

› **Verbesserte Bauteilqualität**

# Online-Temperaturmessung beim SLS

Das Selektive Laser Sintern (SLS) ist eines der bedeutendsten Verfahren zur additiven Fertigung von Kunststoffbauteilen von Einzelstücken bis hin zu mittleren Serien. Für Letzteres ist eine Konstanz der Bauteileigenschaften wichtig, sowohl bei gleichzeitiger Herstellung von mehreren Teilen auf einer Anlage an unterschiedlichen Stellen im Bauraum als auch bei einer skalierten Produktion auf mehreren SLS-Anlagen. Hierbei spielen Bauraum- und Schmelztemperatur eine grosse Rolle.

› **Prof. Ulrich Büse<sup>1</sup>,  
Simon Grimm<sup>2</sup>**

Alle zurzeit kommerziell erhältlichen Anlagen im Bereich des Selektiven Laser Sinterns (SLS) verfügen über eine Infrarotheizung, um den oberen Bauraum und das aufgetragene Pulver zu erwärmen. Die meisten Systeme haben hier auch die Möglichkeit mehrere Heizkreise anzusteuern. Bei keinem System der verschiedenen Hersteller besteht die Möglichkeit der Messung der Temperaturverteilung im Bauraum sowie der Schmelztemperatur während des Prozesses. Eine sehr gleichmässige Temperaturverteilung des Pulverbetts ist entscheidend für einen stabilen und wiederholgenauen Bauprozess. Auch das Erreichen der Materialkennwerte der hergestellten Bauteile wird massgeblich durch die Temperatur beeinflusst. Für ein optimales Bauteilergebn muss aber nicht nur die Temperaturverteilung des Pulverbetts stimmen, sondern es muss auch im Prozess die richtige Schmelztemperatur erreicht werden. Nur so ist es möglich, eine gleichmässig hohe Bauteilqualität zu produzieren und somit langfristig eine breite industrielle Akzeptanz von AM-Bauteilen zu schaffen.

Um hier einen entscheidenden Schritt weiter zu kommen, wurde am IWK eine neue Pulverbett- und Schmelztemperatur-Messung entwickelt. Dies ermöglicht nicht nur eine Optimierung des Prozesses, sondern zusammen mit weiteren entwickelten Massnahmen auch die Kalibrierung der Systeme untereinander. Das System

<sup>1</sup> Prof. Ulrich Büse, IWK, Fachbereichsleiter 3D-Druck / AM

<sup>2</sup> Simon Grimm, IWK, wissenschaftlicher Mitarbeiter

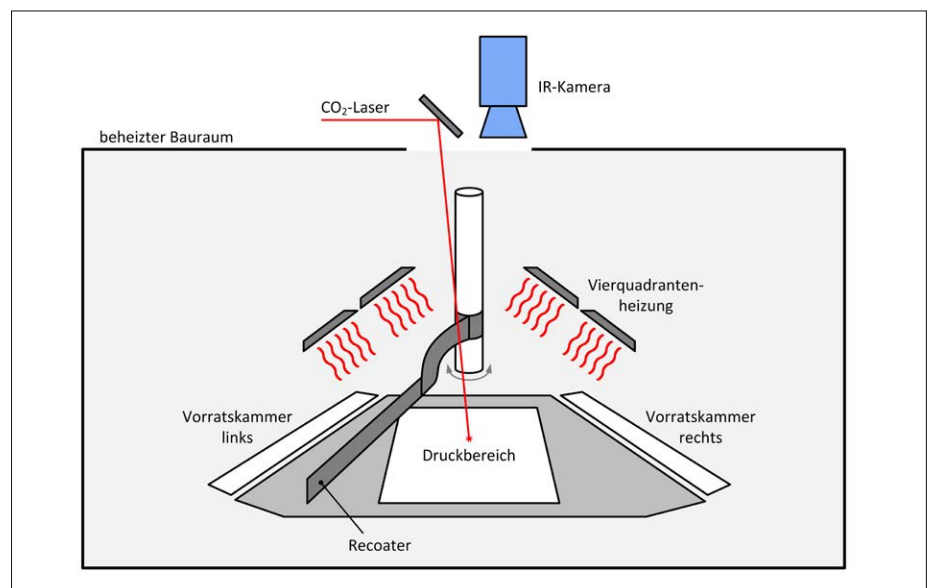


Bild 1: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus (Bilder: IWK)

