **Qualität
eines zu fertigenden
Produktes stark negativ
beeinflussen** können. Bei der
Fertigung von Kunststoffolien
mittels Kalanders kam es zu
Qualitätsverlusten im Material

über die gesamte Breite der
Folie. Auch hier sollten IR-
Messungen Aussagen über
die Temperaturen der ein-
zelnen Kalanderswalzen erbrin-
gen. Jede Walze wurde daher
thermografisch untersucht.
Die IR- Messungen ergaben
unterschiedliche Tempera-
turen entlang der gesamten

Oberfläche. Die Beheizung
der einzelnen Rollen erfolgte
mittels eines Öles, wobei jede
Kalanderswalze fertigungs-
bedingt eine andere Tem-
peratur aufweisen musste. Um
die einzelnen Walzen über die
gesamten 2m Breite zu
erwärmen, wird das Wärme-
trägeröl spiralförmig kurz unter

der Oberfläche über die gesamte Rollenbreite gepumpt. Dadurch, dass durch die Kunststofffolie ein relativ schneller Abtransport der Wärme erfolgte, führte die Spiralform der Ölheizung zu einem ständigen Abkühlen der nicht vom Öl durchflossenen Bereiche.

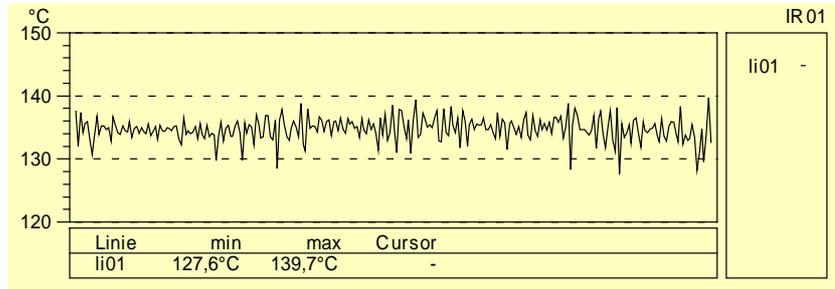


Bild 14

Die nebenstehende **Grafik 2** verdeutlicht dies. Um die Grafik zu erzeugen, wurde im unteren IR- Bild (**Bild 15**) eine Linie eingezeichnet und die Temperatur über diese eingebrachte weiße Linie bestimmt. Zwischen 127,6°C und 139,7°C bewegen sich die Oberflächentemperaturen der mit dem Pfeil gekennzeichneten

neten Kalandervalze (**Bild 14**). Obwohl die Kalandervalze die den Produktionsanforderungen vorgeschriebene Temperatur aufwies, bewirkten jedoch die Temperaturdifferenzen ΔT von 12,1 K die

Qualitätsminderung an der herzustellenden Folie. Das selbe negative Qualitätsmuster wie die Temperaturen dieser Kalandervalze zeigte sich am fertigen Folienprodukt.



Grafik 2

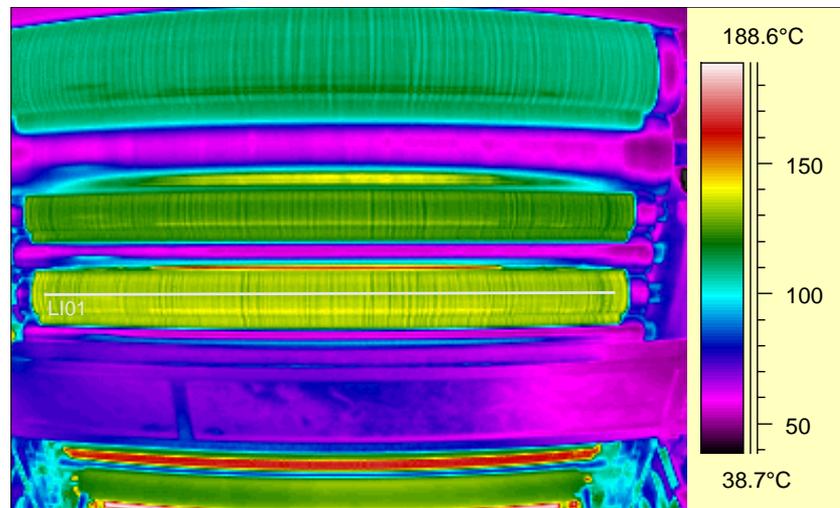


Bild 15

Ungeeignete Temperaturen bei bestimmten Fertigungen können **den Produktionsdurchsatz herabsetzen** sowie Qualitätsminderungen nach sich ziehen. Dies belegen IR- Messungen, welche in der Halbleiterindustrie durchgeführt worden sind. Im folgenden Beispiel werden Quarzgläser mit einem fotoempfindlichen Lack beschichtet, aus welchen in der weiteren Verarbeitung Glasoriginale für die Schaltkreisherstellung gefertigt werden. Die gesamte Produktion wird in Rein- und Gelbräumen (Gelbraum wegen der Lichtempfindlichkeit des Lackes) vorgenommen (**Bild 16**). Nachdem in einem Beschichtungsautomaten der flüssige Fotolack auf quadratische 10"

