

## Anwendungen der IR-Thermografie im Kunststoff-Zentrum in Leipzig (KuZ)

Die IR-Thermografie ist ein geeignetes Mittel der berührungslosen Temperaturmessung. Dabei können absolute Temperaturen, Temperaturverteilungen und relative Temperaturänderungen auch unter dynamischen Bedingungen gemessen und verfolgt werden. Die Einsatzmöglichkeiten von IR-Thermografiesystemen sind vielfältig. Daraus resultieren Anwendungen in allen Industriezweigen.

Die bekanntesten Beispiele sind:

- Beurteilung der Wärmedämmung von Gebäuden
- Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Photovoltaikmodulen
- Infrarotüberwachung zur Brandfrüherkennung
- Überprüfung von Punktschweißnahtverbindungen im Karosseriebau
- Sicherheits- und Objektüberwachung
- Diagnose von Krankheitsbildern in der Medizin
- Qualitätssicherung von elektrischen/elektronischen Bauteilen

Aufgrund der relativ guten Emissionsgrade vieler Kunststoffe eignet sich die IR-Thermografie zur erweiterten Charakterisierung von Kunststoffverarbeitungsverfahren und dessen Optimierung. Dieser Applikationsbericht zeigt beispielhaft Anwendungen der IR-Thermografie in den Bereichen Kunststoffverarbeitung und Kunststoffprüfung im KuZ.



**Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH**

[www.kuz-leipzig.de/](http://www.kuz-leipzig.de/)

Text:

M. Eng. Markus Tröbs  
Dr. Thomas Wagner

InfraTe-Lösung:  
VarioCAM® hr inspect 650

### Abkühlverhalten eines Formteils beim Spritzgussprozess

Die Eigenschaften eines Spritzgussformteils werden maßgeblich von dem verwendeten Kunststoff, der Geometrie und den Verarbeitungsbedingungen bestimmt. Eine große Rolle spielt das Abkühlverhalten des Formteils im Werkzeug. So können beispielsweise beim zu schnellen Abkühlen verstärkt innere Spannungen im Formteil eingefroren werden. Aufgrund des Bestrebens, in den spannungsarmen Zustand zu gelangen, kann das Formteil in der späteren Anwendung Schaden nehmen. Weiterhin bestimmt das Abkühlverhalten die kristalline Struktur eines teilkristallinen Thermoplasts. Durch sehr schnelles Abkühlen ist die Kristallisation gehemmt, wodurch sich ein niedriger Kristallisationsgrad einstellt. Beim langsamen Abkühlen erhält man höhere Kristallisationsgrade, welche sich positiv auf die mechanischen Eigenschaften auswirken. Auf diese Weise beeinflusst der Abkühlvorgang die Morphologieausbildung im Kunststoffformteil.

Durch den Abkühlprozess wird darüber hinaus das Schwindungsverhalten beeinflusst. Lokale Temperaturunterschiede im Formnest rufen ein unterschiedliches lokales Schwindungsverhalten hervor, was zum Verzug des Formteils führt. Insgesamt spielt der Abkühlprozess eine große Rolle bei der Ausbildung der Eigenschaften des Formteils. Im KuZ wurde mittels IR-Thermografie der Abkühlprozess eines Spritzgussformteils bei unterschiedlichen Werkzeugtemperaturen und Gesamtkühlzeiten untersucht (siehe Abb. 1).

