

Smartphone-Spektrometer

Studiengang: BSc in Mikro- und Medizintechnik | Vertiefung: Optik - Photonik
Betreuer: Prof. Dr. Lorenz Martin
Experte: Markus Stoller (Meridian AG)

Smartphone-Kameras sind günstig und klein. In dieser Bachelorarbeit wird eine solche Kamera in einem optischen Spektrometer eingesetzt. Für das System sind nebst der Kamera nur ein optisches Gitter und ein Kollimator nötig. Die geringe Anzahl Komponenten ermöglichen eine kompakte Bauweise und das Spektrometer kann als Aufsatz am Smartphone befestigt werden.

Ausgangslage

Zur Verfügung stehen ein Smartphone, ein transmissives Beugungsgitter, ein Kollimator und eine Lichtquelle mit einem Spektralbereich von 815 nm bis 865 nm. Bei diesen Wellenlängen ist Wasser transparent und das Licht ist für das menschliche Auge fast nicht sichtbar, es blendet daher nicht. Diese zwei Eigenschaften sind wichtig in der optischen Kohärenztomographie (OCT, optical coherence tomography). OCT ist eine Methode der Augenheilkunde, mit der dreidimensionale Bilder der Retina erstellt werden. Das Fernziel ist, ein kleines, günstiges und portables OCT-Gerät zu entwickeln. Mit dieser Arbeit wird geprüft, ob eine Smartphone-Kamera für ein OCT-Spektrometer geeignet ist.

Ziele

Das Endprodukt der Arbeit ist ein Aufsatz, der das Smartphone zum Spektrometer macht. Der Aufsatz wird mit einem 3D-Drucker gefertigt und enthält den Kollimator und das Gitter. Die Verarbeitung der Kameradaten und das Berechnen der Spektren findet in MATLAB statt.

Analyse der Smartphone-Kamera

Der Aufbau des Linsensystems der Kamera ist unbekannt. Zudem wurde der Infrarotfilter der Kamera entfernt. Mit Labormessungen wurde vorerst die Point Spread Function der Kamera bestimmt. Danach wurde eine Korrekturlinse dimensioniert, die den optischen Weg des fehlenden Infrarotfilters kompensiert und vor das Kameraobjektiv platziert wird. Mit dieser Massnahme wird die Point Spread Function wesentlich besser. Weiter wurde das spektrale Verhalten des Kamerachips mit einem Monochromator untersucht. Es hat sich herausgestellt, dass alle drei Farbpixel (rot, grün und blau) der Kamera auch im Wellenlängenbereich der Quelle empfindlich sind und für die Auswertung verwendet werden können.

Aufbau des Spektrometers

Die Funktionsweise des Spektrometers ist anhand des Strahlverlaufs durch die Komponenten in Abbildung 1 erklärt. Nach dem Faserausgang (1) divergiert das Licht. Die Kollimatorlinse (2) richtet die Strahlen parallel aus. Es ist wichtig, dass der Kollimator präzise eingestellt ist um eine gute Auflösung des Spektrometers zu erhalten. Diese Komponente ist der kritischste Teil des Spektrometers. Das Beugungsgitter (3) benutzt den Effekt, dass Licht Wellenlängenabhängig gebeugt wird. Daher spaltet es das Licht in seine unterschiedlichen Wellenlängen auf, die Strahlen jeder Wellenlänge verlaufen parallel zu einander. Das nächste Element ist die Korrekturlinse (4), welche wegen dem fehlenden Infrarotfilter hinzugefügt wird, um den Brennpunkt der Strahlen auf den Detektor zu fokussieren. Danach fällt das Licht durch das Linsensystem (5) der Smartphone-Kamera. Auf dem Sensor (6) der Kamera wird das einfallende Licht detektiert. Die Position des Lichts auf dem Detektor ist Wellenlängenabhängig, da es beim Gitter aufgespalten wurde. Aus den Rohdaten der Kamera wird die Intensität des Lichts an verschiedenen Pixelpositionen bestimmt und damit die Berechnung des Spektrums in MATLAB durchgeführt.



Sabrina Waldburger

Abbildung 1: Aufbau des Spektrometers mit Faser (1), Kollimatorlinse (2), Beugungsgitter (3), Korrekturlinse (4), Kameralinse (5) und Kamerachip (6).