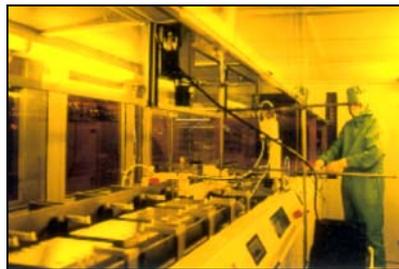


Bild 16

Gläser aufgebracht wurde, werden diese geschleudert. Das Schleudern mit einer hohen Drehzahl garantiert eine gleichmäßig dicke Lackbeschichtung. Anschließend legt man die Glasplatten mit Hilfe eines Greifersystems auf die Heizplatten, sogenannte Hotplates. Je nach verwendeten Glasplatten werden die Hotplates über eine Programmsteuerung definiert aufgeheizt und abgekühlt. Während eines Produktionszyklusses durch-

laufen die Glasplatten verschiedene Hotplates. In diesem Beispiel sind es 7 Stück. Die Hotplates heizen den Lack auf den Glasplatten nach einer vom Fotolackhersteller vorgeschriebenen Aufheiz- und Abkühlkurve auf. Das Temperaturprofil und die Höhe der Temperatur des Fotolackes, ist neben der sehr hohen Anforderung an die Reinheit ein mitbestimmendes Maß für die spätere Qualität der Glasoriginale. Mit Hilfe thermografischer Messungen sollten die Temperaturhöhe und die Temperaturverteilung auf verschiedenen Glasplatten ermittelt werden, während sie unter Produktionsbedingungen bei entsprechenden Verweilzeiten auf den einzelnen Hotplates liegen. Werden die

Temperaturkurven nicht richtig gefahren, kommt es zu keiner optimalen Aushärtung des Lackes. Das kann bei weiteren Bearbeitungsvorgängen, wie der Ätzung der Schaltkreisstrukturen, zu einer Unterätzung der Lackstrukturen führen. Der superfeine Leiterzug würde so beispielsweise dünner werden oder es käme gar zu einer Unterbrechung der feinen Leiterstruktur.

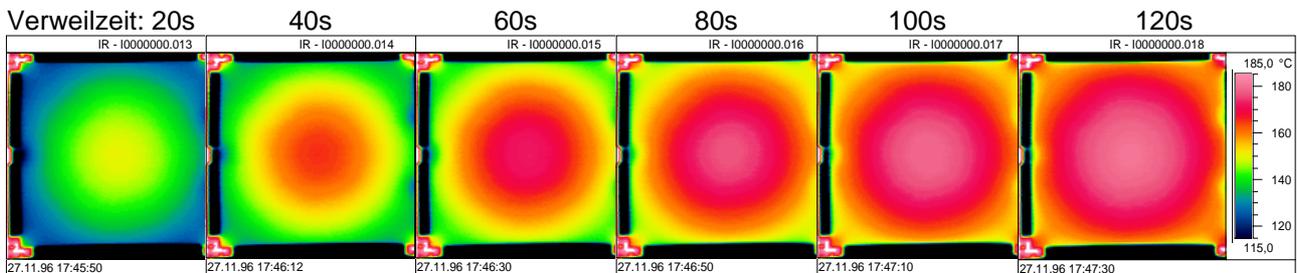
Ohne berührungslose IR-Messung ist eine Temperaturverteilungsuntersuchung der bis 25cm großen Glasplatten nicht möglich. Wie unter Produktionsbedingungen durchliefen die Glasplatten während dieser dokumentierten Messung die einzelnen Heizstationen. Die Verweilzeit pro Heizstation betrug im vorliegenden Beispiel 120s. Die Infrarotkamera befand sich während der Untersuchung ca. 50 cm über den Mess-

objekten. Alle 20s wurden Wärmebilder gespeichert. Bei einem Produktionsdurchlauf entstanden so 42 Aufnahmen. Die Auswertung der IR-Bilder im Rechner ermöglichte dann, den Temperaturverlauf einer Glasplatte während des gesamten Produktionszyklus grafisch darzustellen. Interessanterweise ist hier zu erkennen, dass die Glasplatten die eingestellte Heizplatten-temperatur nicht erreichen. Um eine höhere Glasplatten-temperatur zu garantieren, muss man die Hotplate-temperatur erhöhen oder die Verweilzeit vergrößern. Eine längere Verweilzeit würde zwangsläufig zu einer Verlängerung der Taktzeit und somit zu einem geringeren Produktionsdurchsatz führen. Weiterhin ergaben sich für die Betreiber der Glasplattenherstellung neue Erkenntnisse hinsichtlich der Temperaturverteilungen auf den jeweili-

gen Glasplatten. Die IR-Aufnahmen haben ergeben, dass die Normalglasplatten sich durchbiegen. Um die Glasplatten nicht zu zerkratzen, liegen diese nicht direkt auf den Heizplatten auf. Ein Zentriersystem bewirkt, dass jede Glasplatte ca. 0,1mm über der eigentlichen Heizplatte liegt. Zur Berührung kommt es nur, wenn sich die Glasplatten durchbiegen und dies ist bei den Normalglasplatten der Fall (**Bilder 17-21**), was vorher nicht vermutet wurde. Der direkte Kontakt führt somit zu einer größeren Temperatur im mittleren Bereich der Glasplatten, welches die IR-Bilder sehr deutlich erkennen lassen. Quarzgläser besitzen dagegen ein besseres Temperaturverhalten (**Bilder 22-27**), da diese sich nicht durchbiegen.

