



KONTAKTLOSE BESTIMMUNG DER BIOMECHANIK AM AUGE MITTELS NUMERISCHER SIMULATION

Dipl.-Ing. Stefan Münch, Dr. Mike Röllig

Die Biomechanik des menschlichen Auges ist in der Medizin von dreifacher Bedeutung. Sie spiegelt pathologische Prozesse aufgrund biochemischer Veränderungen der Gewebestruktur wider und eignet sich so zur Krankheitsdiagnose. Zudem ermöglicht sie die Untersuchung von Heilungsprozessen nach Operationen. Die Biomechanik der Augenhülle beeinflusst die Abbildungseigenschaften und damit die Sehschärfe. Um die biomechanischen Eigenschaften des menschlichen Auges kontaktlos identifizieren zu können, kooperieren das Fraunhofer IKTS, die Technische Universität Dresden sowie die Ruhr-Universität Bochum in einem Forschungsprojekt.

Grundlage der Forschung ist die Luftpulstonometrie, die einen Luftimpuls auf das Auge appliziert und die darauffolgende Augenverformung mithilfe eines Kamerasystems aufzeichnet. Bei bekannter Deformation des Auges und Kenntnis über die zur Verformung benötigte Last, lassen sich Rückschlüsse auf die Augeneigenschaften ziehen. Letzteres wird durch eine numerische Simulation, basierend auf der Finite-Elemente-Methode (FEM), realisiert. Dabei werden die Materialkennwerte solange iterativ angepasst, bis das Verformungsfeld dem optisch ermittelten entspricht. Diese Aufgabe setzt eine realitätsnahe Definition äußerer Lasten, eine detaillierte virtuelle Abbildung des menschlichen Auges sowie die Verwendung eines geeigneten Materialmodells voraus.

Die durch das Luftpulstonometer erzeugten Lasten müssen sowohl in ihrer qualitativen Verteilung als auch in ihren quantitativen Werten vorher experimentell bestimmt werden. Dafür wird ein Glasauge vor dem Luftpulstonometer platziert und dessen Bewegung infolge des Luftimpulses mithilfe der Lasertriangu-

lationsmethode aufgezeichnet. Gekoppelt mit einer Strömungssimulation (CFD) kann so der Druckimpuls charakterisiert und der Einfluss der Augendeformation und der Augenlider auf die Lastverteilung untersucht werden.

Um den komplexen Aufbau der Augenhülle aus Zellen, extrazellulärer Matrix und Kollagenfasern akkurat zu beschreiben, wird ein spezielles Materialmodell mithilfe der UserMat-Routine in ANSYS implementiert. Dieses Modell ermöglicht die Abbildung des inkompressiblen und hyperelastischen Materialverhaltens und berücksichtigt zudem die positionsabhängige Faserausrichtung und statistische Faserstreuung.

Im Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Methode die Identifikation eindeutiger Materialkennwerte basierend auf optischen Deformationsmessungen ermöglicht. Die Funktion des Verfahrens wurde bereits mit vordefinierten Testfällen gezeigt. In zukünftigen Arbeiten soll die derzeitige Rechenzeit von ca. 24 Stunden auf nahezu Echtzeit reduziert werden. Dadurch wird die Methode auch für den Einsatz in Untersuchungsgeräten direkt am Patienten praktikabel.

- 1 *Geschwindigkeitsprofil des Luftimpulses am Auge.*
- 2 *Detailliertes FE-Modell des Auges.*

