

# Aktive Thermografie als zerstörungsfreie Prüfmethode zur Untersuchung von Oldtimern / Youngtimern auf Originalität

Volker CARL, Carl Messtechnik und Prüfsysteme, Dinslaken

## Einführung

Die aktive Thermografie wird seit ca. 15 Jahren im Bereich von Luft- und Raumfahrt zur zerstörungsfreien und bildgebenden Prüfung von anisotropen Leichtbaustrukturen und metallischen Triebwerksteilen erfolgreich eingesetzt. Das Prinzip des Prüfverfahren beruht dabei auf der Messung eines künstlich erzeugten Wärmeflusses in das Bauteil, der im Bereich von Fehlstellen gestört wird und auf der Probenoberfläche Reaktionen zeigt. Die Erzeugung des Wärmestroms aufgrund künstlich eingeleiteter Temperaturgradienten erfolgt beispielsweise durch Lichtimpulse, Langwellenstrahlung, Induktion, Konvektion und Ultraschall (Abb. 1). Jede Anregungsart charakterisiert unterschiedliche Fehlermechanismen wie z.B. Delaminationen und Risse sowie unterschiedliche Materialeigenschaften wie Dichte und Wärmeleitfähigkeit. Sinnvoll einsetzbar ist die Technik unabhängig vom Material bis zu einer Tiefe von 10mm.

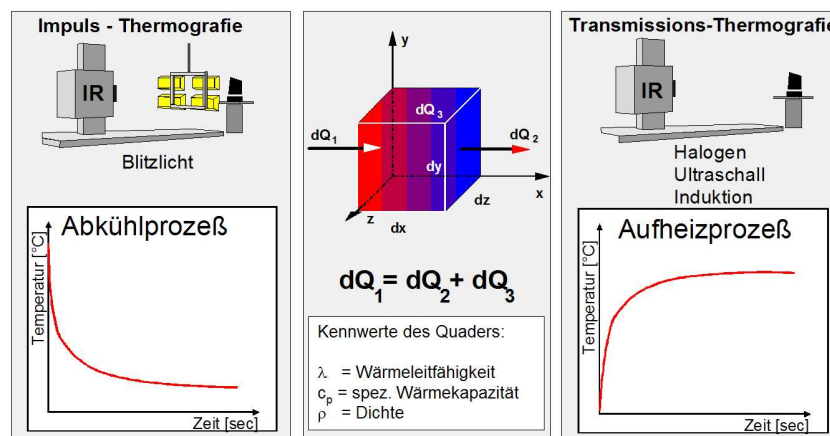


Abb. 1: Bei der aktiven Thermografie werden die Prüfteile thermisch angeregt. Der erzwungene Wärmefluss wird entweder in Reflexion oder Transmission als Funktion der Zeit gemessen.

## Die Technik: LockIn Thermografie oder Impuls Thermografie?

Bei der Lock In Thermografie trifft eine harmonische Erwärmung (z.B. Halogen Lampen) die Prüfoberfläche mit einer bestimmten Frequenz. Mit dieser eingestellten Frequenz wird die Eindringtiefe der thermischen Welle definiert. Möchte man beispielsweise eine dünne Beschichtung prüfen, ohne den Einfluss des Grundmaterials zu messen, muss eine hohe Frequenz eingestellt werden. Möchte man tief in einem Werkstoff nach Fehlern suchen, muss eine geringe Frequenz eingestellt werden. Man braucht also schon etwas apriori Wissen, um die "richtige" Frequenz einzustellen. Aufgrund der thermischen Materialeigenschaften dringt die Wärme mit einer bestimmten Geschwindigkeit in das Material hinein und wird möglicherweise irgendwo an einem Fehler gestört. Tiefer liegende Fehler werden aus diesem Grund auf der Oberfläche erst später registriert als oberflächennahe. Diese Zeitabhängigkeit spiegelt sich in einer Phasenverschiebung des Eingangssignals (Halogenlampe) und dem gemessenen Signal wieder, so dass eine Abhängigkeit besteht zwischen der Fehlertiefe und dem Phasenwinkel bei der eingestellten Frequenz. Ein Bild der Infrarot Kamera ist meist 320 x 240 oder 640 x 520 Pixel gross. Für jeden Pixel wird der Phasenwert des zeitlichen Signals berechnet, so dass sich ein Auswertebild berechnen lässt. Jedem Wert / Pixel wird ein Farbwert gemäss der gewählten Farbtabelle zugeordnet. Ein Messvorgang wird über ein paar Perioden aufgenommen, um die Perioden zu mitteln oder das Messrauschen zu reduzieren.