wurde zunächst für eine Formiga P 110 Velocis der Firma EOS entwickelt. Dieses System besitzt vier Heizquadranten, die einzeln justiert werden können. Als Messsystem wurde eine IR-Kamera eingesetzt. Zur Integration der Kamera in die SLS-Anlage wurde eine entsprechende Halterung entworfen und additiv gefertigt. In die Halterung wurden mit Druckluft durchströmte Kanäle zur Kühlung des Kameragehäuses integriert. Um die Optik der Kamera vor Hitze und Verschmutzung zu schützen, wurde in die Halterung auch eine Quersfelddüse integriert, welche die Linse der IR-Kamera mit Stickstoff überströmt. Montiert wurde die Kamera in einer bereits vorhandenen Öffnung über der Prozesskammer. Mit Hilfe einer Software konnten die Temperaturen aufgenommen und dargestellt werden. Zur Auswertung der Daten wurden die Zeit-Temperatur-Verläufe aus der Software ausgelesen und aufbereitet.

Bild 1 zeigt schematisch die Installation der IR-Kamera.

## Temperaturverteilung im Pulverbett

Mit dem Messsystem können die Parameter der einzelnen Heizkanäle der Infrarotheizung, in diesem Falle der vier Quadranten, anhand der gemessenen Werte eingestellt werden. Bei den ersten Mes-

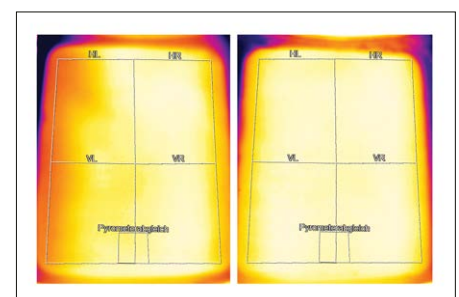


Bild 2: Temperaturverteilung vor (links) und nach (rechts) der Kalibrierung

sungen am vorhandenen System wurde ein Temperaturunterschied an der Pulveroberfläche von 10,5°C gemessen. Die Randbereiche, die tendenziell immer etwas kälter sind, wurden bei der Messung nicht berücksichtigt, sondern nur die vom Hersteller vorgegebene Baufläche. Nach einigen Korrekturschleifen konnte der Temperaturunterschied auf 1,2°C reduziert werden (Bild 2).

**Einfluss des Schichtauftrags auf die Pulvertemperatur**

Bei der EOS P 110 wird das neue Pulver aus dem Pulverbehälter von der linken Seite zugeführt. Vor dem Auftragen verweilt dieses einige Zeit in der linken Vorratskammer und wärmt sich auf. Bild 3 zeigt die Temperaturverläufe für die vier Quadranten für den Zeitraum des Pulverauftrags und der Pulveraufheizzeit.

Zu Beginn sind Temperaturausschläge nach unten beim Auftragen des neuen Pulvers zu sehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in diesem Moment der Recoater, der aus Metall ist und somit einen anderen Emissionsgrad aufweist, durchs Bild fährt. In der anschließenden Aufheizphase steigen die Temperaturen wieder auf 170°C an. An den Temperaturkurven ist gut zu erkennen, von welcher Seite das Pulver aufgetragen wurde.

Hierbei startet der Aufheizprozess auf der linken Seite früher als rechts, weil der Recoater bereits früher durchgefahren ist. Aufbauend auf diesen neuen Messmöglichkeiten soll zukünftig die Reproduzierbarkeit des Aufheizvorgangs während des gesamten Bauprozesses untersucht werden. Insbesondere der Einfluss der Pulverauftragsrichtung (von links oder rechts) auf

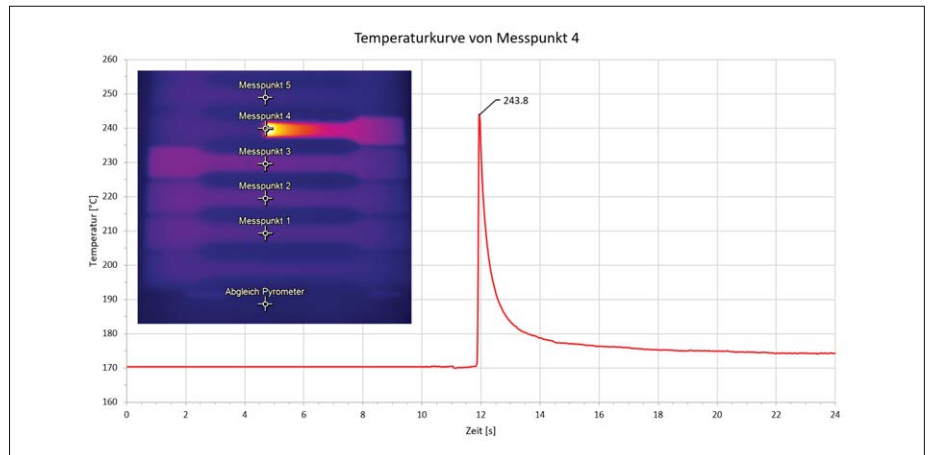


Bild 4: Temperaturverläufe beim Pulverauftrag und beim Aufheizen

das Aufheizverhalten und damit auf die Bauteileigenschaften wird analysiert.

