

Optimierte Detektion von kritischen Defekten in 3D-Druck Bauteilen mittels μ CT

Katharina BLIEDTNER, Polina DEDYAEVA, Frank HEROLD

¹ VisiConsult X-ray Systems & Solutions GmbH, Stockelsdorf

Kontakt E-Mail: k.bliedtner@visiconsult.de

Kurzfassung

Für die Qualitätssicherung von Metall 3D-Druck-Bauteilen kommen mehrere Techniken zum Einsatz und meist werden Begleitbauteile für eine anschließende zerstörende Prüfung gedruckt. Diese aufwendige Qualitätssicherung steht in vielen Fällen dem wirtschaftlichen Einsatz von 3D-Druck Technologien, die als besonders energie- und ressourcenschonend gilt, im Weg.

Durch den Einsatz von Mikro-Computertomographie (μ CT) Scans lassen sich auch komplexe Bauteile direkt auf Defekte untersuchen. Typischerweise treten drei Fehlerarten auf, von denen Gasporositäten und Einschlüsse mittels μ CT gut erkennbar sind. Lack-of-Fusion Poren hingegen, die durch mangelnde Schichtanbindung im Druckprozess entstehen, sind richtungsabhängig aufgrund sehr geringer Kontrastunterschiede nur schwer zu erkennen.

Diese Studie untersucht im Rahmen des öffentlich geförderten Forschungsprojektes ENABL3D Methoden zur optimierten Detektion dieser Lack-of-Fusion Defekte. Dazu wird zunächst die Hardware und die CT-Rekonstruktion optimiert. Zusätzlich werden unterschiedliche Algorithmen auf Projektions- und Volumendaten angewendet, um Rauschen zu reduzieren, Signalanteile von ebendiesen zu trennen und den Kontrast der Defekte zu optimieren.

Die so detektierten Defekte werden anhand von mikroskopischen Querschnittsbildern geschliffener Probekörper (Schliffproben) mit den tatsächlichen Defekten überprüft. Somit wird das Potenzial der untersuchten Algorithmen objektiv verglichen und deren Parameter werden optimiert.

Hiermit konnte an Beispielbauteilen gezeigt werden, ob diese additiv gefertigte Metallkomponenten frei von kritischen Defekten sind, was für die Anwendung dieser Technologie insbesondere in stark regulierten Branchen wie der Medizin-, Luft- und Raumfahrtindustrie von großer Bedeutung ist.

Optimierte Detektion von kritischen Defekten in 3D - Druck Bauteilen mittels μ CT



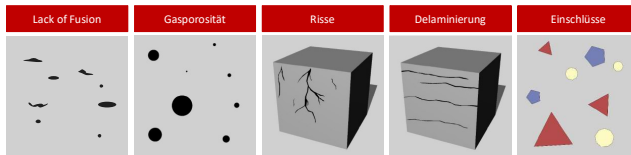
VisiConsult
X-ray Systems & Solutions

Motivation

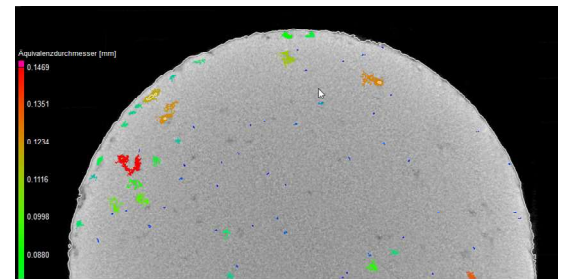
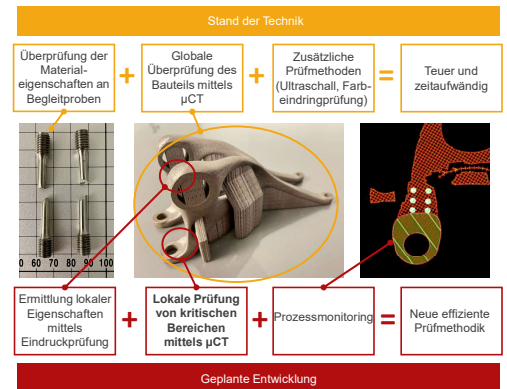
Für die Qualitätssicherung von Metall 3D-Druck-Bauteilen kommen mehrere Techniken zum Einsatz und meist werden Begleitproben für eine anschließende zerstörende Prüfung gedruckt. Diese aufwendige Qualitätssicherung steht in vielen Fällen dem wirtschaftlichen Einsatz von 3D-Druck Technologien, die als besonders energie- und ressourcenschonend gilt, im Weg.

Durch den Einsatz von Mikro-Computertomographie (μ CT) Scans lassen sich auch komplexe Bauteile direkt auf Defekte untersuchen. Typischerweise treten drei Fehlerarten auf, von denen Gasporositäten und Einschlüsse mittels μ CT gut erkennbar sind. Lack-of-Fusion Poren hingegen, die durch mangelnde Schichtanbindung im Druckprozess entstehen, sind richtungsabhängig aufgrund sehr geringer Kontrastunterschiede nur schwer zu erkennen.

