

Die „High Absorbance“-Methode zur Qualifizierung eines Interferenzfilters

Marion Egelkraut-Holtus

Shimadzu Europa GmbH

Curiosity ist gelandet – Interferenzfilter in der Praxis

Im Dezember 2012 ist der Roboter Curiosity erfolgreich auf dem Mars gelandet und begeistert seitdem nicht nur die Wissenschaft. Curiosity ist mit zehn wissenschaftlichen Instrumenten ausgestattet, um seine Mission zu erfüllen. Hauptkamera des Rovers ist die Mast-Cam. Beide Optiken der Kamera haben ein Filtersystem, das die Abbildung der zu untersuchenden Strukturen in unterschiedlichen Längenbereichen des Lichts ermöglicht. Dadurch wird die Marsoberfläche sowohl in Echtfarben als auch in so genannten Falschfarben wiedergegeben. Speziell durch diese Falschfarben-Aufnahmen wird es möglich sein, Unterschiede in der mineralogischen Zusammensetzung des Bodens hervorzuheben.

Die UV-VIS-Spektroskopie eignet sich hervorragend zur Analyse von Interferenzfiltern. Diese optischen Filter, die auch beim Roboter Curiosity zum Einsatz kommen, lassen nur bestimmte Bereiche des Lichtspektrums

passieren. Je nach Zielanwendung transmittieren sie in kleinen scharfen, breiten oder weiten Bereichen. In den meisten Fällen besteht ein Interferenzfilter aus einem Mehrschichtensystem, das so konzipiert ist, dass weite Bereiche der Strahlung absorbiert werden. Diese Absorption ist das Ergebnis von Reflexionen an einer oder mehreren interferierenden Filterschichten. Der Anteil transmittierter Strahlung wird hierbei durch die Interferenz zwischen einfallender und reflektierter Wellenlänge begrenzt. Für die Qualität eines Interferenzfilters ist die Form der Absorptionskanten wichtig; sie sollte möglichst steil sein, so dass die Signalausgabe einem Rechteck ähnelt.

Drei Filter im Vergleich

In dieser Applikation wurden drei Interferenzfilter mit der UV-VIS Spektroskopie untersucht. Die Größe der Filter von 1 cm Durchmesser erfordert, mit einer passenden Halterung zu arbeiten, in diesem Fall dem „Rotating film holder“, der einen kleinen

Messfleck durch Masken unterstützt. Die Spektren dieser Messung sind in Abbildung 1 wiedergegeben. Die gemessenen Transmissionsspektren charakterisieren die Interferenzfilter als mehr oder weniger schmalbandig (Tabelle 1). Der Wirkungsbereich liegt im ultravioletten und sichtbaren Bereich.

Filter 1 ist im Vergleich zu Filter 2 und 3 ein eher breitbandiger Filter.

Transmissions- und Absorptionsmessung

logarithmierten Anteil der Transmission darstellt: $Abs = \log(T_0/T)$. T_0 ist die Energie der Transmission vor der Probe und T nach dem Pr Es wurde hierbei die Transmissions- wie auch die Absorptionsmessung durchgeführt. Die Prüfung der Absorption ist hierbei unüblich. Von Interesse ist jedoch, wie gut letztendlich die Filterung der nicht gewollten Wellenlängen durch den Interferenzfilter ausgeführt wird. Bei der Betrachtung der Transmissionsspektren erkennt man, dass die Nullprozent-Transmission graphisch erreicht ist, was man in Abbildung 1 in der Ausbildung einer Null-Linie über den Wellenlängenbereichen erkennt, die den Filter nicht durchdringen sollte. Die Absorptionsmessung entspricht einer Konvertierung nach Lambert-Beer, wobei die Absorption den logarithmierten Anteil der Transmission darstellt: $Abs = \log(T_0/T)$. T_0 ist die Energie der Transmission vor der Probe und T nach dem Probendurchgang.

Abs steht für die Extinktion oder Absorption.

Absorptionsmessungen und Durchlässigkeiten

Die „High Absorbance“-Messungen, das heißt, der Anteil des Lichts der in dem Interferenzfilter verbleibt, weisen ein anderes Muster an Durchlässigkeiten (Absorptionsminima) auf. Die Rohdaten der Messung sind in den Abbildungen 2 bis 4 dargestellt.

Zuordnung	Durchlässigkeitsbereich [nm]	Absorptionsbereich [nm] (Minima)	Wert [Abs]
Filter 1	270 - 380	270 - 380	0,1
		660 - 770, 700	6,5
		820	4,7
		854	5,3
Filter 2	472 - 490	472 - 490	0,10
		< 330	6,2
		386	6,5
		620	5,87
		637	6,5
		831	6,4
Filter 3	510 - 560	510 - 560	0,11
		< 318	5,88
		808	5,1

Tabelle 1: Interferenzfilter mit dem ungefähren Durchlässigkeitsbereich in Wellenlängen der Transmissionsspektren (siehe Abb. 1) und der Vergleich zu den „Hoch“-Absorptionsspektren der Filter und den entsprechenden Absorptionswerten (siehe Abb. 2 bis 4)

Hierzu wurde das Shimadzu UV-2700 unter Verwendung der „Hoch“-Absorptionsmethode zur Messung eingesetzt. Mit diesem Zwei-Strahl-Spektrophotometer ist es möglich, bis zu acht Absorptionseinheiten eines Materials sichtbar zu machen. Betrachtet man die Messungen unter dieser Methode, findet man, dass – abgesehen vom eigentlichen Transmissionsbereiches des Filters – weitere, schwächere absorbierende Stellen im Interferenzfilter auftreten.

