

Kombination von digitaler Bildkorrelation und Thermografiemessung

Die Kombination von Messergebnissen aus der digitalen Bildkorrelation (ARAMIS, DIC) und Temperaturmessdaten von Infrarotkameras ermöglicht die gleichzeitige Analyse des thermischen und mechanischen Verhaltens von Prüfkörpern im Bereich der Material- und Bauteilprüfung.

GOM ARAMIS – Digitale Bildkorrelation (DIC)

Das ARAMIS System misst berührungslos und materialunabhängig basierend auf dem Prinzip der digitalen Bildkorrelation. Die mit hochauflösenden Kameras bzw. Hochgeschwindigkeitskameras erfassten Bilder von Prüfkörpern unter Belastung werden anschließend ausgewertet. Das System bestimmt Grauwertverteilungen für tausende Teilbereiche in jedem Kamerabild und gibt subpixelgenaue Positionen korrespondierender Messpunkte in allen Bildern aus, aus denen dann durch Triangulation 3D-Koordinaten berechnet werden.

Die Auswertung dieser Oberflächeninformationen aller Laststufen über die Zeit im 3D-Raum liefert exakte X-, Y- und Z-Verschiebungen, -Geschwindigkeiten und -Beschleunigungen. Des Weiteren ermittelt ARAMIS aus den 3D-Koordinaten Oberflächendehnungen, wie z. B. Haupt- und Nebenformänderung.

Auf Basis dieser Messdaten werden Materialkennwerte bestimmt, numerische Simulationen validiert, Bauteilbewegungen überprüft und Komponentenverformungen analysiert. Das ARAMIS System ist einsetzbar für Probengrößen in Bereichen von Quadratmillimetern bis mehreren Quadratmetern und unterstützt sowohl hochauflösende als auch Hochgeschwindigkeitskameras mit Bildraten bis über 1.000.000 Hz.



Abb. 1 Aramis System von GOM

Kombination von digitaler Bildkorrelation und Thermografiemessung

InfraTec – Thermografie

Die Thermografiesysteme der VarioCAM® HD-Serie und der ImageIR®-Serie mit neuester Detektortechnologie zeichnen sich durch sehr gute messtechnische Eigenschaften aus. Die Thermografiekameras erreichen eine geometrische Auflösung von bis zu (2.560 x 2.048) IR-Pixeln. Damit lassen sich Bilder und Sequenzen in bisher unerreichter geometrischer Auflösung erstellen und geometrisch bedingte Messfehler effektiv vermeiden. Aufgrund der hervorragenden thermischen Auflösung von bis zu 20 mK können auch kleinste Temperaturunterschiede exakt dargestellt werden.

Der optische Kanal der Kameras besteht aus wechselbaren Infrarotobjektiven, die mit einer Motorfokuseinheit ausgestattet werden können. Über die Kamerabediensoftware erfolgt die schnelle und präzise Fokussierung. Hierbei besteht die Wahl zwischen der Autofokussfunktion und dem manuellen Fokussieren. Der Einsatz von Infrarotoptiken mit f/1.0-Konzeption und sehr hoher Lichtstärke ermöglicht das Erstellen von Thermogrammen, die frei von unerwünschten Warmblendeneffekten oder Bildinhomogenitäten sind.

Der speziell entwickelte Kalibrieralgorithmus mit einer Haupt- und zwei Nebenkennlinien dient zur Kompensation schwankender Umgebungstemperaturen und ermöglicht wiederholgenaue Messungen auch bei wechselnden thermischen Verhältnissen. Die Steuerung und Datenspeicherung erfolgt über industrietaugliche Ethernet-Schnittstellen (GigE und 10 GigE). So können hochfrequente Infrarotsequenzen vollradiometrisch mit bis zu 105 kHz aufgenommen werden. Die Speicherung der Temperaturdaten erfolgt mit der X/Y-Koordinate. Aufgrund der verzögerungsfreien Triggerung ist eine Synchronisation mit externen Prozessen sowie externen Kameras möglich, was eine eindeutige Zuordnung der resultierenden Daten (Temperaturwerte und digitale Bilddaten) ermöglicht.