- Normalglas -

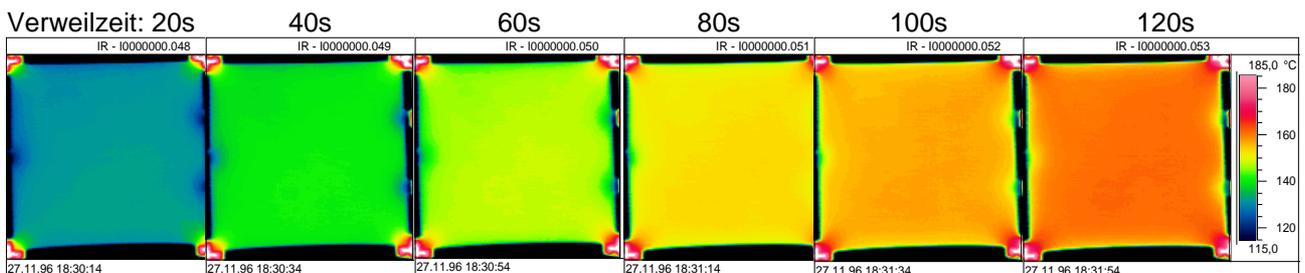
(Durchbiegung des Glases in der Mitte wird im IR- Bild sichtbar)



Bilder 17-21

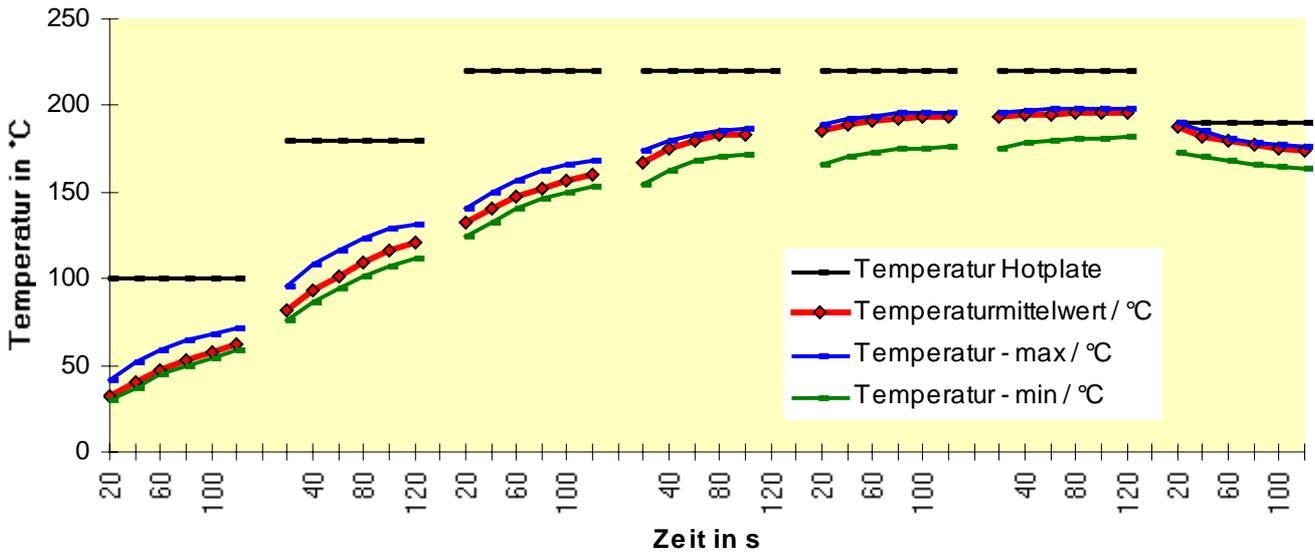
- Quarzglas -

(keine Durchbiegung daher gleichmäßigere Temperaturen)



Bilder 22-27

Zeitlicher Temperaturanstieg der Glasplatten, Station 1 - 7 für einen Durchlauf (120s Takt - nur Quarzgläser)



Grafik 3

Die **Grafik 3** zeigt die Temperaturen der einzelnen Gläser in Abhängigkeit von der Zeit für jede der 7 Heizpatten. Die eingestellten Temperaturen der Heizplatten, hervorgehoben durch die schwarzen Linien in der Gra-

fik (Temperatur Hotplate), sollte erreicht werden. Die Grafik verdeutlicht allerdings anschaulich, dass die Temperaturen der einzelnen Glasplatten nicht annähernd die Solltemperaturen erreichen (rote Linie - Tempera-

tur Mittelwert). Erst durch diese berührungslose Temperaturwerterfassung ist eine Produktionsoptimierung möglich geworden.

