

Entwicklung eines Messverfahrens zur Produktionskontrolle von Schuhinnenmaßen mit Hilfe der Computertomographie

Dr. Monika Richter

Die Schuhindustrie ist bemüht, den Kunden passendes Schuhwerk zur Verfügung zu stellen. Großer Aufwand wird in die Entwicklung der Leisten gesteckt, die die Basis für die gesamte Schuhproduktion bilden. Sie liefern auch die Form für die fertigen Schuhe. Bisher war es aber nicht möglich, den Schuhinnenraum zerstörungsfrei zu messen, um überprüfen zu können, ob die produzierten Schuhe tatsächlich die Maße des Leistens aufweisen. Messungen hatten ergeben, dass dies nicht bei allen Schuhen tatsächlich der Fall war.

Das Forschungsprojekt 15269 hatte sich zur Aufgabe gestellt zu untersuchen, ob es möglich ist, mit Hilfe der Computertomographie ein geeignetes Verfahren zur zerstörungsfreien Vermessung des Schuhinnenraums zu entwickeln. Die Auswertung der Daten sollte automatisiert werden, um auch große Mengen an Schuhen messen und deren CT-Daten auswerten zu können. Gleichzeitig sollte auch der Vergleich mit den Leistenmaßen möglich sein. Die Ergebnisse des Vergleichs sollten graphisch dargestellt werden.

In das Projekt waren neben dem Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V. auch die Radiologie der Universität Tübingen, die FH Stralsund und die Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik aus Berlin involviert.

Voraussetzung für die Entwicklung eines Messverfahrens war die Festlegung geeigneter Maße im Schuh, die sowohl einen Vergleich mit dem Leisten als Form, aber auch mit dem Fuß als zu bekleidendes Objekt ermöglichten. Die ersten Testmessungen der Schuhe lieferten Bilder die zeigten, dass der Schuh ein sehr kompliziertes Messobjekt ist. Die am Leisten noch einfach zu definierenden und zu messenden Maße waren am Schuh nicht so einfach zu finden. Eine Ursache ist, dass der Schuh eine Kombination verschiedener Materialien ist, die in verschiedenen Dicken und Ebenen miteinander verbunden sind. Dadurch ergeben sich von außen nicht sichtbare Hohlräume, Unebenheiten und unscharfe Übergänge, die das Finden definierter Messpunkte erschweren, wie im Bild 1 zu sehen ist. Im Rahmen des Projektes konnte aber eine geeignete Methode zur Definition von Messstrecken und Punkten gefunden werden.

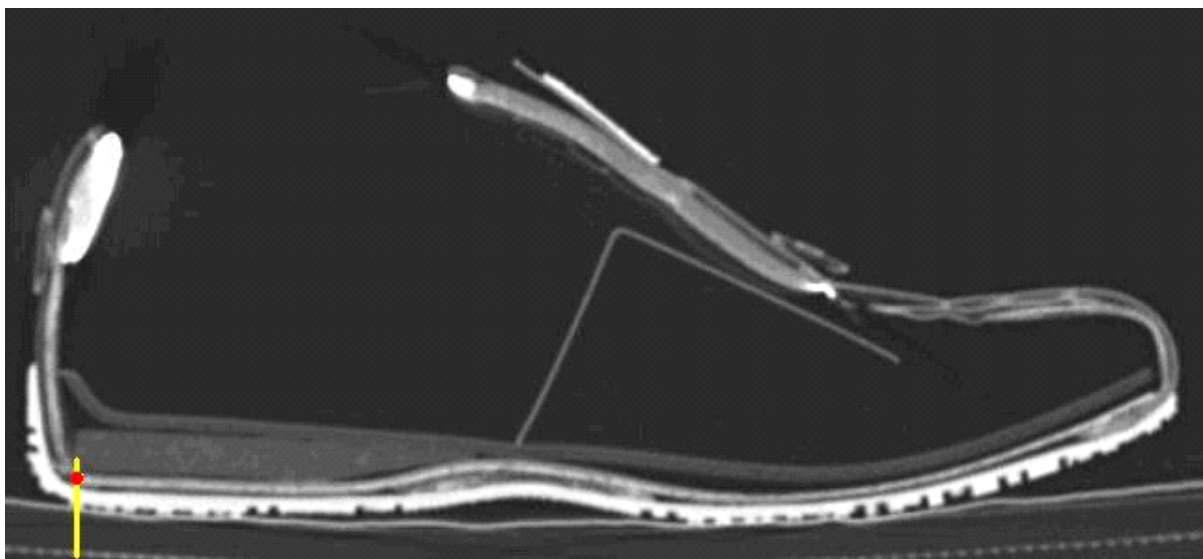


Bild 1: Bild eines Schuhes mit CT-Gerät gemessen

Die Messungen wurden mit einem Human-CT durchgeführt. Der Messvorgang wurde an die spezifischen Anforderungen von Schuhmessungen angepasst. Die verschiedensten

