

Neue Konzepte für die Spektroskopische und Phasenaufgelöste Optische Kohärenztomographie, vorgelegt von Volker Jaedicke 2014

Tomographische Verfahren stellen die innere Struktur eines Körpers dar ohne ihn zu zerstören. Im frühen zwanzigsten Jahrhundert machte es die Entdeckung der Röntgenstrahlung erstmals möglich auch in, beziehungsweise durch lebendes biologisches Gewebe zu schauen. Später konnte mit der Ultraschallbildgebung auch erhöhter Kontrast bei der Darstellung von Weichgewebe erzielt werden. Das Konfokale Mikroskop wiederum ermöglicht es zerstörungsfrei Schnittbilder von Proben anzufertigen, die eine mit optischen Mikroskopen vergleichbare Auflösung haben. In dieser Arbeit wurde ein weiteres optisches tomographisches Verfahren erforscht – die Optische Kohärenztomographie (OCT). Mit dieser Methode lassen sich ähnlich wie beim Konfokalen Mikroskop Schnittbilder von biologischem Gewebe zerstörungsfrei anfertigen. Dabei ergänzt die OCT die etablierten tomographischen Verfahren. Sie hat im Vergleich mit Konfokalen Mikroskopen eine erhöhte Eindringtiefe von einigen Millimetern und weist eine vergleichbare Auflösung auf, die um ein vielfaches besser ist als bei der Ultraschallbildgebung. Trotz des enormen Fortschritts auf dem Gebiet der OCT ist dieses Verfahren aufgrund der nicht ausreichenden Auflösung und mangelndem Kontrast bei vielen biomedizinischen Problemstellungen, aber auch technischen Anwendungen, nur limitiert einsetzbar. Die vorliegende Arbeit trägt dazu bei diese Limitierungen aufzuheben. Dazu werden zwei Verfahren näher untersucht: die Spektroskopische OCT (SOCT), bei der orts aufgelöste spektroskopische Informationen von einer Probe gewonnen werden können und die Phasenaufgelöste OCT, mit der sich die Genauigkeit der OCT Messungen bis in den Nanometerbereich steigern lässt. In der SOCT werden die Probeninformationen durch verschiedene Fehlereinflüsse überdeckt. Deshalb wurde ein Algorithmus entwickelt, der auf Methoden der Mustererkennung basiert, die beispielsweise auch zur Handschriftenerkennung eingesetzt werden. Die grundlegende Idee dieses Konzeptes ist es, die spektroskopischen Informationen einer Probe zu verwenden, um das Standard OCT Bild digital einzufärben. Hierbei wird die Einfärbung, ähnlich wie in der Standardmikroskopie, dazu genutzt um bestimmte Merkmale der Probe hervorzuheben. Damit lässt sich der spektroskopische Kontrast einer Probe maximieren und dadurch ergänzende Informationen zu den Standard OCT Aufnahmen sichtbar machen. Erste Untersuchungen an Gelenkknorpelgewebe weisen daraufhin, dass dieses Verfahren ein wertvolles Werkzeug für die biomedizinische Forschung darstellen kann. Die Phasenaufgelöste OCT basiert auf der Welleneigenschaft des Lichts, welches durch Amplitude und Phase beschrieben wird. Die Phase lässt sich in einem interferometrischen Verfahren wie der OCT, im Gegensatz zu rein qualitativen Verfahren wie dem Phasenkontrastmikroskop, auch quantitativ messen. Das Verfahren ermöglicht die Auswertung von Proben, deren Strukturen sich sonst mit phasenaufgelösten Standardverfahren nicht vermessen lassen. Dazu wurden die OCT Messungen mit einem Algorithmus ausgewertet, der Tiefengefilterte Digitale Holographie mit Multiwellenlängen Phasenauswertungsalgorithmen kombiniert. Die Vorteile dieses Konzeptes konnten anhand einer Halbleiterprobe, die Messungen mit Nanometergenauigkeit über einen Bereich von einigen Mikrometern erfordert, demonstriert werden. Damit bietet dieses Verfahren die Möglichkeit auch spezielle Proben, bei denen eine hohe Genauigkeit über einen größeren Messbereich notwendig ist, mit Standard OCT Systemen zu vermessen.