

TOP-Forschungsprojekte 2024

Konforme Raum-Zeit Multi-Level hp Galerkin-Petrov Finite Elemente zur direkten numerischen Simulation von Pulverbettbasiertem Laserschmelzen

Professur:	Data Engineering im Bauwesen Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Kollmannsberger Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften	DFG
Laufzeit:	1. April 2024 bis 14. September 2025 (Restlaufzeit an der Bauhaus-Universität Weimar) Gesamtlaufzeit: 15. September 2023 bis 14. September 2025	
Drittmittelgeber:	DFG	
Fördersumme:	77.504,37 Euro (Übertrag aus der Fördersumme von 216.690,00 Euro)	

Beschreibung:

Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung einer neuen Diskretisierungstechnologie zur Analyse von Pulverbettbasiertem Laserschmelzen (LPBF). LPBF ist eine der wichtigsten additiven Fertigungstechnologien zur Herstellung komplex geformter, tragender Teile. Es zeichnet sich durch ein mehrskaliges Verhalten in Raum und Zeit aus. Während der Prozess eindeutig auch eine multi-physikalische Natur aufweist, ist es insbesondere die Vorhersage der thermischen Vorgeschichte, die für diesen additiven Herstellungsprozess von entscheidender Bedeutung ist. Aufgrund der erforderlichen räumlichen Auflösung sowie der zahlreichen Zeitschritte stößt die genaue Vorhersage des Wärmeverlaufs mit konventionellen Methoden jedoch an ihre Grenzen.

Die vorgeschlagene Methodik, die in diesem Projekt entwickelt werden soll, ist eine konforme Galerkin-Petrov Finite Elemente Formulierung in einer hp Variante. Diese Kombination ermöglicht auch beliebige anisotrope und lokal angepasste Polynomgrade und führt zu optimalen Konvergenzraten. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der algorithmischen Effizienz, für welche die Diskretisierung auf hierarchischen Gittern im Sinne der Multi-Level hp-Methode

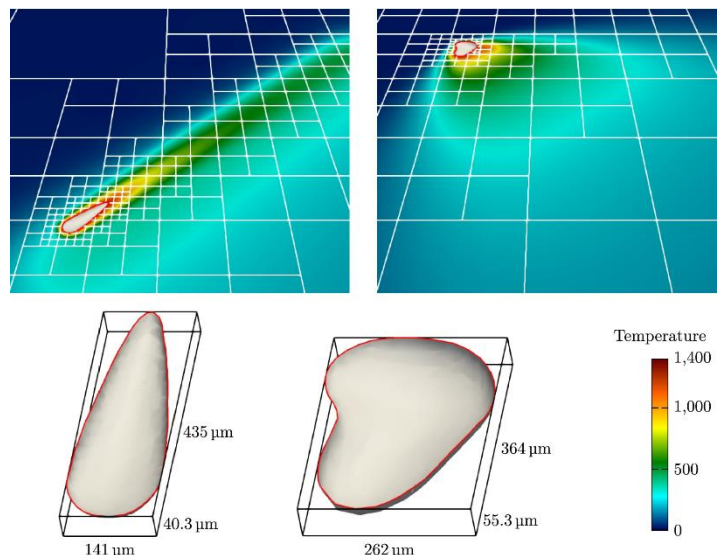


Abb.: Zwei aufeinanderfolgende Zeitschritte der Laserbewegung. Links nähert sich der Laser der oberen linken Ecke, rechts wurde diese erreicht. Die Erwärmung der Platte führt zu einer signifikanten Zunahme Schmelzfläche des Lasers und kann somit als potentielle Fehlerquelle identifiziert werden. (Quelle: [Space-time hp-finite elements for heat evolution in LPBF AM](#))

TOP-Forschungsprojekte 2024

formuliert wird. Darüber hinaus wird die vorgeschlagene Formulierung eine zeitliche Parallelisierung ermöglichen, die angesichts der in den Prozess involvierten Zeitskalen als entscheidend angesehen wird. Da eine randkonforme Diskretisierung in 4D algorithmisch auf wachsenden Gebieten nur schlecht umsetzbar ist, wird die entwickelte konforme Galerkin-Petrov Finite Elemente Formulierung auf hierarchischen Gittern mit der Finite Zellen Methode kombiniert (FCM). Die FCM ist eine Formulierung, die für nicht randkonforme Diskretisierungen hoher Ordnung die volle Erhaltung der Konvergenzraten erlaubt. Sie ermöglicht effiziente Simulationen ohne Genauigkeitsverlust, selbst wenn das zu simulierende physikalische Artefakt eine komplexe Form und Topologie besitzt. Die entwickelte Methodik wird an zahlreichen Benchmarks verifiziert, einschließlich der Analyse ihrer algorithmischen Komplexität. Zusätzlich ist eine gründliche Validierung zusammen mit dem National Institute of Science and Technology, NIST, USA, geplant. In einer zweiten Phase ist geplant, die Vorteile der Parallelisierung in der Zeitdomäne auf Hochleistungsrechnern zu nutzen, einschließlich der Entwicklung geeigneter paralleler Löser. Die Technologie wird sodann für die Simulation anderer physikalischer Phänomene und gekoppelter multiphysikalischer Probleme erweitert.

Weitere Informationen: [Professur Data Engineering im Bauwesen](#)