Schuhtypen, unterschiedlichste Materialien und Schuhgrößen wurden mit dem CT gemessen. Im Rahmen der Untersuchungen konnten prinzipiell keine Einschränkungen festgestellt werden, die eine Vermessung mit dieser Technologie verhindern. Allerdings müssen verschiedene Schuhe für die Messung vorbereitet werden. Der Messaufwand richtet sich nach der Art und der Menge der Messstellen.

Ausgehend von diesen CT-Datensätzen wurde untersucht, ob eine Automatisierung der Datenauswertung möglich ist. Einschränkungen können Artefakte sein, die z.B. durch Metallteile im Schuh hervorgerufen werden können (siehe Bild 2).

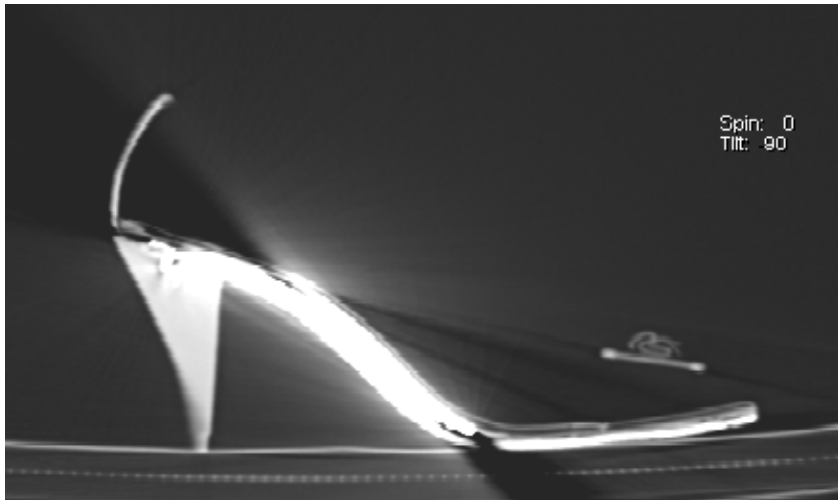


Bild 2: Artefakte im Schuh, hervorgerufen durch Metallteile z.B. für die Absatzbefestigung

Die Ergebnisse zeigen, dass diese Zielstellung erreicht wurde. Eine entsprechende Software wurde entwickelt. Diese identifiziert aus der Datenmenge den Schuh (siehe Bild 3), seine Längsorientierung und ermittelt dann den Schuhinnenraum, der Ausgangspunkt für alle weiteren Messungen ist.

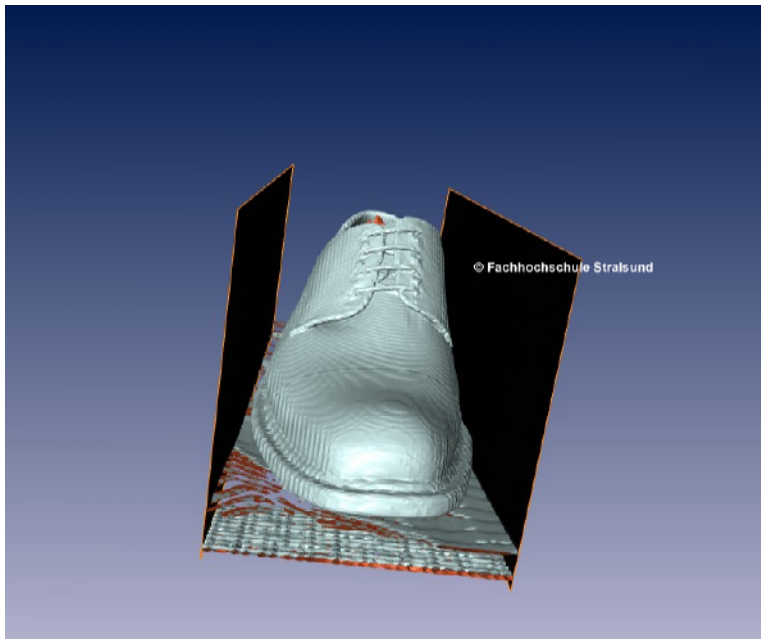


Bild 3: Einzelschuhdarstellung

Auch die Zielstellung, der Vergleich des Schuhinnenraums mit dem Leisten wurde realisiert. Dafür konnte eine entsprechende Software entwickelt werden. Voraussetzung für die Auswertung des Schuh-Volumens und des Innenraumes ist auch hier die algorithmische

