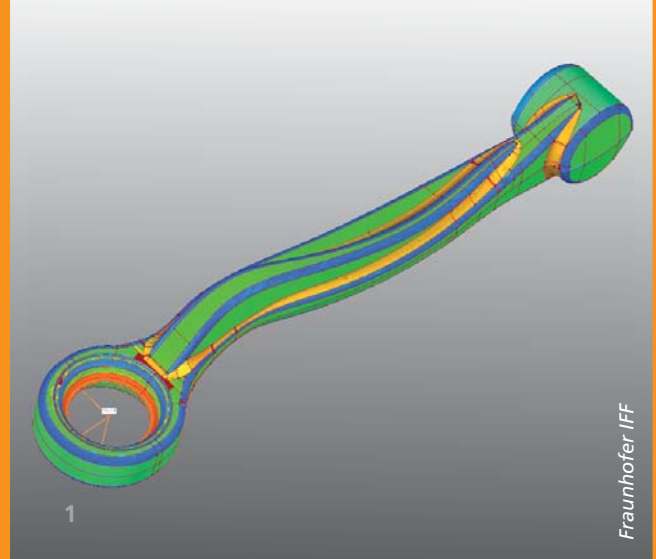




FLEXIBLE MODELLBASIERTE OBERFLÄCHEN- PRÜFUNG NICHTLINEARER GEOMETRIEN

Motivation

In zunehmendem Maße werden in neu entwickelten Produkten neue, sehr leichte Materialien eingesetzt. Das ermöglicht die Fertigung von kundenindividuellen Leichtbauteilen mit freigeformten und damit auch gewichts- und volumenoptimierten Geometrien. Damit verbunden sind jedoch aufwendigere Fertigungsverfahren, denn die optimierten Querschnitte haben meist enge Formtoleranzen und stellen hohe Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit. Geometrische Defekte und Oberflächenfehler, wie Kratzer, Schlagstellen und Blasen, müssen möglichst im Fertigungsprozess sicher erkannt werden. Für solche nichttrivialen Geometrien haben sich bisher noch keine optischen Prüftechnologien durchgesetzt.

Stand der Technik ist heute, dass optisch prüfende Systeme die Oberflächen- und Geometriedefekte erst nach einer zeit- und dadurch kostenaufwendigen Einlernphase erkennen. Hierfür müssen zuvor für jeden Bauteiltyp, Fehlertyp und Fehlerort Prüfgrenzen anhand von Musterteilen definiert werden. Praktisch bedeutet das, ausreichend Grenzmusterteile zu sammeln, die entweder gerade noch akzeptabel oder gerade nicht mehr akzeptabel sind. Das kann mehrere Wochen bis Monate dauern, da sich moderne Produktionsverfahren durch eine sehr hohe Prozessstabilität mit Fehlerraten im Promillebereich auszeichnen. Deshalb steht diese Vorgehensweise der Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung von kundenindividuellen Bauteilen aus Leichtbaumaterialien entgegen.

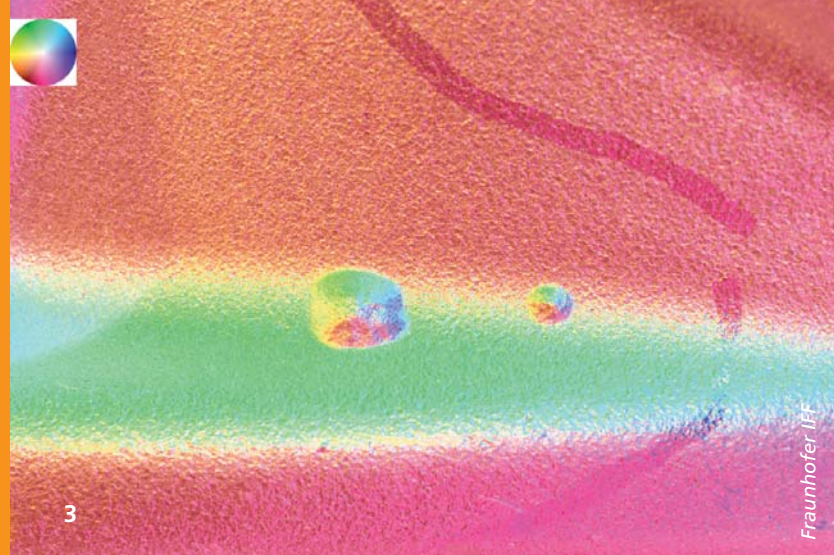
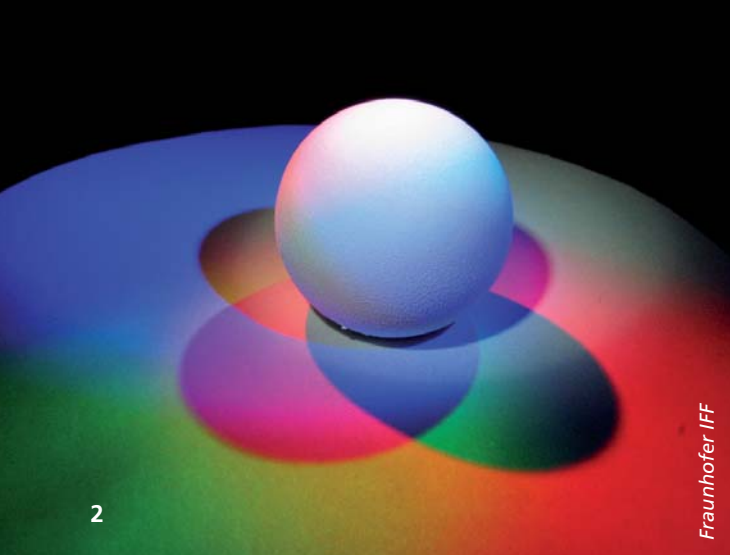
Zielstellung