**Online Schmelztemperaturmessung**

Zur finalen Ausrichtung der Messfelder und um erste Erfahrungen bezüglich des gesamten Messsystems zu sammeln, wurde eine Messung bei einem Baujob durchgeführt, bei dem unter anderem neun Zugstäbe gedruckt werden (Bild 4). Dieser Job soll künftig auch als der Standard für die Bestimmung der optimalen Schmelztemperatur verwendet werden. Bei den Messungen werden die Temperaturen der Schmelze der einzelnen Zugstäbe gemessen. Die angezeigten Werte liegen zwischen 170°C und 244°C. Im Diagramm (Bild 4) ist ein Beispiel einer solchen Messung abgebildet. Der Peak entsteht beim Belichten der Fläche. Das Diagramm zeigt deutlich, dass sich die Schmelze nach dem Belichten sehr schnell wieder abkühlt. Als nächster Schritt wird versucht eine Korrelation zwischen den gemessenen

nen Schmelztemperaturen und den Werten aus den Zugversuchen der einzelnen Zugstäbe herzustellen. So kann dann die optimale Schmelztemperatur für den jeweiligen Werkstoff ermittelt werden. Diese ermittelten Temperaturwerte können dann mit Hilfe des entwickelten Messtools an jeder Maschine gemessen und entsprechend eingestellt werden. So ist sichergestellt, dass an allen Maschinen der gleiche Pulverschmelzprozess stattfindet.

Diese hier vorgestellte Methode soll zum einen dazu dienen eine gleichmäßig temperierte Pulveroberfläche während des Prozesses sicher zu stellen und zum anderen eine optimale Schmelztemperatur auf allen Systemen untereinander zu gewährleisten. Zudem kann das am IWK entwickelte Tool auch verwendet werden, um für unbekannte Pulver schneller zu den entsprechenden Parametersätzen für die Bauraumtemperatur und die Laserleistung während der Belichtung zu kommen. Damit lassen sich Parameterentwicklungen von neuen oder modifizierten Pulvern anhand der live messbaren Temperaturen zukünftig einfacher durchführen. Geplant ist, die aktuell intern verfügbare Online-Temperaturmessung auch extern einzusetzen, um SLS-Systeme präzise zu kalibrieren.

**Kontakt**

IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung  
 Prof. Ulrich Büse  
 Eichwiesstrasse 18b  
 CH-8640 Rapperswil-Jona  
 +41 58 257 47 62  
 ulrich.buese@ost.ch  
 www.ost.ch/iwk

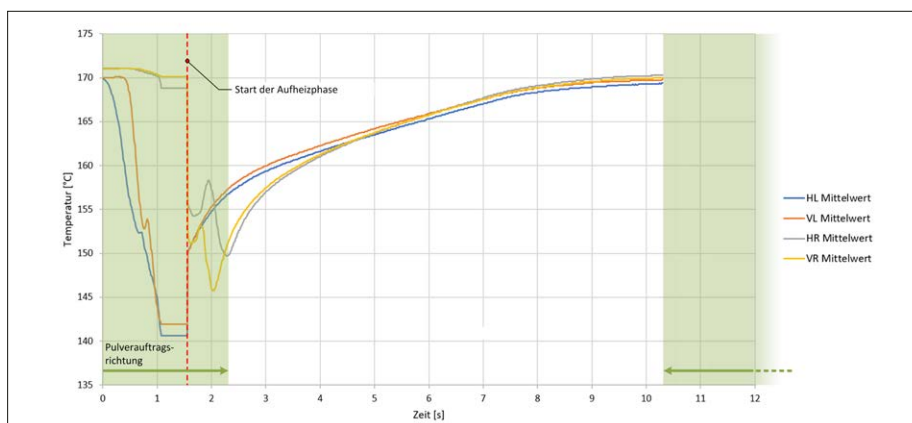


Bild 3: Temperaturverläufe während des Pulverauftrags und des Aufheizprozesses