Die Absorptionsminima, die Durchlässigkeiten anzeigen, sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Alle drei Filter zeigen individuelle Absorptionsspektren. Je nach eingesetztem Material zur Erzeugung der Interferenzen gibt es entsprechende Absorptionsmuster. Ist beim Einsatz der Interferenzfilter ein Detektor empfindlich genug, konnten diese kleinen Abweichungen für ein unspezifisches Untergrundrauschen bei der Ausgabe sorgen.

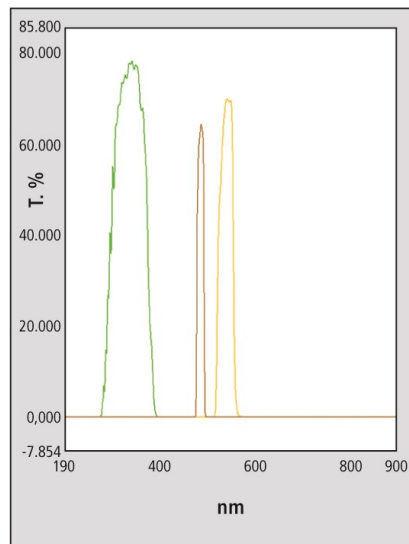


Abbildung 1: UV-VIS Transmissionsspektren dreier Interferenzfilter mit unterschiedlicher Wellenlängendurchlässigkeit, wobei die grüne Linienfarbe Filter 1, die rote Linienfarbe Filter 2 und die gelbe Linienfarbe Filter 3 darstellen. Vergleich mit Filtern, die bei Curiosity zum Einsatz kommen (<http://msl-scicorner.jpl.nasa.gov/Instruments/Mastcam/>).

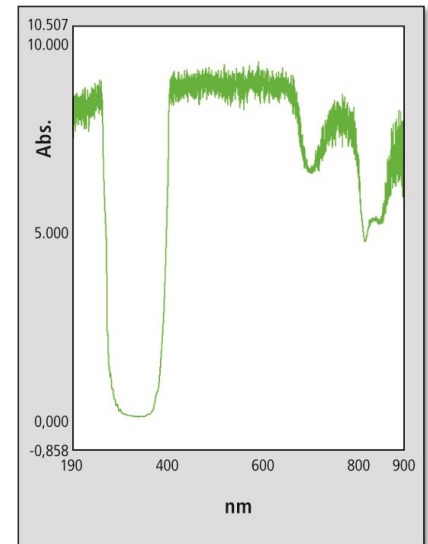


Abbildung 2: Absorptionsspektrum von Interferenzfilter 1 im Bereich von 190 bis 900 nm. Das Spektrum wurde mit einem Datenintervall von 0,01 nm aufgenommen bei 1 nm Spalt und weist eine Durchlässigkeit bei 270 - 380 nm auf.

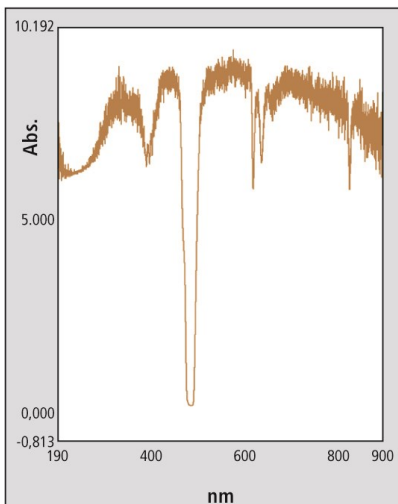


Abbildung 3: Absorptionsspektrum von Interferenzfilter 2 mit der Durchlässigkeit von 472 - 490 nm

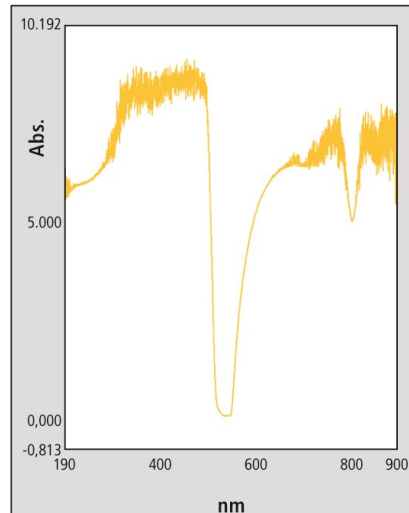


Abbildung 4: Absorptionsspektrum von Interferenzfilter 3 mit der Durchlässigkeit von 510 - 560 nm