

Spektroskopie mit Low-cost Lichtleitern

Viele Anwendungen, vor allem im Schul- und Lehrbetrieb, müssen mit sehr begrenztem Budget auskommen und können daher oft keine hochwertigen Komponenten einsetzen. Eine Möglichkeit, Kosten beim Aufbau eines Spektrometers zu reduzieren und trotzdem nicht auf die Vorteile der Lichteinkopplung mittels Lichtleiter zu verzichten besteht in der Verwendung von Low-Cost-Lichtleitern aus dem Audiobereich. Richtig eingesetzt können hiermit erstaunlich gute Resultate erzielt werden. Wir zeigen dies hier am Beispiel der TOSLINK-Lichtleiter in Verbindung mit den Czerny-Turner-Spektrometern aus unseren Anwendungsbeispielen, was eine unmittelbare Ersparnis von ca. 100 € für ein Spektrometersystem bedeutet.



TOSLINK (kurz für TOSHIBA-LINK) ist ein ursprünglich von Toshiba entwickeltes, standardisiertes Lichtwellenleiter-Verbindungssystem für optische Signalübertragungen. Weite Verbreitung hat es durch die Benutzung bei der digitalen Übertragung von Audiosignalen bei Konsumgütern gefunden, wo es zum Beispiel zur Übertragung zwischen Komponenten wie CD- und DVD-Spielern und Audioverstärkern oder D/A-Wandlern benutzt wird.

Physikalische Grundlagen

TOSLINK-Kabel werden von verschiedenen Herstellern mit unterschiedlichen Materialien für den Glas- oder Kunststoffkern angeboten. Zur Übertragung der optischen Signale wird normalerweise Infrarotlicht (IR) zwischen etwa 850 Nanometern (nm) und 1550 nm verwendet. Materialbedingt bieten allerdings viele der genutzten Kunststoffe sowie Glasarten auch im sichtbaren Bereich bis hinab zu etwa 400 nm eine gute Transmission. Somit erhält man einen ausreichend breiten nutzbaren Spektralbereich, der von einem CCD-Sensor als Detektor erfasst werden kann.

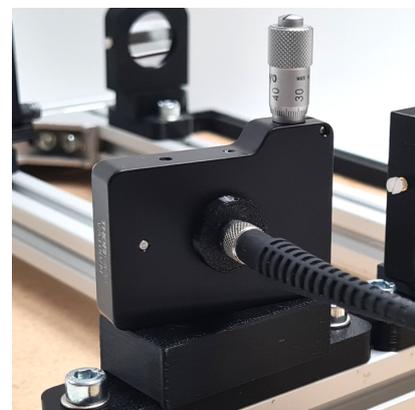
Im Gegensatz zu hochwertigen Lichtleitern, die speziell für die optische Messtechnik hergestellt werden und polierte Endflächen aufweisen, sind TOSLINK-Lichtleiter natürlich nicht so präzise gefertigt. Durch die Verwendung kleiner Spaltbreiten im Bereich von einigen zehn Mikrometern beim Einkoppeln der Mess-Signale in das Spektrometer wird allerdings lediglich ein kleiner Teil des aus dem Lichtleiter austretenden Lichtbündels genutzt. Dadurch fallen eventuelle Unregelmäßigkeiten im Lichtbündel kaum störend auf. Zudem kann durch das Platzieren des Lichtleiters in einigem Abstand zum Spalt eine weitere Homogenisierung erreicht werden, was weiter zu einer Verbesserung der Homogenität beiträgt.

Messaufbau

Genutzt wurden zwei baugleiche Czerny-Turner-Spektrometer mit 200 mm Hohlspiegeln, wie sie auch schon in unseren bisherigen Applikationsbeispielen zum Einsatz kamen. Eines der Spektrometer wurde mit einem Lichtleiter aus der Messtechnik ($\varnothing 600 \mu\text{m}$, Low OH, 0,39 NA) und das andere mit einem TOSLINK-Kabel ausgerüstet.



Signaleinkopplung mit Toslink-Lichtleiter



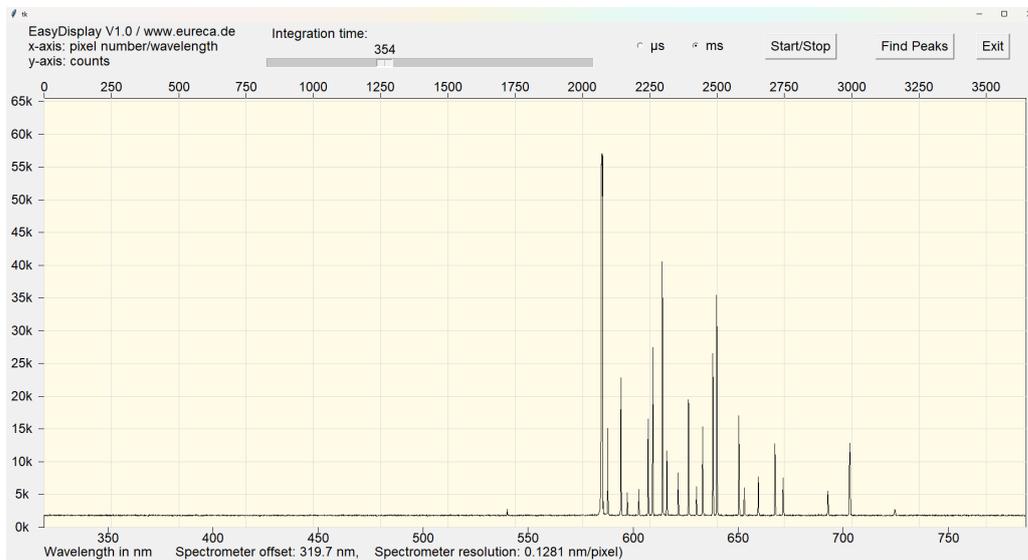
Signaleinkopplung mit Low-OH-Lichtleiter



