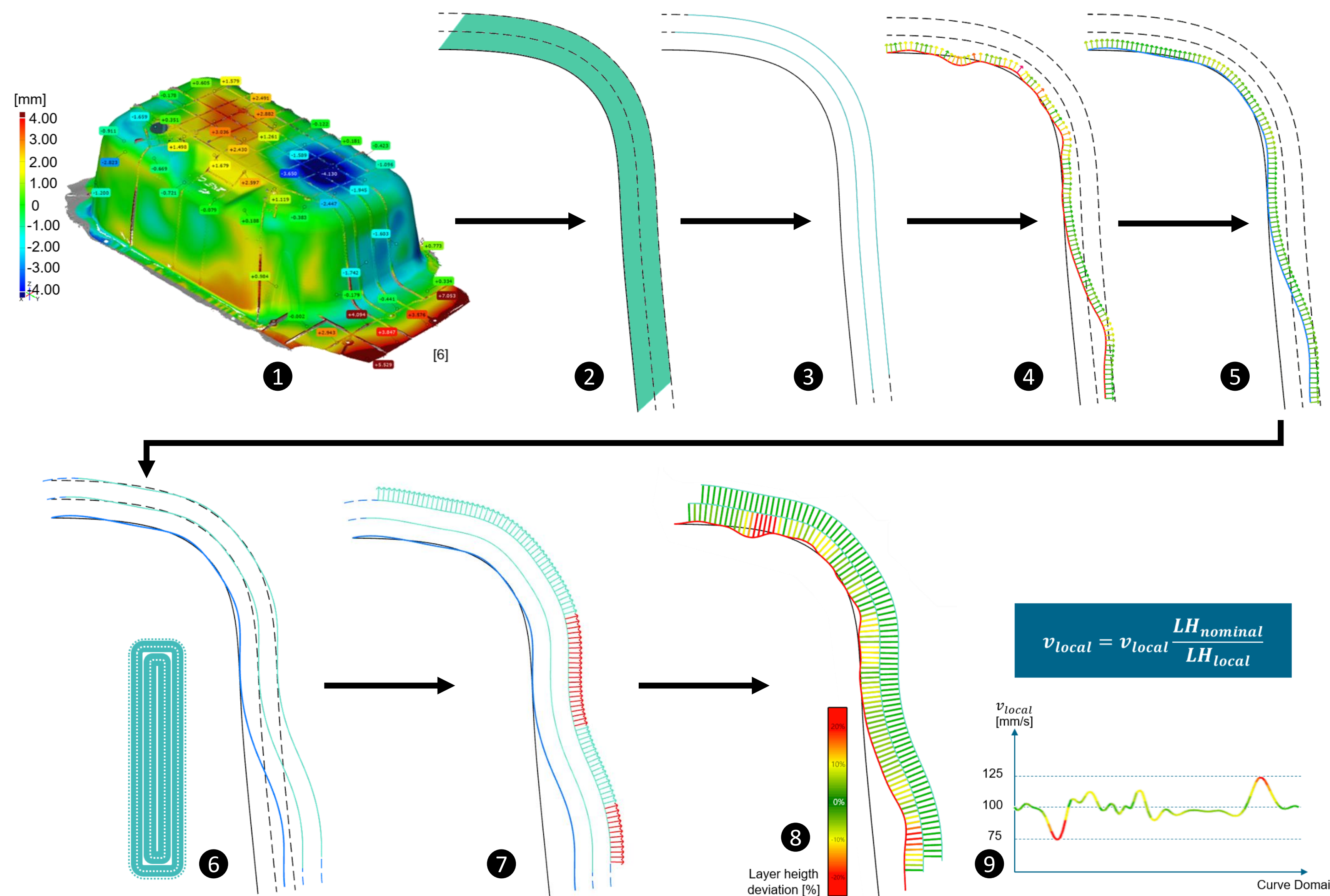


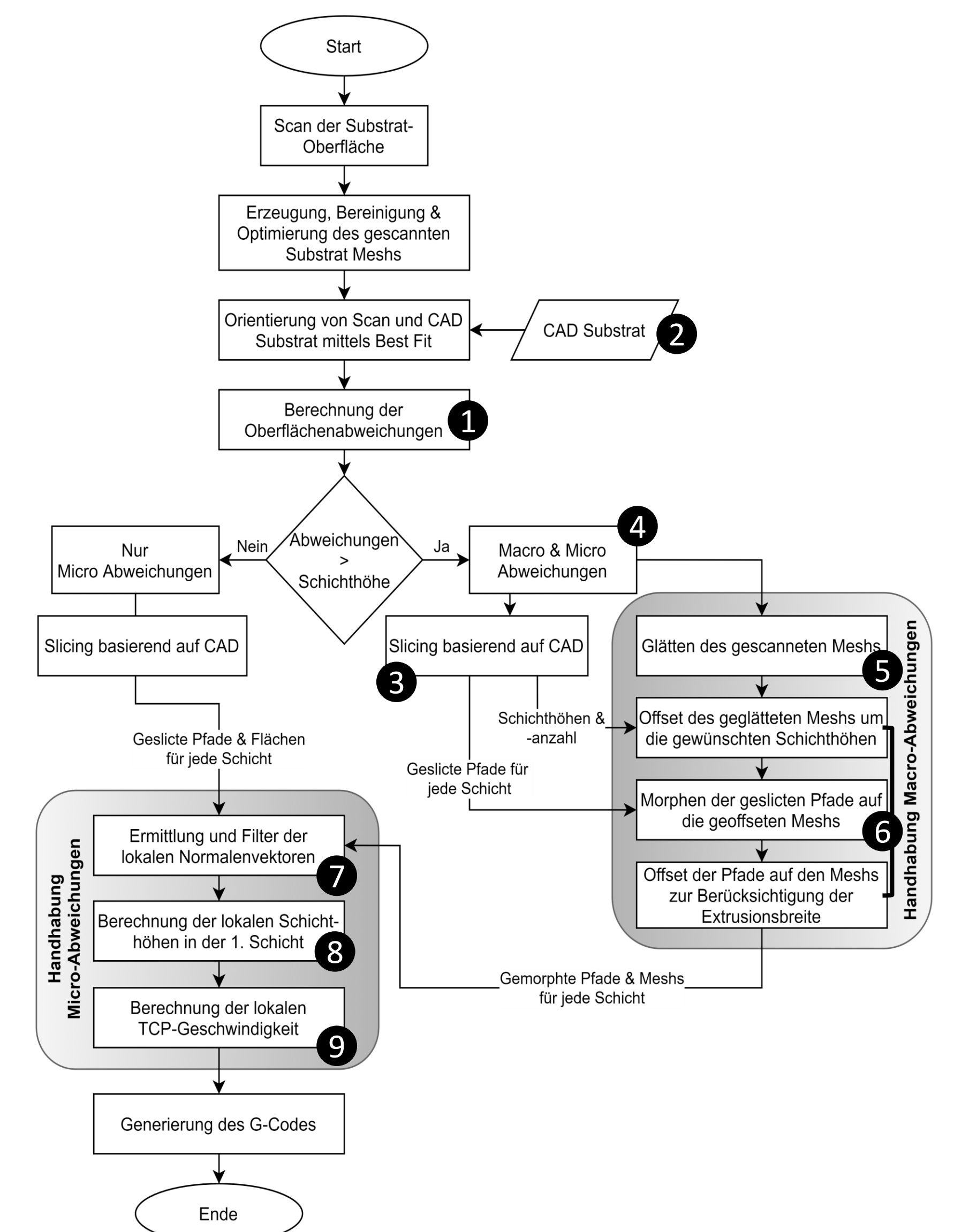
Hybride Fertigung mit Robotic Screw Extrusion Additive Manufacturing: neuartiger Slicing-Algorithmus für nicht-planare, nicht-ideale Oberflächen