Das modulare Grundkonzept der Thermografiesysteme aus Optik-, Detektor- und Interfacemodul ermöglicht eine individuelle Systemkonfiguration und eine optimale Anpassung der Leistungsdaten an die jeweilige Aufgabenstellung. Die Leichtmetallgehäuse mit den kompakten Bauformen und hohen Schutzgraden (bis IP67) erlauben eine leichte Integration in bestehende Systeme auch bei rauer Industrieumgebung.



Abb. 2 Thermografiesysteme der VarioCAM® HD head-Serie und der ImageIR®-Serie von InfraTec

Kombination von digitaler Bildkorrelation und Thermografiemessung

Synchronisation

Um beide Messergebnisse miteinander kombinieren zu können, werden der ARAMIS 3D- Sensor und die IR-Kamera auf den gleichen Bereich der zu messenden Probenoberfläche ausgerichtet und die Bildaufnahme beider Systeme wird durch ein elektrisches Triggersignal synchronisiert.

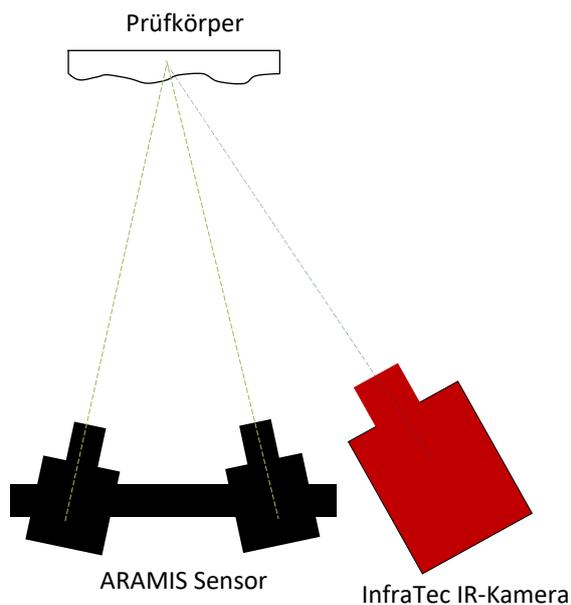


Abb. 3 Schematischer Messaufbau

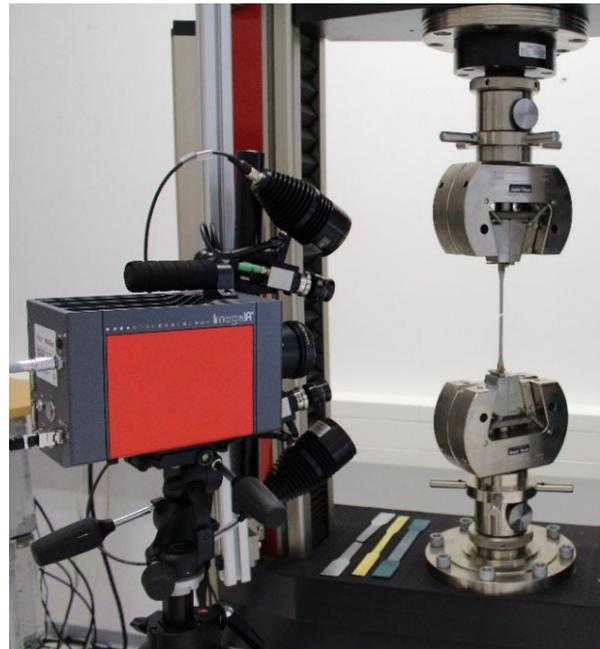


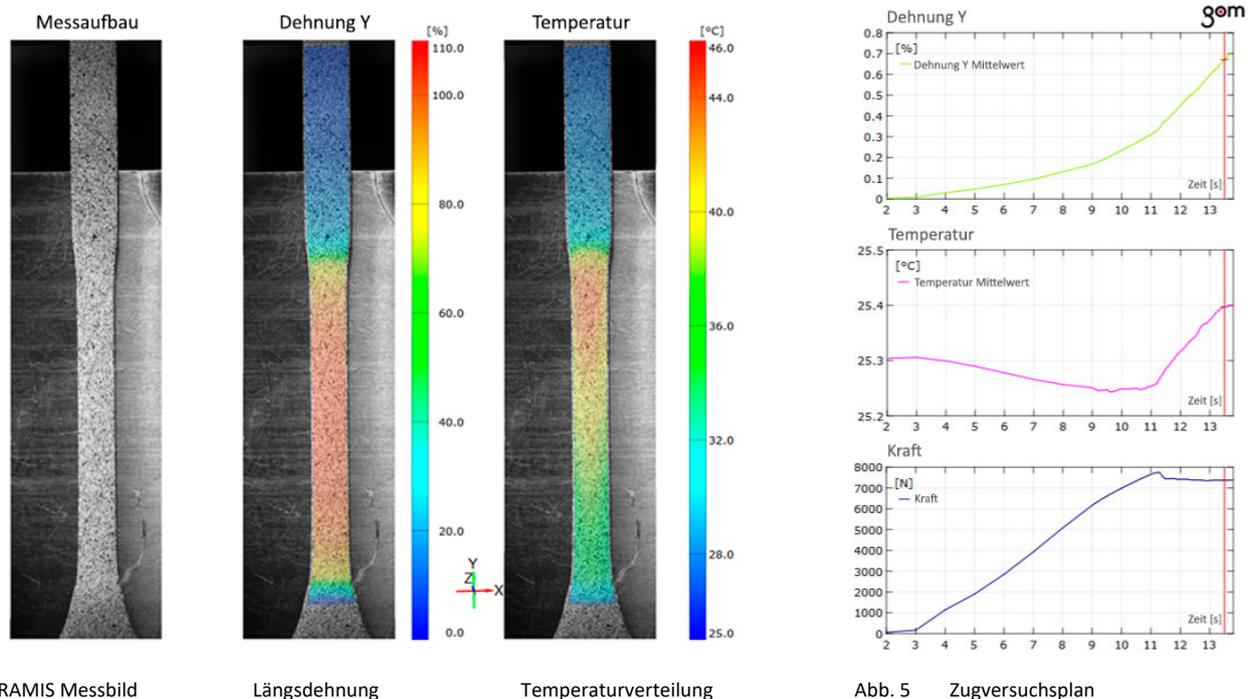
Abb. 4 ARAMIS System und InfraTec IR-Kamera bei der Analyse eines Zugversuches

Die Temperatur- und 3D-Koordinatenergebnisse werden in der ARAMIS Professional Software zueinander ausgerichtet, sodass jeder gemessenen 3D-Koordinate ein Temperaturwert zugeordnet wird. Dadurch kann die Temperaturänderung ortsfest auf der