Wie zielgerichtet durch IR-Messungen versucht wurde **den Produktionsdurchsatz zu erhöhen**, zeigt eindrucksvoll dieses weitere Beispiel. Beim plastischen Verformen von Kunststoffrohren in der

Automobilzulieferindustrie entsprechend dem **Bild 28** werden die Teile nach dem Erwärmen in einem Ofen mittels Greifroboter über Biegekernen gebogen. Die IR-Kamera ist im vorderen Teil

des Bildes zu erkennen. Das so verformte Kunststoffrohr muss nun so lange in den Biegekernen verweilen, bis der Kunststoff so weit abgekühlt ist, dass diese Verformung dauerhaft bleibt. Je schneller die Abkühlung vollzogen wird, um so schneller kann ein neues Teil aus dem Ofen in die Biegevorrichtung gelegt werden. Deshalb ist man durch spezielle wirkungsvolle Kühlmechanismen bestrebt, diesen Kühlprozess zu beschleunigen. Die Wirksamkeit der verschiedenen Kühlungen wurde mittels IR-Messung ermittelt. Durch die schwere Zugänglichkeit der einzelnen Biegestellen zwischen den Roboterarmen und eine ständige 3 dimensionale Bewegung der zu biegenden Rohre kam nur eine berührungslose IR-Messung für diese Überprüfung in Frage.

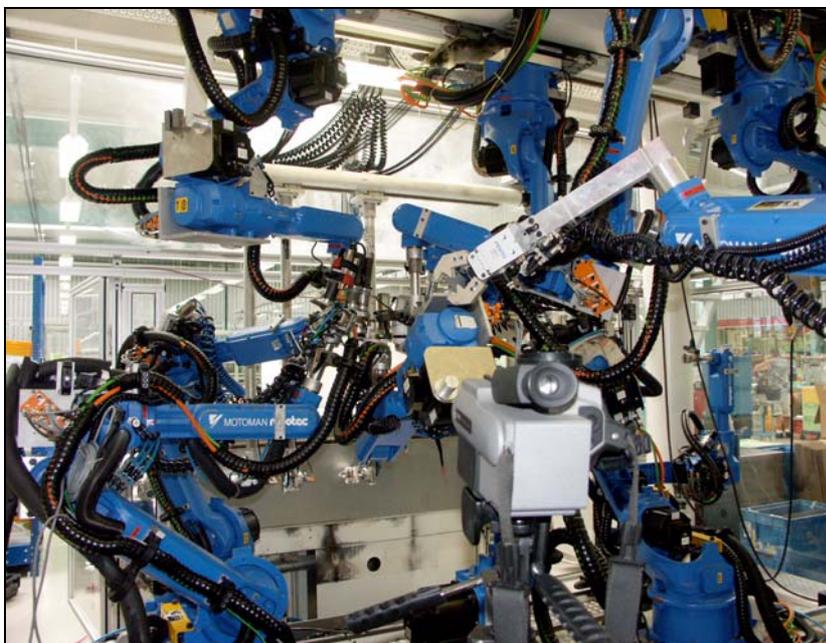
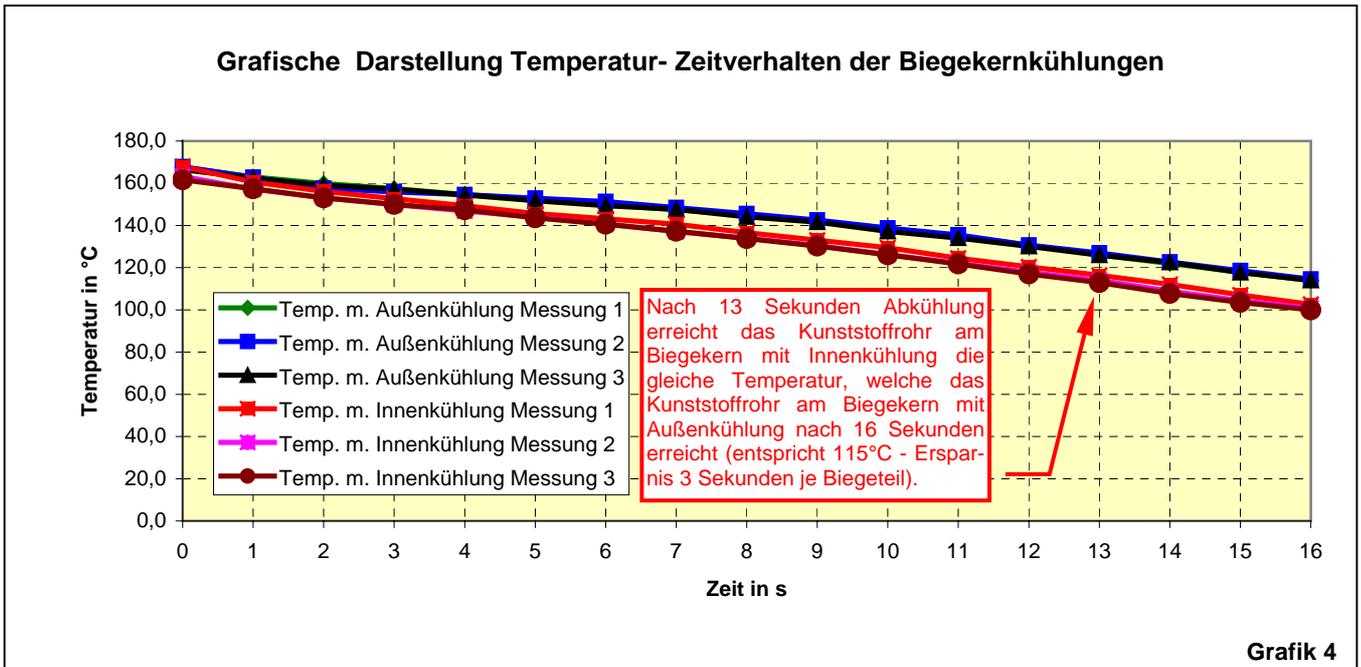