Nicolas Unger^{*1}, Pradnil Kamble¹

¹Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Fahrzeugkonzepte Stuttgart
*nicolas.unger@dlr.de



Darstellung der Schritte des Algorithmus an einer einfachen 2D-Prinzipgeometrie: CAD Oberfläche (schwarz), CAD Schichten (schwarz gestrichelt), ideale zu druckende Geometrie und Schichten (türkis), reale Scan-Oberfläche (rot), geglätteter Scan-Oberfläche (blau), Darstellung der lokalen Schichthöhen, resultierende lokale TCP-Geschwindigkeit



Flow-Diagramm des neuartigen Slicing-Algorithmus

Hybride Additive Fertigung mit Industrierobotern

Die Kombination von konventionellen und additiven Fertigungsverfahren eröffnet neue Möglichkeiten zur flexiblen und wirtschaftlichen Produktion komplexer Automobilkomponenten mit variierenden Geometrien. Insbesondere das Bedrucken non-planarer Bauteile kann die kostengünstige Abbildung von Varianten oder einen effizienteren Produktentwicklungsprozess ermöglichen.

Herausforderung für Hard- und Software

Der hybride Ansatz benötigt ausreichende Freiheitsgrade seitens Positionierung und Extrusion, welche durch die Kombination von Industrierobotern und Einschneckenextrudern im Robotic SEAM-Verfahren bereitgestellt werden. Softwareseitig erfordert dies innovative Slicing- und Bahnplanungsalgorithmen für einen gezielten und sicheren Einsatz.

Diese Arbeit behandelt eine kritische Herausforderung der hybriden Fertigung: die automatisierte Erstellung geeigneter Fertigungsprogramme zum Bedrucken unregelmäßiger, nicht planarer Oberflächen, die erheblich vom idealen CAD-Input abweichen.

Automatisierte Kompensation von Mikro- und Makro-Abweichungen

Abweichungen werden basierend auf ihrer Größe relativ zur gewünschten Druckschichthöhe als Makro oder Mikro klassifiziert. Unser Slicing- und Pfadplanungsalgorithmus passt ideale Pfade an gescannte Oberflächen an, um optimierte, kollisionsfreie Bahnen zu erzeugen.

Makroabweichungen werden korrigiert, indem neue Schichtflächen durch iterative Offsets der gescannten Oberfläche erzeugt und zur Entfernung von Mikroabweichungen geglättet werden. Anschließend werden die vorab auf Basis des idealen CAD-Inputs erzeugten Schichtpfade auf die neuen Schichtflächen gemorpht.

Vergleich von idealem CAD und Scan des realen Bauteils inkl. der an den Scan gemorphten Schichtpfade