Die Impuls Technik beschreibt eine andere Erwärmungsvariante, indem hier nicht harmonisch über mehrer Perioden erwärmt wird, sondern mit einem kurzen Wärmeimpuls über Blitzlampen. Dadurch entsteht an anfänglich hoher Temperaturgradient der die Wärmewelle einmalig in das Bauteil zwingt. Dabei laufen die selben physikalischen Vorgänge ab wie bei der harmonischen Anregung. Ein Fehler stört den Wärmefluss, der wiederum einen messbaren Effekt auf der Oberfläche zurücklässt und zwar auf Grund seiner Tiefe, als Funktion der Zeit. Als Auswerteverfahren wird auch hier der Phasenwert ermittelt. Zum Verständnis, muss man mathematisch etwas ausholen. Transformiert man Eingangssignal (Dirac Impuls) und Ausgangsfunktion (exponentiell abfallende Kurve) in den Frequenzbereich, lässt sich mathematisch erklären, dass sich die Messfunktion aus einer Summe von Sinusschwingungen aus dem gesamten Frequenzspektrum berechnen lässt (und nicht nur mit einer Frequenz, wie bei der LT). Mit einer Fast Fourier Transformation (FFT) berechnet man jetzt für den Messzeitraum die Phasenverschiebung für den Grundfrequenzanteil. Wie bei der LT wird jedem Pixel über den Phasenwert ein Farbwert zugeordnet und ein Auswertebild generiert.

Die Auswertebilder beider Verfahren sind durchaus vergleichbar in Schärfe und Detailtreue. Dennoch gibt es Unterschiede, Vorteile und Nachteile.

## Anwendungsbeispiel Fahrzeugkontrolle

Das Prüfverfahren wird angewendet, um verdeckte Unfallmängel bei Fahrzeugen zu identifizieren. Dazu wird die Lackoberfläche mit einem Lichtimpuls kurz erwärmt (ca. 5 – 10°C) und der einsetzende Wärmefluss in das Material mit einer Infrarotkamera aufgezeichnet. Alle Veränderungen gegenüber des Originals werden auf diese Weise sofort erkannt. Dies können sein, z.B. Spachtel, zusätzliche Lackierungen, Verzinnungen, etc.



Abb. 1: Systemaufbau

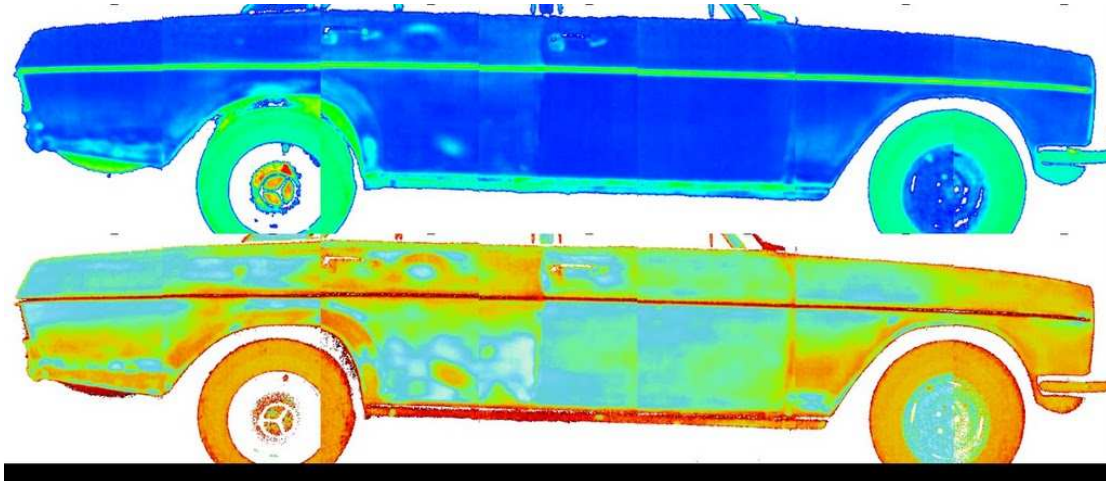
Der Aufbau zeigt eine Längsachse, an der das Prüfsystem in Abständen von ca. 60cm am Auto entlang fährt, um die Seitenflächen sequentiell aufzunehmen. Da ein Aufprall von vorne oder hinten meist die Seiten beeinflusst, wird auf eine Messung der Front und des Hecks verzichtet. Die Infrarotkamera ist um 90° gekippt um in Hochformat die Fahrzeughöhe optimal zu erfassen.