Mit diesem Forschungsvorhaben sollten die methodischen Grundlagen geschaffen werden, Oberflächen- und Geometriedefekte auf freigeformten Leichtbauteilen vollautomatisch mithilfe optisch messender und prüfender Technologien zu erkennen und zu analysieren. Mit den gegenwärtig verfügbaren Ansätzen ist eine automatisierte Oberflächenprüfung von nicht flachen Bauteilen mit hoher Variantenvielfalt und geringen Stückzahlen nicht möglich. Ziel war es deshalb, diese technologische Lücke zu schließen und innovative Verfahren der Defekterkennung auf Freiformflächen anhand gegebener CAD-Modellinformationen zu entwickeln.

Lösungskonzept

Eine maßgebliche Herausforderung für die optische Prüfung freigeformter Bauteile ist die meist nichtlineare Geometrie der Oberfläche. Neue Verfahren der optischen Oberflächenabtastung müssen daher mit form- und sichtabhängigen Schattierungen und Verzeichnungen umgehen können, die zu erkennende Oberflächendefekte überlagern.

- 1 *Farblich codierte Oberflächenkrümmungen auf einem Freiform-Bauteil.*
- 2 *Einmessen der Lichtquellen des photometrischen Sensorsystems.*
- 3 *Erkennen von Oberflächendefekten anhand der Normalenvektoren.*



Zur Lösung dieser technologischen Herausforderungen wurde ein Sensorsystem inkl. einer Algorithmik entwickelt, das die Prinzipien der Photometrie mit denen der Photogrammetrie kombiniert. Dabei nutzt der photometrische Sensor acht Lichtquellen, um einen Oberflächenpunkt aus unterschiedlichen Perspektiven zu beleuchten. Je nach Ausrichtung der Oberfläche zur Lichtquelle ist die aus einer festen Betrachtungsrichtung erfasste Reflexion für die acht Beleuchtungen unterschiedlich bezüglich ihrer Intensität und Ausprägung. Unter Anwendung der Regeln des Lambert'schen Gesetzes wird der Normalenvektor aus den acht Helligkeiten rekonstruiert und die form- und sichtabhängige Schattierung wird beseitigt. Im Ergebnis steht ein Bild zur Verfügung, das mit Methoden der industriellen Bildverarbeitung analysiert werden kann. Zusätzlich gibt die Kenntnis über die Normalenvektoren Aufschluss über die lokale Änderung der Oberfläche und unterstützt damit die Auswerte-Algorithmik.

Defekte mit starken geometrischen Ausprägungen können nicht allein durch die Photometrie erkannt werden. Hier wird das photogrammetrische Subsystem eingesetzt, das zusätzlich 3D-Messpunkte auf der Oberfläche generiert. Da jedoch Freiformflächen mit unregelmäßigen Geometrien betrachtet werden, gibt die Form selbst noch keinen Aufschluss über mögliche Geometriedefekte. Krümmungsmerkmale, wie Kanten und Ecken, werden als signifikante Merkmale von der Algorithmik extrahiert. Ob diese Merkmale geometrische Defekte beschreiben, ist zunächst unbekannt. Hier kommt der neu entwickelte modellbasierte Prüfansatz zum Einsatz, bei dem anhand der geometrischen Soll-Information aus dem CAD-Modell und der messtechnischen Überlagerung mit den erfassten 3D-Daten geometrische Unterschiede erkannt und als Defekte klassifiziert werden.

Nutzen

Die bereits erreichten und noch ausstehenden Entwicklungen bieten erstmals die Möglichkeit, freigeformte Geometrien, die insbesondere bei der Fertigung von Leichtbauteilen auftreten, im Produktionsprozess zu prüfen. Der hier angewandte technologisch neue Ansatz des modellbasierten Prüfens stützt sich dabei auf CAD-Soll-Informationen, die in modernen Produktionsprozessen zur Verfügung stehen. Dadurch ist es möglich, den Mess- und Prüfprozess maßgeblich über digitale Modelle durchzuführen und den Einlernaufwand signifikant zu verringern. Letztlich werden die Produktion und die Qualitätsprüfung kundenindividueller Bauteile, Kleinserien und Bauteilserien mit hoher geometrischer Varianz wirtschaftlich möglich.

Ansprechpartner im Geschäftsfeld

Mess- und Prüftechnik

Dr.-Ing. Christian Teutsch
Telefon +49 391 4090-239 | Fax +49 391 4090-93-239
christian.teutsch@iff.fraunhofer.de

Förderung

Das Projekt »Modellbasierte flexible Oberflächenprüfung von Leichtbaustoffen (MOFLEX)« wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Sachsen-Anhalt finanziert. (Förderkennzeichen 6060240706)