

Optische Deformationsanalyse

Optische Deformationsmessung und dessen Validierung mittels physikalischer Simulation und einem virtuellen Labor

Motivation

Die optische Deformationsmessung bietet eine kostengünstige und flexible Alternative zu LIDAR, um Partikelströme in Bildern zu verfolgen. Die zentrale Aufgabe besteht darin, die Bewegung eines Punktes über einen bestimmten Zeitraum zu verfolgen, d. h. über eine Reihe von Bildern, die zu unterschiedlichen Zeiten aufgenommen wurden. Beginnend mit dem Horn-Schunck-Algorithmus in den frühen 1980er Jahren hat sich eine Vielzahl digitaler Bildkorrelationsalgorithmen entwickelt, um eine Lösung für das schwierige Problem der Zuordnung von Punkten in aufeinanderfolgenden Bildern zu finden. Sie haben vielfältige Anwendungen in der Materialcharakterisierung gefunden, insbesondere bei der Dehnungsanalyse und Risserkennung. Trotz erheblicher Fortschritte bleiben kritische Herausforderungen bestehen, wie z. B. zuverlässige Analysen dreidimensionaler Objekte, optimale Parameterauswahl, ausreichend genaue Dehnungsrechnung sowie der Umgang mit Ungenauigkeiten. Darüber hinaus versagen herkömmliche Block-Matching-DIC-Algorithmen bei Diskontinuitäten wie Rissen. Speziell entwickelte globale Algorithmen, die Diskontinuitäten erfolgreicher handhaben, wie z. B. die TV-Regularisierung, lassen immer noch eine Erweiterung auf Stereoumgebungen mit mehreren Kameras zu. Darüber hinaus gibt es keinen umfassenden Validierungsrahmen, um den Einfluss von Umgebungsfaktoren wie Beleuchtung oder Geometrie auf die Präzision zu untersuchen.

Ziele

Genau dieser Forschungsfrage geht das utg im Rahmen eines DFG-Projekts nach. Wir sammeln simulierte Daten aus dem Nakajima-Experiment, bei dem ein Stempel Druck auf ein Metallblech ausübt, das sich unter der Belastung verformt und schließlich reißt. Wir simulieren verformte Bleche mit LSDyna und untersuchen Verformung, Dehnung und das Rissverhalten mit

dem Total-Variation (TV) DIC-Algorithmus. Darüber hinaus erstellen wir ein virtuelles Labor, in dem synthetische Bilder basierend auf benutzerdefinierten Lichtverhältnissen und Speckle-Mustern gerendert werden. Die 3-dimensionale Verformung jedes Punkts in der Probe wird auf die Kamera projiziert, was zu einem Ground-Truth-Bild des optischen Flusses führt. Durch den Vergleich mit unserem berechneten optischen Fluss können wir die Präzision unseres Frameworks untersuchen.

Figure 1: LSDyna: Beim simulierten Nakajima-Experiment wird ein Blech durch einen Stempel verformt.

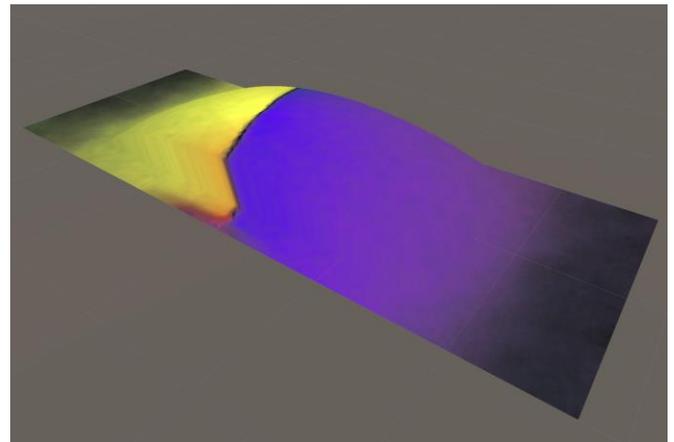


Figure 2: Rekonstruierte Oberfläche einer Probe, optischer Fluss wird über eine Farbkarte angezeigt, auf der der Riss deutlich sichtbar ist.

