

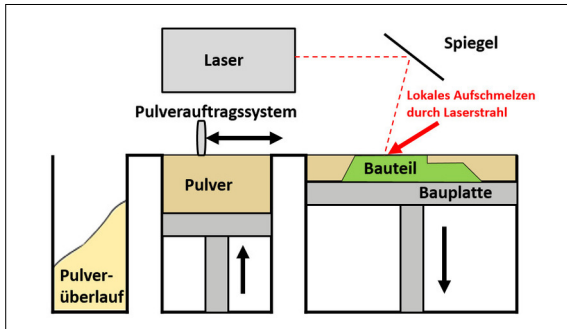


Roman Gantenbein

Diplomand	Roman Gantenbein
Examinator	Prof. Dr. Hanspeter Gysin
Experte	Prof. Dr. Hans Gut, MAN Diesel & Turbo Schweiz AG, Zürich, ZH
Themengebiet	Simulationstechnik
Projektpartner	Ecoparts AG, Rüti, ZH

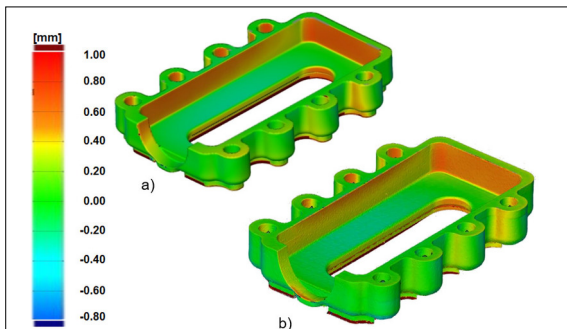
# Simulation des Additive Manufacturing Prozesses bei Metallen

## Einstieg in die Technologie und Erfahrungsaufbau



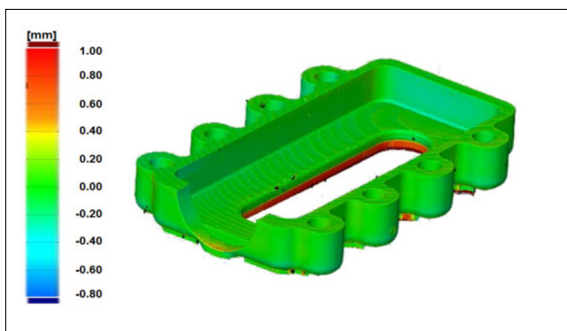
Technologieprinzip des Schichtbauverfahrens

**Ausgangslage:** Die Begriffe Additive Manufacturing (AM), Rapid Prototyping oder 3D-Drucken sind nur einige von vielen Begriffen, welche für die Technologie der Schichtbauverfahren und ihre Anwendungen verwendet werden. Sämtliche Begriffe meinen im Wesentlichen das Gleiche und versprechen dem Anwender die direkte Herstellung von Bauteilen aus elektronischen Daten ohne formgebende Werkzeuge. Speziell bei der Herstellung mit Metallen treten aufgrund der hohen Temperaturen während dem Herstellungsprozess hoher Verzug und grosse Eigenspannungen auf. Dies führt dazu, dass gerade bei unerfahrenen Technologieanwendern mehrere Versuche zur Herstellung des gewünschten Bauteiles nötig sind. Zur Reduktion von Prozessschritten und Kosten, arbeiten FE-Softwareanbieter an Methoden für eine effiziente und zuverlässige Simulation des AM-Prozesses. Einer dieser Lösungen soll im Rahmen dieser Arbeit anhand unterschiedlicher Bauteilen auf ihre Praxistauglichkeit untersucht werden.



a) Prognostizierter Verzug aus Simulation b) Gemessener Verzug am additiv hergestellten Bauteil

**Ergebnis:** Der Vergleich zwischen den Ergebnissen der Simulation und des realen Herstellungsprozesses hat aufgezeigt, dass Simulationstools wie z. B. SIMUFACT ADDITIVE über grosses Potential verfügen. Basierend auf der Finite-Elemente-Methode, können Ergebnisse erzielt werden, welche die Realität gut abbilden können. Dennoch zeigte sich, dass die Software gerade in der thermo-mechanischen Simulation einige Schwachstellen enthält. So konnten bei einigen Eingabeparameter keine Verfahren ausgemacht werden, wie diese ermittelbar sind. Speziell im Umgang mit den Stützstrukturen bestehen einige Unsicherheiten, welche durch den Simulationsansatz, der mehrere Bearbeitungsebenen zusammenfasst, entstehen. Aufgrund des hohen Simulationsaufwandes, welcher betrieben werden muss, um zu vernünftigen Ergebnissen zu gelangen, kann diese Methode für erfahrene AM-Hersteller nicht zu einer merklichen Verbesserung des Fertigungsprozesses führen.



Gemessener Verzug an einem aus der Simulation optimierten, additiv hergestelltem Bauteil

**Fazit:** Die Anwendung der Simulationssoftware hat gezeigt, dass einige Vereinfachungen zur numerischen Simulation des Herstellungsprozesses nötig sind, damit vernünftige Berechnungszeiten erreicht werden können. Trotzdem stimmen die Berechnungsergebnisse gut mit den Ergebnissen der Bauteilherstellung überein. Durch die Möglichkeit der Vordeformation basierend aus den Simulationsergebnissen, konnten die resultierenden Bauteilabweichungen deutlich reduziert werden. Dennoch machten sich einige Schwierigkeiten bemerkbar, welche es im Umgang mit der Simulation des AM-Prozesses zu meistern gilt. So bedingt die Ermittlung der Materialeigenschaften die Anwendung sehr aufwändiger Prüfverfahren. Ausserdem müssen für einige nur sehr schwierig zu ermittelnde Prozessbedingungen, welche zur thermo-mechanischen Simulation des Prozesses benötigt werden, Vereinfachungen getroffen werden. Diese können erhebliche Einflüsse auf das Ergebnis der Simulation haben, wie anhand einer Sensitivitätsanalyse aufgezeigt werden konnte. Die Prozessbedingungen haben auch in der Realität einen erheblichen Einfluss auf die Bauteilqualität, wie ebenfalls anhand unterschiedlicher Analysen gezeigt werden konnte. Ziel der Softwarehersteller muss es in Zukunft sein, den AM-Herstellern deutlichere Zeit- und Kostenersparnisse durch die Anwendung von Simulationsprogrammen zu ermöglichen.