Separierung der durch den Innenschuh definierten Begrenzungsfläche und die Generierung einer mathematischen Beschreibung derselben. Dies ist bei Schuhen schwierig, da es keinen geschlossenen Binnenraum gibt. Um die Begrenzung des Innenraums zu finden, werden deshalb in der virtuellen Szene mit allen triangulierten Flächen (Innen- und Außenbereich) nach dem Schwerpunkt weitere Stützpunkte verteilt, von denen aus die jeweils innen liegenden Punkte bzw. Dreiecksflächen mittels Strahlverfolgung identifiziert werden können. Trifft ein solcher Strahl erstmalig auf eine Schuh-Fläche, so wird der Schnittpunkt als Innenpunkt markiert (Bild 4). Wenn der Strahl den Punkterraum verlässt (ohne Kollision mit dem Mesh), so wird mit einem anderen Strahl fortgesetzt. Dieses Verfahren liefert sowohl die Längsorientierung des Schuhs als auch alle weiteren Punkte zur Beschreibung des Schuhinnenraums.

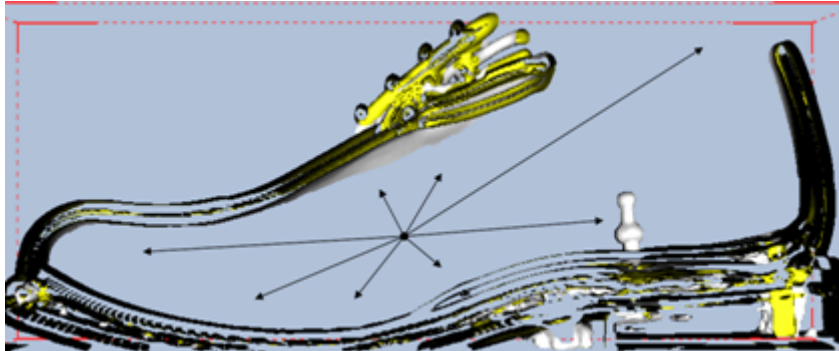


Bild 4: Strahlenmethode zur Detektion und Separierung der Schuhinnenfläche

Die so gewonnenen Innenpunkte des Schuhs können für den direkten Vergleich mit der Leistenoberfläche genutzt werden. Der Vergleich kann in verschiedener Weise dargestellt werden. Bild 5 zeigt eine Falschfarbendarstellung des Vergleichs Schuhinnenraum - Leisten.

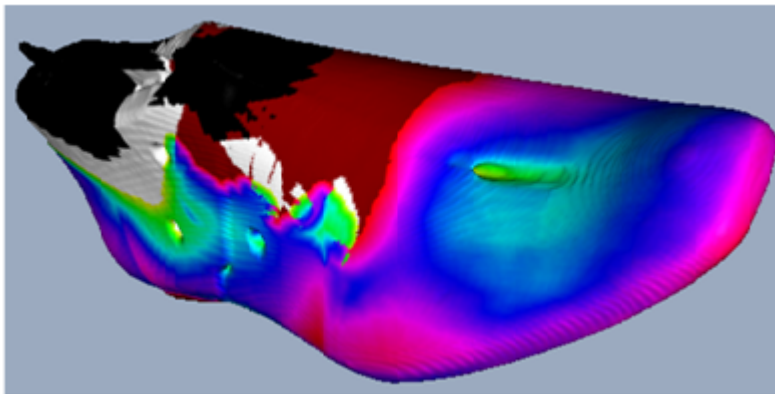


Bild 5: Falschfarbendarstellung der berechneten lokalen Abstände zwischen dem Modell eines Innenschuhs und des zugehörigen Leistens.

Durch ein speziell an die Belange der Schuhvermessung angepassten Industrie-CT ist eine weitere Optimierung des Vermessungsprozesses möglich.

Die im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelte Technologie zur Schuhinnenraum-messung kann sowohl im Bereich der Schuhentwicklung, als auch zur Qualitätssicherung in der Produktion eingesetzt werden.

Das Forschungsprojekt 15269 des PFI wurde im Programm zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IgF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie über die AiF finanziert. Der ausführliche Abschlussbericht kann beim PFI angefordert werden.