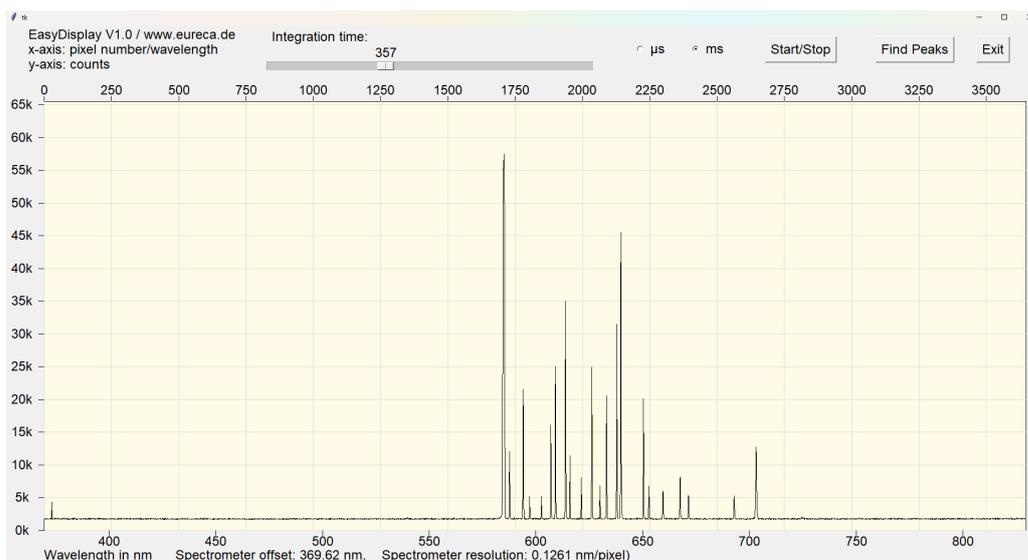
Spektr

Um einen aussagekräftigen Vergleich zwischen den beiden Spektrometern machen zu können, wurde jeweils das Spektrum einer Neon-Glimmlampe aufgenommen wie in unserem Applikationsbeispiel »Spektroskopie mit Glimmlampen« beschrieben. Da sich die Kerndurchmesser, numerischen Aperturen und Geometrien bei der Montage des Lichtleiters vor den Eintrittsspalten unterscheiden, sind die Signalintensitäten auf den Detektoren nicht unbedingt gleich. Um trotzdem vergleichbare Spektren zu erreichen, wurden die Spaltöffnungen dann so angepasst, dass sich auf den Sensoren bei gleichen Integrationszeiten ähnliche Intensitäten ergeben. Da in beiden Spektrometern mechanisch verstellbare Spalte genutzt wurden, war dies sehr einfach möglich.

Das Neonspektrum konnte in beiden Fällen bei akzeptablen Integrationszeiten mit geringer Linienbreite und ausreichender Auflösung aufgenommen werden. Die unterschiedlichen Positionen des Neonspektrums im Messbereich resultieren nur daraus, dass auf einen Abgleich auf einen annähernd gleichen Offset der Spektrometer verzichtet wurde.



Spektrum der gleichen Neon-Gimmlampe mit Low-OH-Lichtleiter



Spektrum der gleichen Neon-Gimmlampe mit TOSLINK-Lichtleiter



Didaktik

Die Messdaten zeigen, dass zumindest bei der Aufnahme des Spektrums von Neon-Glimmlampen das preiswerte TOSLINK-Kabel ohne Einbußen an Messqualität genutzt werden kann. Auf diese Weise können die Energieniveaus des Neons und die Übergänge bei der Emission behandelt werden. Aber auch andere interessante spektroskopische Experimente liegen in einem ähnlichen Spektralbereich, wie z. B. die Vermessung der Spektren von LEDs und Laserdioden, die Transmission von Lösungen oder die Reflexion von farbigen Oberflächen.

Ob der Einsatz der preiswerten TOSLINK-Kabel auch in anderen Spektralbereichen, wie weiter in Richtung nahes Infrarot oder nahes Ultraviolett sinnvoll ist, werden wir in weiteren Experimenten noch klären und in zukünftigen Applikationsbeschreibungen zur Verfügung stellen.