Oberfläche über den gesamten Prüfzeitraum analysiert und in Verbindung mit 3D-Verschiebungen und -Oberflächendehnungen ausgewertet werden. Somit wird die separate Analyse von thermischen Veränderungen und mechanischen Verformungen ermöglicht.

Kombination von digitaler Bildkorrelation und Thermografiemessung

Anwendungsbeispiel Zugversuch

Die Bestimmung von Materialparametern bei quasistatischen Zugversuchen mit ARAMIS ist unter <https://youtu.be/2bmcLsGDclM> beschrieben, sodass in diesem Anwendungsbeispiel nur auf weiterführende Ergebnisse aus der Kombination von ARAMIS und Thermografie eingegangen wird.



ARAMIS Messbild

Längsdehnung

Temperaturverteilung

Abb. 5 Zugversuchsplan

Beim quasistatischen Zugversuch ermöglicht die Kombination beider Messverfahren eine synchronisierte und ortsgebundene Analyse der Dehnungsergebnisse mit der Temperatur der Probenoberfläche.

Während der Anfangsphase des Zugversuchs (elastischer Dehnungsbereich und kurz danach, Diagramm oben) lässt sich mithilfe der thermografischen Auswertung bei größer werdender Verformung eine Abkühlung der Probe aufgrund des thermoelastischen Effekts feststellen (Diagramm in der Mitte).

Im weiteren Versuchsverlauf kommt es dagegen durch die Verformungsarbeit im plastischen Verformungsbereich zu einer stetigen Erwärmung der Probe bis hin zum Bruch.

