

Titel: Frequenzbasierte optische Kohärenztomographie: Von der Strukturdarstellung zur spektroskopischen Analyse

Dipl.-Ing. Christoph Kasseck, Lehrstuhl für Photonik und Terahertztechnologie

Die optische Kohärenztomographie (engl.: optical coherence tomography, kurz OCT, seit 1991) ist die jüngste in der Medizin etablierte Variante der Bildgebung. Die Gründe dieser schnellen Entwicklung sind die dem Messprinzip inhärente Dreidimensionalität, die hohe Auflösung im einstelligen μm -Bereich, die Kontaktfreiheit, die zu vernachlässigende Strahlenbelastung des verwendeten breitbandigen Nahinfrarotlichtes, die Geschwindigkeit sowie die verhältnismäßig geringen Systemkosten. Die geringe Eindringtiefe von etwa 1-2mm in stark streuendem Gewebe ist der kapitale Nachteil der optischen Kohärenztomographie, welcher sie in ihrer praktischen Einsetzbarkeit sehr einengt. Aufgrund aller genannten Eigenschaften eignet sich die OCT für eine Vielzahl an Anwendungsbereichen. Insbesondere zu nennen ist der Einsatz in der Medizin, wo sie beispielsweise in der Ophthalmologie, Kardiologie und in einigen weiteren Bereichen der inneren Medizin angewendet wird.

Ein neues Anwendungsfeld, die Bildgebung von Knochen, wird im Rahmen dieser Arbeit vorgestellt. Durch Bildgebung von Knochen mittels Röntgen(mikro)computertomographie (kurz: μCT) können Ärzte und Biologen bereits verschiedenste Rückschlüsse ziehen. Die OCT erzielt detailreichere Bilder, allerdings ohne die Probe einer hohen Strahlenbelastung auszusetzen. Damit ist die optische Kohärenztomographie insbesondere für Untersuchungen an Knochenkulturen kleinerer Abmessungen potentiell geeignet. Jedoch ist es in vielen Fällen nicht möglich, anhand einer schon sehr guten Strukturdarstellung Aussagen über die Zusammensetzung des Gewebes oder der Substanz zu treffen. In manchen Fällen ist auch unklar, um welche Strukturen es sich überhaupt handelt.

Die Strukturen in den OCT-Bildern stellen die Änderung des Brechungsindex über der Tiefe dar. Der Brechungsindexgradient ist aber nicht der einzige auswertbare optische Parameter von Gewebe. Weitere materialspezifische Parameter sind die wellenlängenabhängige Absorption und Streuung. So könnten bisher unbekannte Strukturen von Standard-OCT-Bildern spektroskopisch identifiziert, also bestimmten Substanzen zugeordnet werden, wodurch der Nutzen der Bilder erheblich erweitert wird. Dazu wurden zunächst die mathematischen Grundlagen erarbeitet, welche sowohl von einer Interferenzsimulation wie auch durch Vermessung von Filterproben experimentell bestätigt wurden. Es konnte erstmals eine objektive, weil nutzerunabhängige, auf Spektroskopie basierende Substanzidentifikation in einem OCT-Bild demonstriert werden. Weiterhin wurde die spektroskopische Analyse auf Blutproben angewendet, die erstmals das Absorptionsmaximum von deoxygeniertem Blut bei 750nm zeigt. Die Untersuchung an einer Knochenprobe weist einen durch die spektroskopische Analyse erhöhten Bildkontrast auf und motiviert die zusätzliche spektroskopische Analyse in der OCT.