Bild 28

Die IR- Kamera wurde zu dieser Messung fest auf einem Stativ außerhalb der Bewegungsabläufe der Roboterarme montiert. Im Sekundentakt wurden mehrere Messreihen der einzelnen Kühlprozesse von verschiedenen Kühlvarianten gespeichert. Die untere Grafik zeigt die Gegenüberstellung von 2 verschieden gestalteten Bie-

gekernen zur effektiven Kühlung des Kunststoffrohres. In der **Grafik 4** wurde eine Innenkühlung mit einer Außenkühlung der Biegekern mit jeweils 3 Messreihen verglichen. Die grafische Auswertung zeigt deutlich die schnellere Abkühlung der Rohre mit Biegekerninnenkühlung. Nach 13 Sekunden

ist hier bereits die Temperatur erreicht, welche mit Biegekernaußenkühlung erst nach 16 Sekunden erreicht wird. Dies entspricht einer Einsparung pro Teil von 3 Sekunden. Durch die schnellere Abkühlung können somit in einer 8 Stunden- Schicht 254 Teile mehr gebogen werden.



Die **Reklamationen erhöht** hat folgendes Beispiel in der Automobilindustrie. Durch einen ungenügend festen Sitz eines Zahnrades, hervorgerufen durch die ungenügende Festigkeit einer Schrumpfverbindung, kam es zu Verschiebungen dieses Rades auf einer Motorwelle. Im Maschinenbau, wie auch im Fahrzeugbau ist das Schrumpfen eine gängige Verbindungstechnik. Hierzu werden, meist zylindrische Drehteile, induktiv oder mittels Ölbad erwärmt. Dieses so erwärmte Teil dehnt sich in seiner Bohrung aus und wird noch im heißen Zustand auf die kalte Welle geschoben, wo es später einmal sitzen soll. Das Teil erkaltet, die Bohrung wird in ihrem Durchmesser wieder kleiner und das Teil sitzt fest auf der Welle. Eine Schrumpfverbindung kann

durch 2 Einflüsse fehlerhaft werden. Zum einen kann die Passung der beiden zu schrumpfenden Teile außerhalb der Toleranz liegen; sie sind also ungenau gefertigt worden. Zum anderen können die Temperaturen des zu erwärmenden Teiles nicht stimmen. Ist die Temperatur zu niedrig, so dehnt sich das Teil nicht genug aus und beim Aufeinanderschieben der Teile wird zu viel Kraft benötigt. Welle und Zahnrad werden dadurch mechanisch beschädigt. Ist die Temperatur zu hoch, so kann es zu Gefügeänderungen im Material kommen. Gehärtete Metallteile können dann z.B. wieder weich werden. Eine berührungslose thermografische Untersuchung sollte Aufschluss über die Temperaturen bei der induktiven Erwärmung des 4cm großen

Zahnrades erbringen. Eine stromdurchflossene Kupferspule (in der Bildmitte des Fotos zu erkennen / **Bild 29**)



Bild 29

erwärmt das schwarze Zahnrad in 6 Sekunden auf 264°C. **Bild 30** zeigt das IR-Bild nach 6 Sekunden Erwärmung.