Kombination von digitaler Bildkorrelation und Thermografiemessung

Anwendungsbeispiel Komponentenversuch

Im Bereich des Komponenten- bzw. Bauteilversuchs lassen sich das GOM ARAMIS System und InfraTec Infrarotkameras in gleicher Weise anwenden, um wertvolle Informationen über das thermische und mechanische Bauteilverhalten zu gewinnen, sodass die Temperatur- und Verformungsdaten für die Validierung von numerischen Simulationen herangezogen werden können. Weiterführende Informationen zur Validierung von numerischen Simulationen finden Sie im GOM Webinar unter: <https://youtu.be/TbLlv4Ckh3E>.



Abb. 6 ARAMIS mechanischer Versuchsaufbau

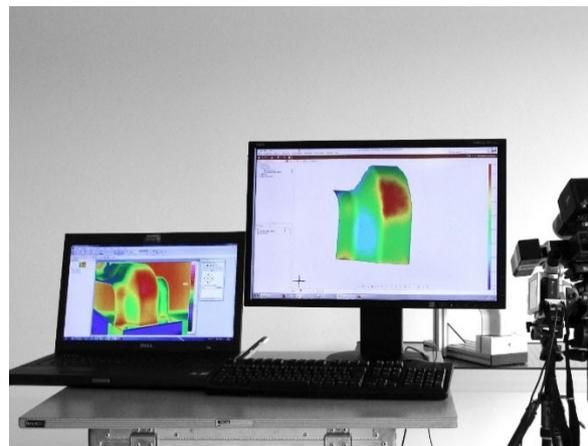
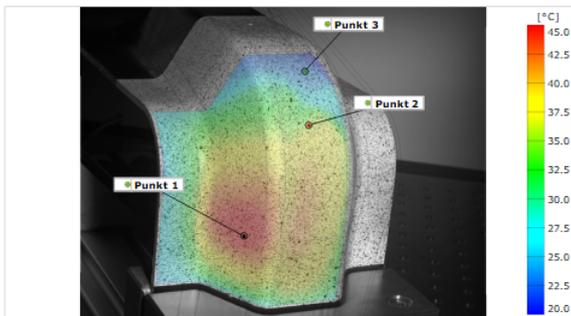
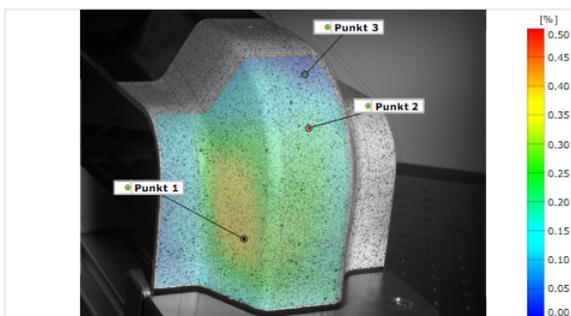
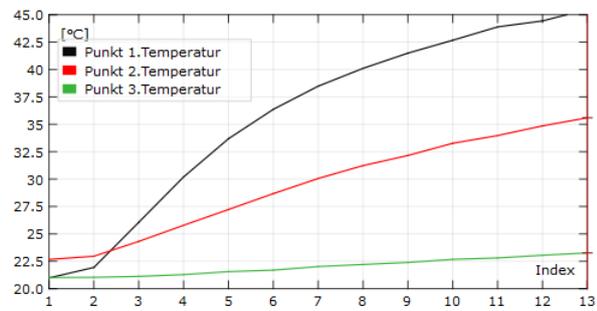


Abb. 7 ARAMIS mechanischer Versuchsaufbau – Auswertung



Temperatur



Hauptformänderung

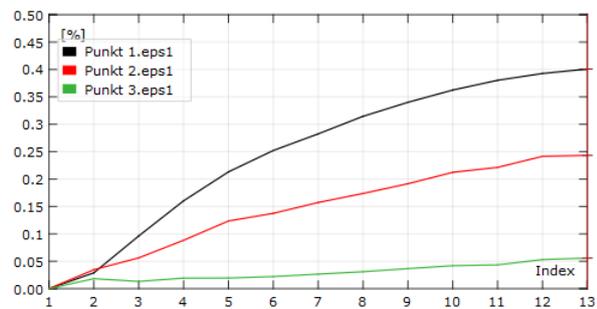


Abb. 8 Prüfung Demonstrator-Inspektion