Diese Studie untersucht im Rahmen des öffentlich geförderten Forschungsprojektes ENABL3D Methoden zur optimierten Detektion dieser Lack-of-Fusion Defekte.

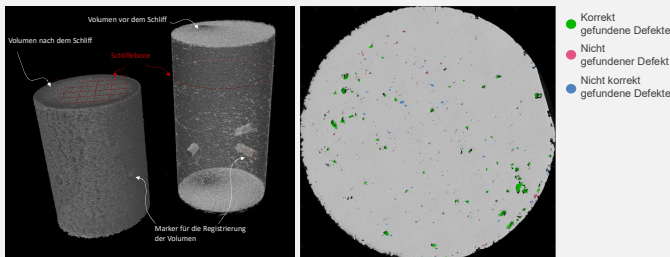


Defektypen der Additiven Fertigung



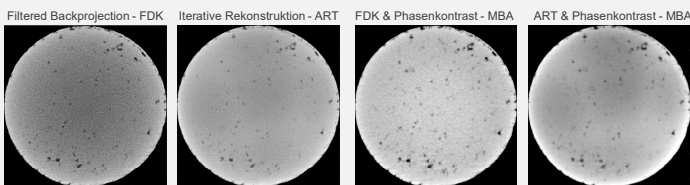
Goldstandard der Defekterkennung – nicht alle Defekte werden gefunden

Methoden



Registrierung CT Volumen vor und nach dem Schliff zur Detektion der Schliffebene

Mikroskopisches Querschnittbild mit überlagert Segmentierung aus der CT-Schicht



Registrierte Schliffebene nach unterschiedlicher Vorfilterung und Rekonstruktion

Registrierung

Zuerst muss die korrekte Schicht im CT-Volumen gefunden werden, um die tatsächlichen Fehler, die in den mikroskopischen Querschnittsbildern geschliffener Probekörper (Schliffproben) zu erkennen sind, mit denen im CT-Volumen zu vergleichen. Dazu wird das Testobjekt vor und nach dem Schliff gescannt und beide Volumen über gedruckte Marker registriert, wodurch die korrekte Schicht im initialen Volumen präzise gefunden werden kann.

Filterung & Segmentierungsranking

Zur Optimierung des Kontrastes und zur Rauschreduktion wurde zuerst neben der klassischen Filtered Backprojection Rekonstruktion (FDK) eine iterative Methode (ART) eingesetzt. Weiterhin wurden Phasenkontrast-Filtermethoden (MBA) auf die Projektionsbilder angewandt. Die Anpassung von Filter- und Rekonstruktionsparametern erfolgte manuell, um folgende Metriken zur Bewertung der Segmentierung zu optimieren:

- Gefundene Defekte
- Gefundene Defekt-Pixel
- Hausdorff Distanz- HD (maximaler Abstand zweier Defektgrenzen)
- Dice Score Koeffizient - DSC (Überlappungsbereich von zwei binären Masken aus der Segmentierung)

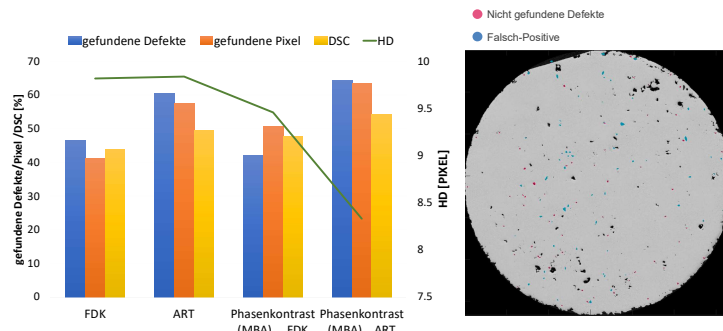
Die Segmentierung erfolgte über eine adaptive Schwellenwertmethode.

Ergebnisse und Ausblick

Durch die iterative Rekonstruktion lässt sich der Kontrast deutlich verbessern und das Rauschen reduzieren. Durch eine weitere Vorfilterung konnte die Segmentierung noch weiter verbessert werden. Es werden deutlich mehr Defekte und Defekt-Pixel korrekt gefunden und Falsch-Positive werden reduziert, was sich in der verringerten Hausdorff Distanz (HD) widerspiegelt.

Es wird allerdings noch keine optimale Segmentierung erreicht. Nicht gefundene Defekte sind meist klein (~ 7 Pixel) und gruppieren sich in einer Region, was auf eine unzureichende Registrierung hindeuten könnte.

Daher wird im weiteren Verlauf des Projektes an einer Optimierung der gedruckten Marker für eine bessere Volumenregistrierung gearbeitet. Weitere Filter- und Segmentierungsmethoden sind in der Erprobung. Zusätzlich soll Hardware optimiert werden, z. B. mit direktkonvertierenden Detektoren und einer verbesserten Geometrie für den Phasenkontrast.



Katharina BLIEDTNER, Polina DEDYAEVA, Frank HEROLD
VisiConsult X-ray Systems & Solutions GmbH
Brandenbrooker Weg 2-4, 23617 Stockelsdorf
Kontakt E-Mail: k.bliedtnr@visiconsult.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Förderkennzeichen: 01LS00008