Nr.	Werkzeugtemperatur [°C]	Gesamtkühlzeit [s]
1.	60	20
	60	30
2.	60	25
	80	25
	100	25

Tab. 1 Temperierparameter

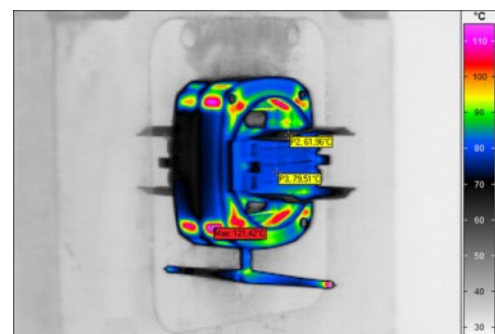


Abb. 1 Thermogramm des Formteils bei 60 °C Werkzeugtemperatur und 20 s Gesamtkühlzeit

## Anwendungen der IR-Thermografie im Kunststoff-Zentrum in Leipzig (KuZ)

Als Material wurde PC/ABS verwendet. Für die IR-Aufnahmen kam das Thermografiesystem der Firma InfraTec, die VarioCAM® hr inspect, zum Einsatz. Die Tabelle 1 zeigt das Thermogramm des Formteils bei geöffnetem Werkzeug nach abgelaufener Gesamtkühlzeit. Es ist zu erkennen, dass sich auf Grund der großen Wanddickenunterschiede recht große lokale Temperaturunterschiede ergeben.

Die Abb. 2 und Abb. 3 zeigen die Temperatur-Zeitverläufe der drei definierten Messpunkte nach dem Öffnen des Werkzeuges bei einer Gesamtkühlzeit von 20 s und 30 s. Die Dauer der aufgenommenen Sequenz beträgt 120 s mit einer Bildfrequenz von 2 Hz.

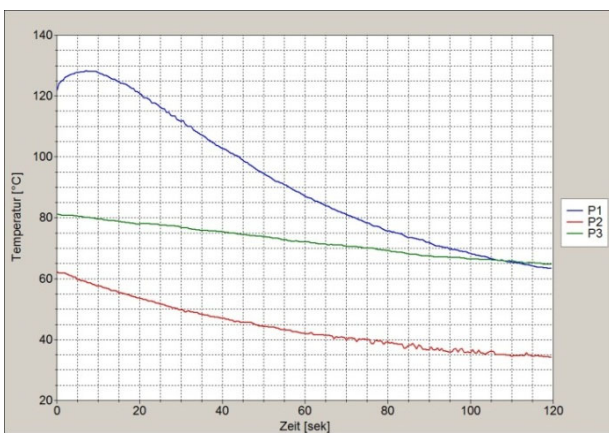


Abb. 2 Temperatur-Zeitverlauf des Formteils bei 60 °C Werkzeugtemperatur und 20 s Gesamtkühlzeit

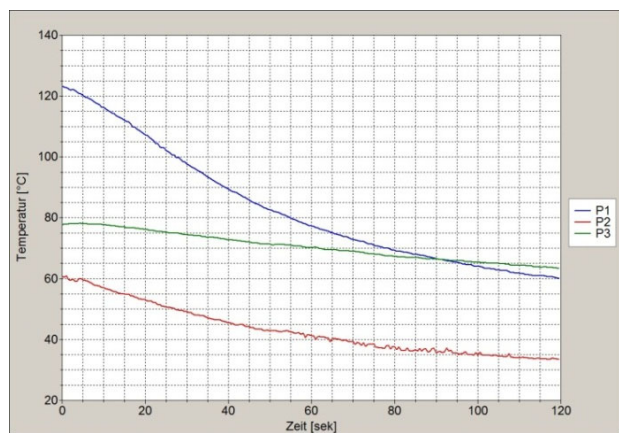


Abb. 3 Temperatur-Zeitverlauf des Formteils bei 60 °C Werkzeugtemperatur und 30 s Gesamtkühlzeit

Es ist zu erkennen, dass nach 20 s Gesamtkühlzeit die Temperatur-P1 für ca. 10 s zunimmt und der Temperatur-Zeitverlauf durch ein Maximum verläuft. Dieser Effekt ist auf den Wärmetransport aus der deutlich wärmeren inneren „Seele“ in die Außenschicht zurückzuführen, was zu einer Temperaturerhöhung der Außenschicht führt. Anschließend ergibt sich ein typischer Abkühlverlauf, wie er auch für P2 und P3 zu beobachten ist. Bei einer Gesamtkühlzeit von 30 s kommt es in den dickwandigen Bereichen (P1) nach dem Öffnen des Werkzeuges nicht mehr zum Temperaturanstieg. Die Wärme aus der heißen inneren Seele wurde in den zusätzlichen 10 s Kühlzeit ausreichend über die Werkzeugfläche abgeführt.

