

Berührungsloser Ultraschall als Diagnostetechnik in der Augenmedizin

Thomas WINDISCH^{*,**}, Bernd KÖHLER^{*}, Frank SCHUBERT^{*}, Eberhard SPÖRL^{**}

^{*}FhG-IZFP Dresden (Maria-Reiche-Str.2, 01109 Dresden)

^{**}TU Dresden (Fetscherstraße 74, 01307 Dresden)

thomas.windisch@izfp-d.fraunhofer.de

Kurzfassung. Die aktuellen Entwicklungen bildgebender Ultraschallmethoden führt auch in medizinischen Anwendungen zu hochaufgelösten Abbildungen. Voraussetzung dafür ist die Verwendung hoher Frequenzen die ein direktes Ankoppeln der Sonde voraussetzen. Besonders an empfindlichen Geweben, wie beispielsweise dem Auge, besteht der Bedarf einer berührungslosen und damit für den Patienten belastungsarmen Diagnosemethode. Rein optische Methoden sind weit entwickelt, können optische Grenzschichten jedoch lediglich abbilden. Zusätzliche Informationen über lokale mechanische Eigenschaften erhöhen die Aussagekraft einer Diagnose, sind aber bisher nicht zerstörungsfrei zugänglich. Einen Lösungsweg bietet der laser-akustisch angeregte Ultraschall in Verbindung mit einem optischen System zur Detektion von Oberflächenschwingungen.

Vorgestellt werden zwei unterschiedliche Methoden der kontaktlosen Anregung hochfrequenten Ultraschalls mit dem gemeinsamen Ziel nicht nur die Lage, sondern vielmehr mechanische Eigenschaften hintereinander liegender Medien zu erfassen. Schallwellen sind dafür ein geeignetes Mittel, da diese als mechanische Wellen in direktem Zusammenhang zu mechanischen Materialeigenschaften stehen. Die Detektion dieser Wellen erfolgt in beiden Methoden durch eine ebenfalls kontaktlose Aufzeichnung der Auslenkung der vorderen Grenzschicht Hornhaut-Luft, deren Schwingung durch die auftreffenden Schallwellen hervorgerufen wird. Damit ergibt sich ein geschlossener Signalweg dessen Übertragungseigenschaften im Wesentlichen durch Veränderungen der Materialparameter bestimmt ist.

Messungen basierend auf die akustische Anregung durch ein photodisruptives Mikroplasma zeigen bei hohen Signalamplituden eine Folge von Wellenpaketen, deren zeitliche Lage mit der Tiefenlage der Grenzschichten korreliert. Damit erhält man ein A-Bild das dem der konventionellen Kontaktmethode entspricht.

Unterhalb der Disruptionsschwelle entstehen akustische Wellen durch den thermoelastischen Effekt. Dabei sind die Quellen entlang der optischen Achse verteilt und in den Amplituden von der lokalen Strahlintensität und dem optischen Absorptionskoeffizient abhängig. Im breitbandigen Zeitsignal zeigen sich die Stoffgrenzen durch stufenförmige Amplitudensprünge woraus sich beispielsweise die akustische Dämpfung zur Materialcharakterisierung ableiten lässt.

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren
 Maria-Reiche-Str. 2, 01109 Dresden
 thomas.windisch@izfp-d.fraunhofer.de

¹ Fraunhofer IZFP Dresden
² TU Dresden, Medizinische Fakultät

Berührungsloser Ultraschall als Diagnostiktechnik in der Augenmedizin

Aufgabe

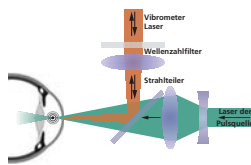
- Messung mechanischer Eigenschaften der Linse
- nichtinvasive bzw. zerstörungsfreies Messprinzip
- kontaktloses Anregen und Empfangen von US

Methode

- Anregung durch nicht sichtbare Kurzpuls-Laser
- Wandlung in Schall durch laser-akustische Effekte
- Abtasten der Auslenkung der Cornea (Hornhaut)

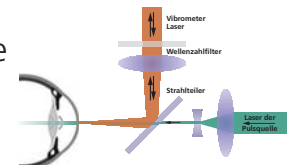
Photodisruptive Anregung

- Anregung einer Pulswelle durch Mikroplasma im Fokuspunkt
- Auslenkung der Cornea durch Initialpuls und Reflexionen
- Aufzeichnung der cornealen Schwingungen durch Laser-Doppler-Vibrometrie
- Zielgröße beeinflusst Signaleigenschaft



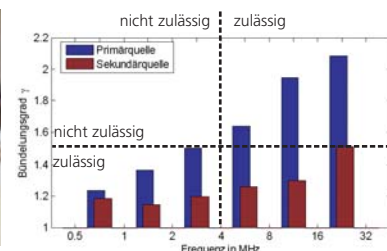
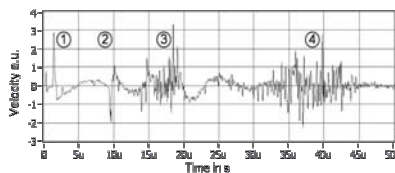
Thermoelastische Anregung

- Anregung mit kollimiertem Strahlenbündel der Laserpulse
- akustische Volumenquelle
- thermoelastische Expansion
- Detektion der akustischen Wellen durch schalldruckinduzierte Auslenkung der Cornea mittels Laser-Vibrometrie



In-vivo Messung am Auge

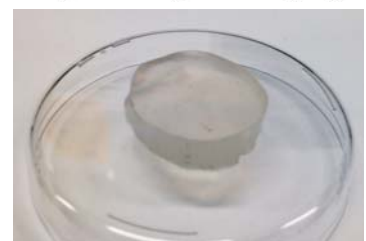
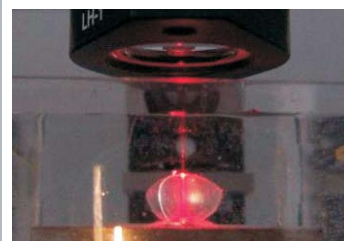
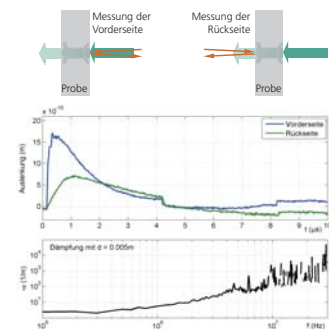
- Messung am intakten Auge (unpräpariert)
- Akustische Signale der Quellenregung (1), Linsenvorderseite (2), Linsenhinterseite (3) und der Augenhinterwand (4)
- Nachweis primärer und sekundärer Quellwirkung
- Frequenzabhängigkeit der Schallabstrahlung



Messung am Auge (links) Richtungsfaktor der photodisruptiven Quelle in Wasser mit Einteilung in Messbereichsgrenzen (rechts), Zeitsignal (oben)

Messung an künstlichen Linsen

- Ultraschallanteile bis 30 MHz nachweisbar
- Intensitätsgradient der Anregungsfunktion
- integrale Messaussage in Tiefenrichtung
- Materialeigenschaften bestimmen Signalverlauf



Messung an Augenlinse (links), Setup (oben), Zeitsignal und Dämpfungsspektrum (mitte), Linsen-Phantom in Petrischale (unten-rechts)