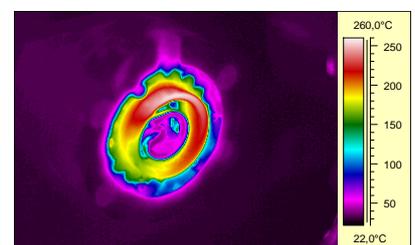
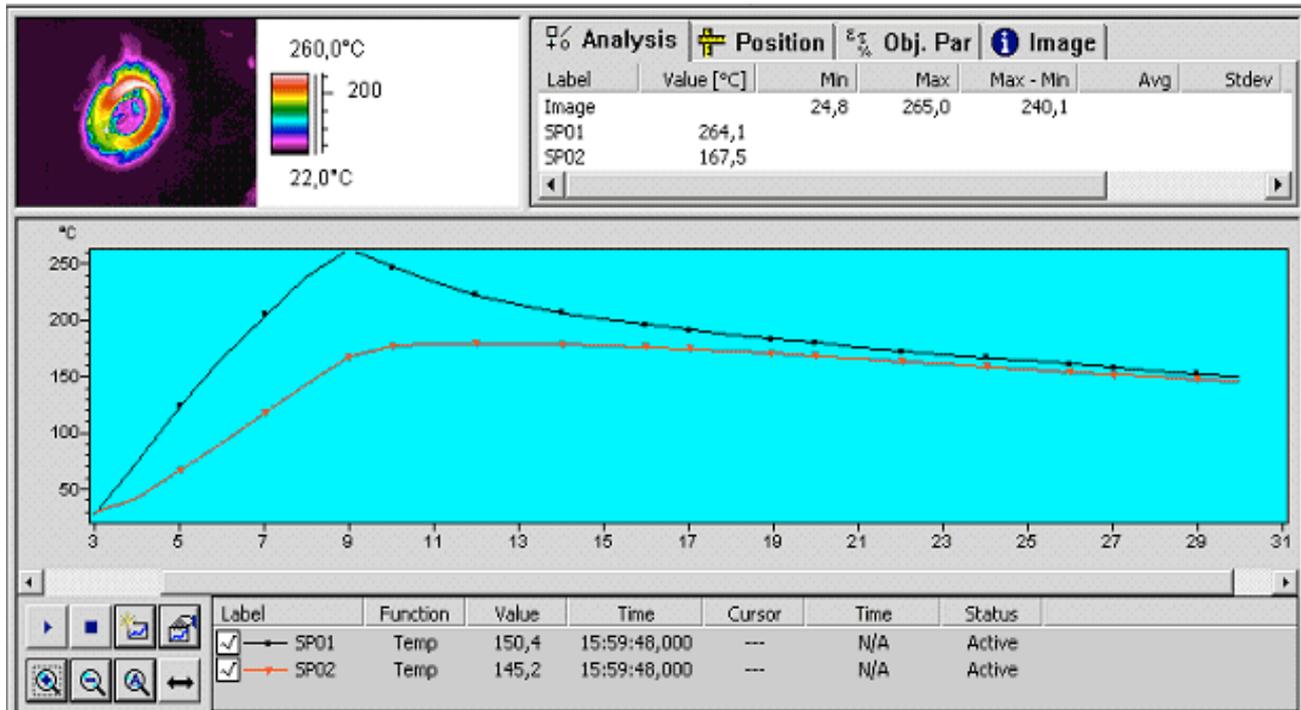


Bild 30



Grafik 5

Zur Vorbereitung der Messung wurde das blanke Zahnrad mittels temperaturbeständigem Auspufflack geschwärzt, um den Emissionswert des zu messenden Teiles zu erhöhen, da sich blanke Teile schlecht messen lassen. Die IR- Kamera wurde fest positioniert und program-

miert, so dass je Sekunde 1 IR- Bild während der Erwärmung und Abkühlung des Rades gespeichert wurde. Mittels spezieller Software erfolgte danach die Auswertung der Messreihe. Die **Grafik 5** zeigt die grafische Auswertung der Messung. Da durch die Form der Induk-

tionsspule die Erwärmung nicht gleichmäßig am Umfang erfolgte, sind bei der Auswertung 2 Kurven dargestellt. Die schwarze Kurve stellt die höchste und die rote Kurve die kleinste Temperatur des Zahnrades in Abhängigkeit von der Zeit dar.

Die Infrarot- Thermografie kann durch einen turnusmäßigen Einsatz, welcher nicht größer als ein halbes Jahr sein sollte, **Maschinenstandzeiten senken und somit ungewollte Produktionsstillstände vermeiden.** Ausfälle an Maschinen haben neben den sehr häufig anzutreffenden Fehlern an den elektrischen Verkabelungen und Bauteilen oft ihre Ursache in thermisch unkontrollierten Erwärmungen, von Lagern und Motoren. In der Regel treten diese Fehler nicht plötzlich auf, sondern kündigen sich im Vorfeld durch einen Anstieg der Temperatur oder durch Schwingungsänderung des schadhaften Bauteiles an.

Führt man nun regelmäßige thermografische Messungen, auch unter Zuhilfenahme mit weiteren Überprüfungen wie z.B. Geräusch-, Frequenz- und Schwingungsmessungen durch, so lassen sich Temperaturanstiege oder anderweitige Veränderungen rechtzeitig erkennen und die Bauteile können ausgewechselt werden, bevor lange Stillstandszeiten der Maschinen zu befürchten sind. Da eine Lagerhaltung Geld kostet und alle Teile sowieso nicht auf Lager gelegt werden können, ist man durch diese Messungen immer auf der sicheren Seite. Fällt ein Bauteil aus, so ist in den meisten Fällen nach 24 Stunden das neue Bauteil