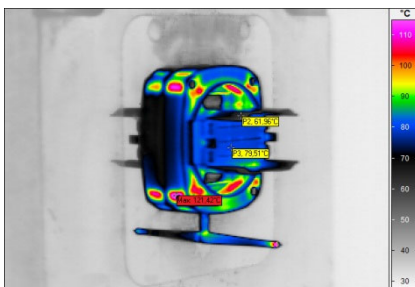


Abb. 4 Thermogramm des Formteils bei 60 °C Werkzeugtemperatur und 25 s Gesamtkühlzeit

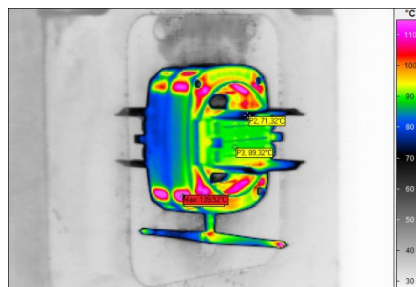


Abb. 5 Thermogramm des Formteils bei 80 °C Werkzeugtemperatur und 25 s Gesamtkühlzeit

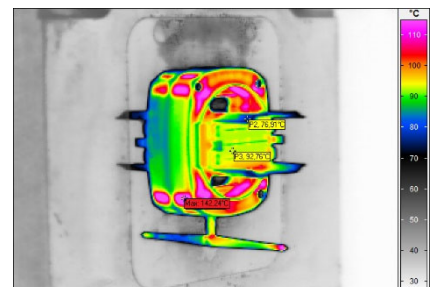


Abb. 6 Thermogramm des Formteils bei 100 °C Werkzeugtemperatur und 25 s Gesamtkühlzeit

Abb. 4, Abb. 5 und Abb. 6 zeigen die aufgenommenen Thermogramme des Formteils bei unterschiedlichen eingestellten Werkzeugtemperaturen. Diese Beispiele zeigen das Potenzial der IR-Thermografie für die Optimierung der Abkühl- und Entformungsprozesse im Spritzguss. Es können „Hot Spots“, Temperaturunterschiede und -verläufe sichtbar gemacht werden, mit dessen Hilfe Werkzeugtemperaturen und Entformungszeiten sinnvoll und begründet

## Anwendungen der IR-Thermografie im Kunststoff-Zentrum in Leipzig (KuZ)

festgelegt werden können. Ebenso ist auf Grundlage IR-thermografischer Messungen eine Optimierung der Werkzeugauslegung und der Werkzeugkühlung möglich.

### Brennverhaltens von PA66 bei der UL94-Prüfung

Bei der Flammfestausrüstung von Kunststoffen kommt es unter anderem darauf an, mit Hilfe geeigneter Füllstoffe und Additive zu erreichen, dass die entstehende Schmelze beim Brennvorgang nicht brennend abtropft. In einem aktuellen Forschungsprojekt am KuZ<sup>1</sup> wird für eine erweiterte Charakterisierung des Brennverhaltens von PA66-Mischungen der Brennvorgang mittels IR-Thermografie verfolgt.

Die Abbildung 7 zeigt das Thermogramm eines UL94-Prüfkörpers aus additivierten PA66 nach einer Beflammdauer von 10 s. Das Thermogramm wurde mit zwei Messpunkten und einem Messbereich ausgewertet. Es ist auffällig, dass die maximalen Temperaturwerte sehr lokal auftreten.