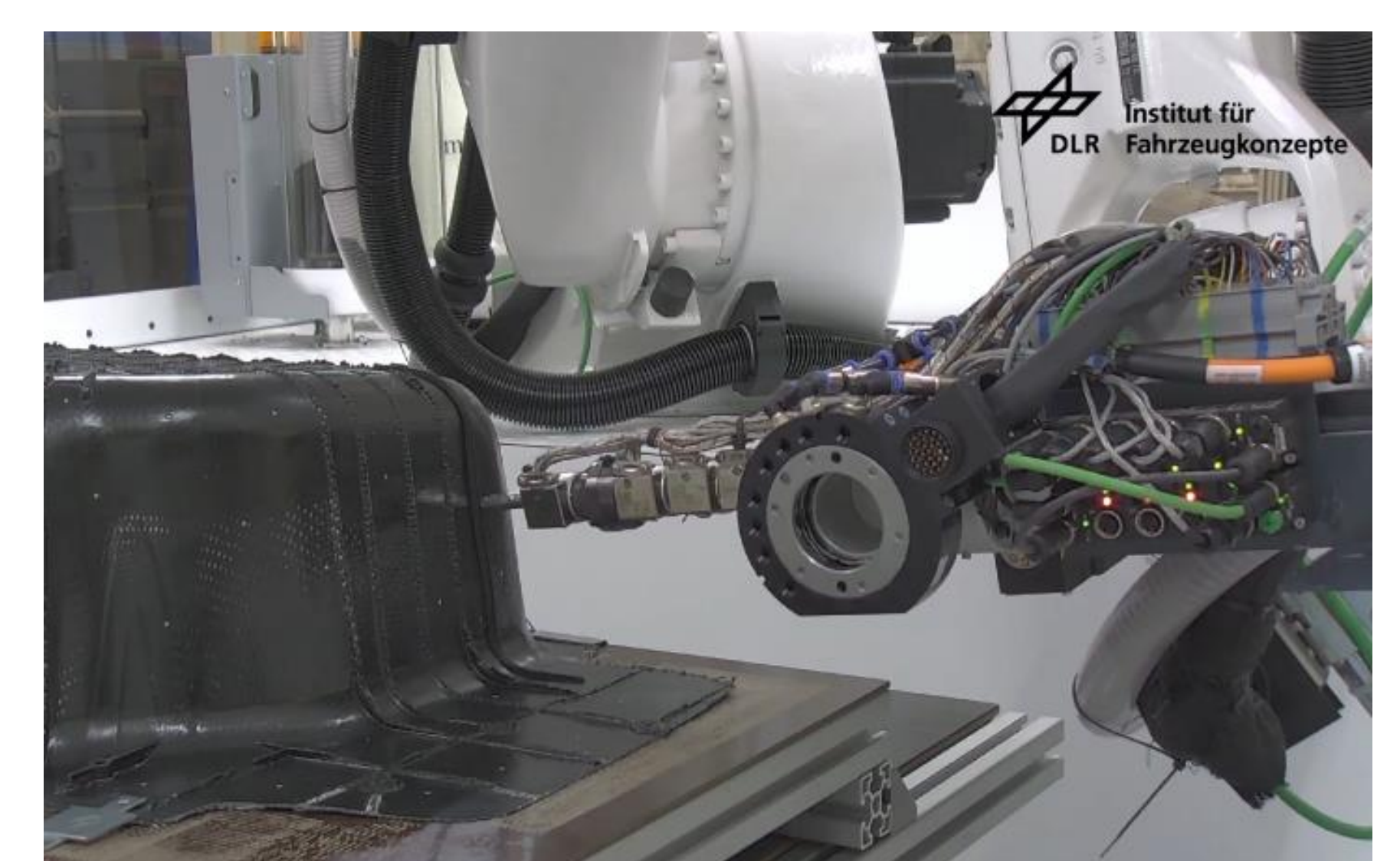
Mikroabweichungen werden dann in der ersten Schicht kompensiert, indem die lokale nicht gleichförmige Schichthöhe berechnet und die Roboter-geschwindigkeit lokal angepasst wird.

Optimierung im digitalen Anlagenzwilling

Die resultierenden glatten Roboterbahnen stellen eine gezielte lokale Stranggeometrie und eine korrekte Geometrieanpassung sicher. Zusätzlich wird der Output des Algorithmus innerhalb eines digitalen Zwillings des Fertigungssystems validiert und optimiert, um Kollisionen und Singularitäten zu vermeiden.

Die implementierten Algorithmen wurden an einer realen Automobilanwendung validiert und demonstriert.

Demonstration: Bedrucken einer Reserveradmulde mit einer Verstärkungsrippe



Die vorgestellten Ergebnisse sind ein Auszug aus der folgenden Veröffentlichung:

Unger, Nicolas und Kamble, Pradnil und Huse, Timo (2024) Novel Slicing Algorithm for Hybrid Manufacturing on Non-Planar Surfaces with Robotic SEAM. Springer Nature. Stuttgart Conference on Automotive Production 2024, 2024-11-20 - 2024-11-22, Stuttgart, Deutschland