beschaffbar. Aber gerade große Getriebe sind Sonderanfertigungen. Fällt z.B. solch ein Getriebe aus, so ist es keine Seltenheit, dass es hier Lieferzeiten von fast einem Jahr gibt. Hängt jetzt eine wichtige Produktion daran und die Fertigung kann nicht auf eine andere Maschine verlagert werden, so können neben den Produktionsausfallkosten auch die Vertragsstrafen gigantisch werden. Thermische Erwärmungen im IR- Bild zu erkennen, welche auf einen vorzeitigen Ausfall des Bauteiles schließen lassen, ist jedoch schwer. Hier gehört sehr viel Erfahrung dazu und der Prüferingenieur muss Kenntnis von dem Aufbau und der Wirkungs-

weise der Baugruppen haben. In einem zeitlich nicht zu groß zu wählenden Messintervall werden die IR- Bilder und die Ergebnisse aus den weiteren Messungen gespeichert und gegenüber gestellt. Durch diesen Vergleich der gespeicherten Thermogramme lassen sich Rückschlüsse auf Lager oder Antriebsmotoren führen.

Das **Bild 31** zeigt einen Extruderantrieb einer sehr großen Spritzmaschine mit mehreren Extrudern. Im unteren **IR- Bild 32** kann man erkennen, dass sich zwischen Getriebe und Extruder eine sehr hohe Temperatur von über 100°C entwickelt hat. Da sich hier ein Drucklager befindet, ist mit großer Wahrscheinlichkeit dieses Drucklager defekt.

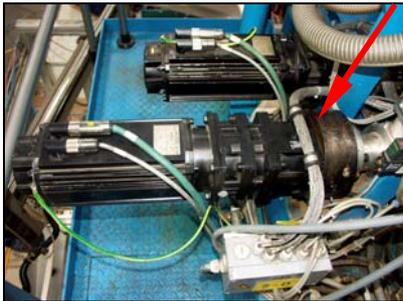


Bild 31

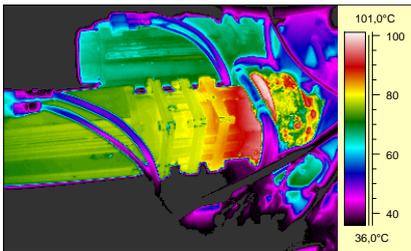


Bild 32

Nachdem ein neues Lager geliefert wurde, konnte kurzfristig mit geringem Zeitaufwand das Lager ausgetauscht werden. Das defekte und ausgewechselte Lager zeigt das **Bild 33**.



Bild 33

Nach der Reparatur und dem Austausch des Lagers wurde der Extruderantrieb erneut thermisch untersucht. Bei solchen großen Teilen muss sich jedoch erst ein Temperaturgleichgewicht eingestellt haben, um Aussagen zum Erfolg der Reparaturmaßnahme zu erhalten. Aus diesem Grund sind die IR-Messungen zur Kontrolle auch erst 24 Stunden nach dem Lageraustausch erfolgt. Das **Bild 34** zeigt die IR-Aufnahme nach der Reparatur. Deutlich lassen sich hier die thermischen Unterschiede zum **Bild 32** erkennen.

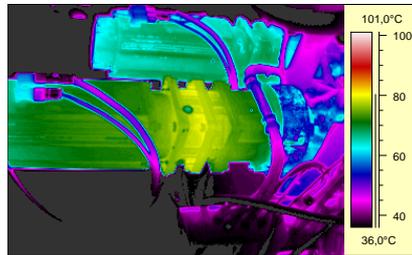


Bild 34

Ein weiteres Beispiel eines viel zu heißen Motors zeigen die **Bilder 35 und 36**. Der Antrieb einer Pumpe hat sich auf über 117°C erwärmt. Da die IR- Messungen generell nur die Oberflächentemperaturen erfassen, müssen die Temperaturen im Motorinneren bedeutend höher liegen.



Bild 35

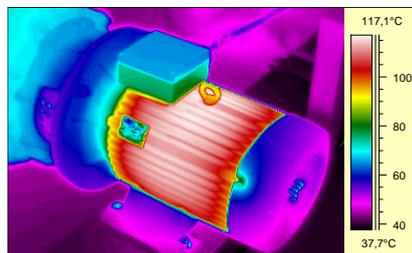


Bild 36

Dieser Pumpenmotor steht kurz vor dem Durchbrennen. Entweder ist die Leistung des Elektromotors zu gering dimensioniert worden oder es erfolgte kein hydraulischer Abgleich des Systems. Bei dem Motor ist kein Lager defekt, sondern er ist einfach überlastet.

Auch hier zeigt sich wieder das große Anwendungsspektrum der berührungslosen thermografischen Untersuchung.