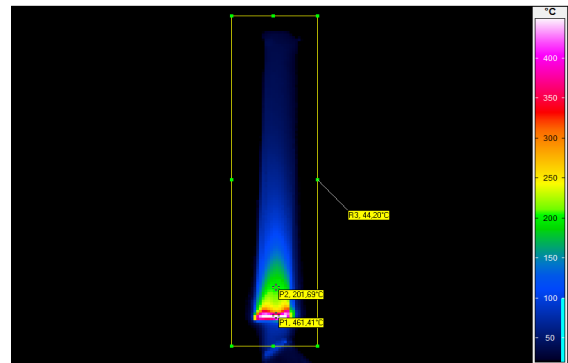


Abb. 7: Thermogramm des brennenden UL94-Prüfkörper nach 10 s Beflammdauer

Mit zunehmendem Abstand zur Brennerflamme entlang des Prüfkörpers nimmt die Temperatur exponentiell ab (siehe auch Abbildung 8). In der Abbildung 9 ist der Temperatur-Zeitverlauf der drei Messstellen dargestellt. Die erste Stufe der Temperaturzunahme ist auf die 1. Beflammung zurückzuführen. Nachdem der Brenner von der Probe entfernt wird, fällt die Temperatur um ca. 150 K schlagartig ab. Der zweite Temperaturanstieg ist durch die 2. Beflammung verursacht. Anschließend münden die Temperatur-P1 und R3\_Max (maximaler Temperaturwert im Auswertefenster) in ein Plateau, das mit schlagartigen Temperaturerniedrigungen durchsetzt ist, welches auf das Abtropfen der Polymerschmelze zurückzuführen ist. Nachdem der Brenner nun wieder von der Probe entfernt wird, ist der ungestörte Abkühlvorgang der Probe zu beobachten. Von den Untersuchungen werden differenzierte Aussagen zum Einfluss der Compoundzusammensetzung und anderer Parameter auf den Prozess der Flambildung bei fallenden Schmelzetropfen erwartet.

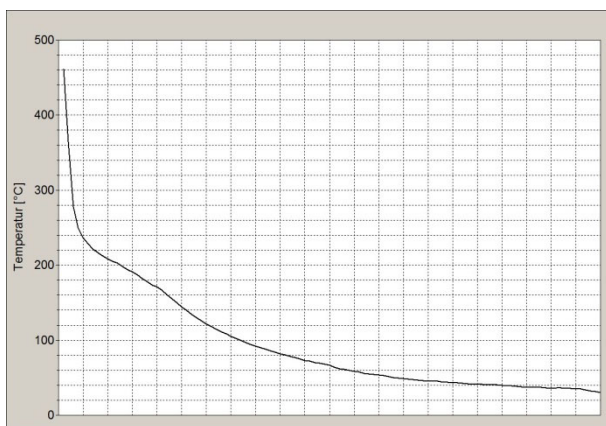


Abb. 8: Temperatur in Abhängigkeit von der Prüfkörperlänge

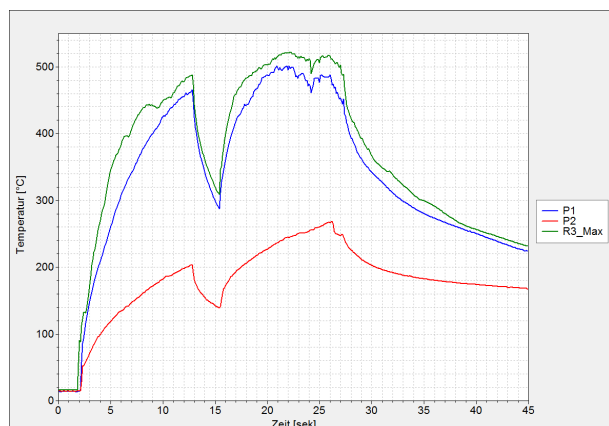


Abb. 8: Temperatur-Zeitverlauf des brennenden UL94-Prüfkörpers

<sup>1</sup> Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Reg.-Nr. VF120006)