

Kurzfassung der Dissertation: „Anwendungsorientierte Algorithmen in der optischen Kohärenztomographie für zerstörungsfreie Materialprüfung und biomedizinische Diagnostik“

M. Sc. Marcel Lenz

Die optische Kohärenztomographie (OCT) ist ein mächtiges bildgebendes Verfahren zur hochaufgelösten, kontaktfreien Messung von oberflächennahen Strukturen. Ein signifikanter Mehrwert durch die OCT in der biomedizinischen Bildgebung konnte in der Ophthalmologie, der Dermatologie und der Endoskopie gezeigt werden. In der Ophthalmologie ist das Verfahren bereits klinisch etabliert. Das volle Potential der OCT ist aber bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Gegenstand dieser Arbeit ist daher die Weiterentwicklung für neue Anwendungen in der zerstörungsfreie Materialprüfung und der biomedizinischen Diagnostik. Hierfür wurden drei Anwendungsszenarien analysiert.

Damit Industriedenkmäler in ihrer ursprünglichen Form erhalten bleiben, ohne jedoch weiter zu degradieren werden transparente Korrosionsschutzschichten verwendet. Die zu erhaltenen Gegenstände variieren in der Größe von kleinen Bergbauinstrumenten bis zu großen Gebäuden, wie zum Beispiel einem Förderturm. Aus diesem Grund ist es wichtig, transparente Schutzschichten für Metallsubstrate im Vorfeld auf Lebensdauer und Wetterfestigkeit im Labor zu testen, bevor sie auf komplette Gebäude aufgetragen werden. Bei der zerstörungsfreien Messung mit traditionellen Messmethoden gibt es Nachteile gegenüber der OCT, z.B. laterale Unschärfe oder Ungenauigkeiten bei korrodiertem Metall. In meiner Arbeit wurde gezeigt, dass sich dieses Verfahren sowohl für blankes als auch korrodiertes Metall unter der Schutzschicht eignet. Hierfür wurden drei verschiedene Probenarten in Kooperation mit dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum vermessen. Zunächst wurden Proben mit unterschiedlichen Schutzschichtdicken sowohl mit OCT als auch mit einem magnetinduktiven Verfahren gemessen. Hierbei konnten die OCT Ergebnisse verifiziert werden. Anschließend konnte an einer individuell angefertigten Probe, mit im Vorfeld definierten Bereichen, gezeigt werden, dass OCT die Schichtdicke auch bei korrodierten Metallen präzise bestimmen kann. Zusätzlich konnte in den OCT Messungen zwischen blankem und korrodiertem Metall unterschieden werden. Diese Algorithmen konnten außerdem an Standardproben zur Evaluierung von Schutzschichten, die eine zufällige Verteilung der Korrosion aufweisen, verifiziert werden.

Für die biomedizinische Diagnostik wurde die Unterstützung von neurochirurgischen Operationen an Hirntumoren mittels OCT betrachtet. Um eine bestmögliche Therapie nach einer Tumor-OP zu ermöglichen, ist eine präzise Entfernung des krankhaften Gewebes erstrebenswert, ohne dabei nahe liegendes gesundes Gewebe zu beschädigen. Dafür wurden zunächst ex vivo Messungen von Meningeomen, einem gutartigen Tumor mit gesundem Hirngewebe verglichen. Die strukturellen Unterschiede wurden mittels Texturanalysealgorithmen ausgewertet. Aufgrund der hohen Dimensionalität wurde eine Hauptkomponentenanalyse zur Merkmalsreduktion durchgeführt. Anschließend erfolgte eine eindeutige Klassifizierung mittels Support Vector Machines. Diese Auswertalgorithmen wurden anschließend erfolgreich auf weitere Hirntumore angewendet, bei denen die strukturellen Unterschiede weniger ausgeprägt sind als bei Meningeomen.

Als letzte Anwendung wurde der intraoperative Einsatz von OCT an peripheren Nerven gezeigt. Eine bereits etablierte Methode der intraoperativen Diagnostik stellt die Elektrophysiologie dar. Dieses Werkzeug ist aber nicht in der Lage, morphologische Informationen über die Nerven zu liefern und eine exakte Lokalisation der Läsion ist auch nur bedingt möglich. In dieser Arbeit wurde deshalb untersucht, ob sich die OCT für die intraoperative Diagnostik an peripheren Nerven eignet. Zunächst konnte an ex vivo Messungen gezeigt werden, dass die strukturellen Eigenschaften von peripheren Nerven durch OCT hochauflösend darstellbar sind. Im Anschluss konnten die ersten in vivo Aufnahmen von peripheren Nerven am Menschen mit OCT durchgeführt werden. Durch den Einsatz einer sterilen Folie sind die Gewebestrukturen jedoch nicht so deutlich darstellbar, wie es in den ex vivo Messungen gezeigt werden konnte. Aus diesem Grund wurde mittels Texturanalyse eine neue Funktionalität vorgestellt. Dadurch lässt sich das Bindegewebe innerhalb der Nerven deutlicher von den anderen Gewebestrukturen abgrenzen. Chronische Kompressionen mit erhöhtem Bindegewebsanteil lassen sich somit mittels OCT hochaufgelöst darstellen und lokalisieren. Die OCT liefert hiermit intraoperativ vergleichbare Bilder zum invasiven Goldstandard Histologie.