Zur Blitzlichterzeugung wird ein Blitzgenerator mit mindestens 8KJ Ladungskapazität benötigt, der seine Ladung an zwei Stabblitzröhren abgibt. Die Anlage wird über einen PC gesteuert. Einsetzbar ist diese Prüfanlage entweder stationär, oder per Anhänger montiert auch mobil.

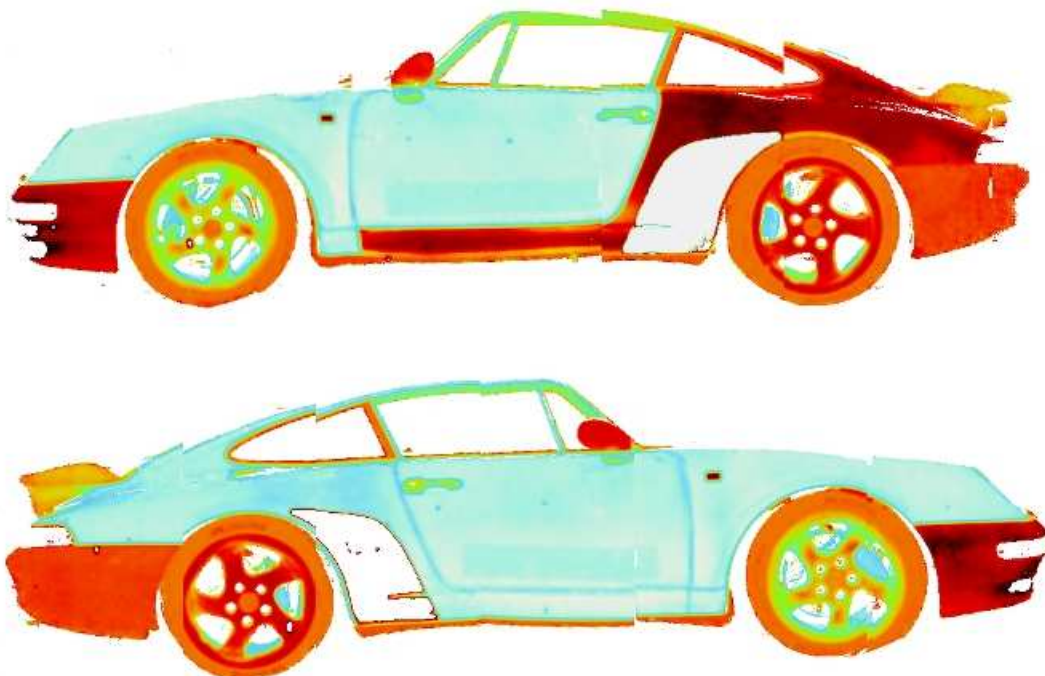
Die einzelnen Aufnahmen werden nach der Bilderfassung ausgewertet und entsprechend der geprüften Segmentbreite mosaikmäßig zusammengesetzt, um die komplette Fahrzeugbreite zu erfassen. Über einen Kalibriervorgang wird die Auswertung in Lackdicken umgerechnet, so dass als Resultat einer Messung ein quantitatives Lackdickenbild dokumentiert werden kann.

## Auswerteverfahren

Über verschiedene Auswerteverfahren sind diverse, kontrastverschiedene Auswertungen möglich. Für das in Abbildung 1 dargestellte Auto zeigen diese beiden Auswertebilder die Reparaturstellen qualitativ eindeutig auf.



Das Ergebnis einer „mobilen“ Messung ohne automatisches Verfahren über eine Achse, sondern per Hand, zeigt diese Messung:



Hier ist deutlich zu erkennen, dass der Kotflügel und Schwellerbereich links nachlackiert wurde, ebenso die hinteren Felgen.

Über eine Systemkalibrierung erfolgt die Umrechnung in ein Lackdickenbild, wie es hier dargestellt ist:

Fahrzeug: mb e-klasse rechts