Der Prüflingenieur zur Messung von Produktionsanlagen muss viel Fachkompetenz und Erfahrungen aufweisen und sollte Maschinenbau oder Gerätetechnik studiert haben. Er sollte die Zertifizierung zur Untersuchung von Industrieanlagen Stufe 2 nach DIN EN 473 besitzen, da nur diese zum selbstständigen Arbeiten ohne Anleitung berechtigt und das notwendige Wissen zur berührungslosen IR- Messung vermittelt. Durch unterschiedliche Oberflächenstrukturen können sehr schnell Fehlmessungen erfolgen, welche nur durch fundierte Kenntnisse in der Wärmelehre, der Strahlungsphysik und der IR-Messung zu vermeiden sind. Einzig allein eine gute Ausbildung, die Zertifizierung und viel Erfahrung des Messtechnikers führen zu einer hohen Fachkompetenz bei der Messung, Beurteilung und Auswertung thermischer Erwärmungen. Die Überprüfung der Elektroanlagen in Industriebetrieben mittels Thermografie fordert meist die Brandschutzversicherung.

Hier ist es wichtig, dass der Prüflingenieur die Elektrofachkraft nach DIN VDE 1000-10 nachweisen kann. Weiterhin sollte der Nachweis zum VdS anerkannten Sachverständigen für Elektrothermografie vorliegen. Da sich die Industriebetriebe auf die Messungen und Prüfberichte verlassen müssen, sollten generell Schulungszertifikate

seitens der Auftraggeber angefordert werden. Weiterhin ist ein gutes IR- System notwendig, um Messungen und Auswertungen in der Industrie vornehmen zu können. Seit kurzer Zeit, gibt es auf dem Markt relativ kostengünstige IR- Kameras. Diese Kameras sind jedoch nicht geeignet, um komplizierte Vorgänge in der Industrie zu erfassen. Entsprechend der Aufgabenstellung und der Platzverhältnisse müssen z.B. verschiedene Brennweiten und Filter (z.B. Hochtemperatur oder Glasfilter) bei der IR-Kamera verwendet werden. Billige IR- Kameras haben oft nur unzureichende oder keine Möglichkeiten verschiedene Optiken und gar Filter verwenden zu können. Weiterhin ist es in der Industrie bei vielen Aufgabenstellungen notwendig, Bewegungsabläufe oder Temperaturveränderungen in Sequenzen zu speichern. Man bekommt somit einen temperaturkalibrierten Film und kann gut Temperaturänderungen und -wanderungen in Bauteilen oder Produkten erkennen und messen. Auch hierzu sind billige IR- Kameras nicht in der Lage. Eine oft sehr geringe Anzahl von messenden Bildpunkten und geringe Bildwiederholfrequenzen charakterisieren weiterhin die billigen Kameras. Der meist sehr große Preisunterschied zu hochwertigen Systemen muss ja auch irgendwo herkommen.

Es gibt in der Industrie auch spezielle Messaufgaben, wo Kurzwellenkameras eingesetzt werden müssen. Die heute üblichen Mikrobolometerkameras arbeiten alle im langwelligen Spektralbereich und man kann mit ihnen z.B. unmöglich durch Glas durchmessen, was wiederum mit Kurzwellenkameras und speziellen Filtern möglich ist. Die Kombination von unqualifiziertem Personal, gepart mit billiger IR- Kameratechnik kann fatale Folgen haben. Bunte Bilder erhält der Auftraggeber in jedem Fall, ob die Aufgabenstellung damit jedoch erfolgreich abgeschlossen wird, bleibt mehr als fraglich. Auch falsche Messergebnisse sind nicht selten die Folgen solcher Konstellationen. Billigthermografie lässt das Herz eines jeden Einkäufers höher schlagen, der Techniker ärgert sich dann mit den "Messergebnissen" herum und es kommt zu Fehlentscheidungen. Bei sicherheitsrelevanten Fragen ist es fahrlässig, die Messungen von unqualifiziertem Personal mit ungeeigneter Kameratechnik durchführen zu lassen. Hier sollte man nicht an der falschen Stelle sparen. Es ist wie überall, Qualität hat ihren Preis.

Unter dem Gesichtspunkt der Produktions- und Qualitätsoptimierung belegen vor allem die wiedergegebenen IR-Bilder dieses Beitrages den unbestreitbaren Nutzen thermografischer Messungen.

Letzten Endes werden dadurch Zustände sichtbar gemacht, die durch andere Messverfahren nicht nachgewiesen werden können und für das menschliche Auge unsichtbar bleiben würden. Durch das Einleiten von entsprechenden Maßnahmen werden wirtschaftliche Nutzeffekte erzielt. Ob im Maschinen- und Anlagenbau, in der Chemie-, Lebensmittel-, Pharmazie- Papier- und Automobilindustrie, der Forschung und Entwicklung oder der Energieerzeugung und -weiterleitung führen IR- Messungen zu mehr Durchblick in produktions-, fertigungs- oder sicherheitsrelevanten Fragen.

Temperaturen haben in vielen Fällen direkten Einfluss auf Qualität, Quantität oder auf die Sicherheit verschiedenster Produkte und Anlagen.

Autor
Dipl.- Ing. Sönke Krüll ist Geschäftsführer der Industrie Thermografie Krüll in 99891 Tabarz/Thür. www.ITK-MESSTECHNIK.de e-mail: itk.s.krueell@t-online.de Tel.: 03 62 59 / 50 991, Fax 50 999