

Zum Umwandeln von Hyperspektraldaten in Reflexionsdaten muss ein sogenannter Weißabgleich durchgeführt werden. Dabei wird das durch die Hyperspektral- (HS-) Kamera einfallende Licht gemessen und die Strahlung mit der optischen Transmission und der Quanteneffizienz des Detektors verrechnet. Der Weißabgleich ist wesentlich, um gute Reflexionsdaten mit Hilfe der Hyperspektraltechnologie zu erlangen. Dieser Artikel beschreibt, warum es bei Hyperspektralmessungen wichtig ist, die Weißreferenz optimal zu positionieren.

### Positionieren der Weißreferenz

Typischerweise wird die Weißreferenz auf gleicher Höhe der Oberfläche der Probe angebracht. Wenn die Oberfläche jedoch nicht eben ist, ist der obere Teil der Probenoberfläche nicht die wesentlichste Position für die Weißreferenz. In diesem Fall empfehlen wir, die Weißreferenz auf die mittlere Höhe der sichtbaren Probe zu positionieren.

### Wie beeinflusst die Position der Weißreferenz die Probenmessung?

Wir haben das folgende Experiment durchgeführt, um zu sehen, wie die Position der Weißreferenz die Spektralmessungen beeinflussen kann.

- Eine [Specim FX17](#) Hyperspektralkamera wurde an einen Labor Scanner mit zwei Beleuchtungseinheiten angebracht (s. Bild 1).
- Die Oberseite der Weißreferenz wurde 20 mm über dem schwarzen Probentisch angebracht. Die Beleuchtung des Scanners wurde so angepasst, dass das Maximum bei diesem Abstand lag.
- Zwei flache Plastikproben, PA und HIPS, wurden insgesamt 13 x bei jeweils unterschiedlichen Abständen zur Weißreferenz vermessen: -20 mm, -15 mm, -10 mm, -5 mm, gleiche Höhe, +5 mm, +10 mm, +15 mm, +20 mm, +25 mm, +30mm, +35mm und +40 mm.
- Die Beleuchtung wurde nicht angepasst aber für jede Messung konstant beibehalten, um das Weißreferenz-Signal zu maximieren. Diesen Ansatz haben wir gewählt, weil er einem realistischen Messszenario am nächsten kommt.

Wir haben die Analyse in 2 Schritten durchgeführt: Zuerst haben wir die Proben unterhalb der Weißreferenz und danach oberhalb der Weißreferenz platziert.

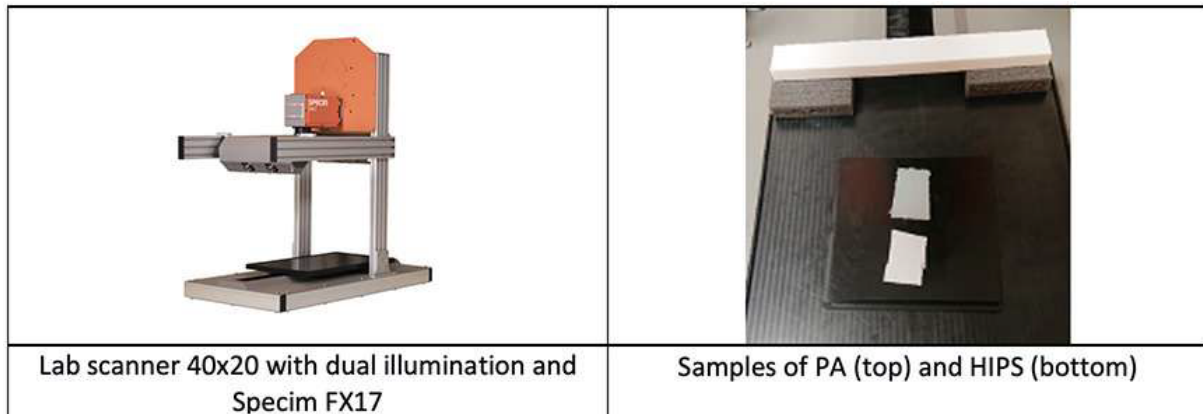


Abb. 1: Der Specim Laborscanner und Proben, die in dieser Messung verwendet wurden.

### 1. Proben unterhalb der Weißreferenz platziert:

Die Probenspektren wurden analysiert und in Abb. 2 verglichen:

- Die relative Position der Proben zur Weißreferenz hat keinen speziellen Effekt auf die Form der Spektren. Die Veränderung findet sich hauptsächlich im Reflexionsgrad.
- Die errechneten Änderungen im Reflexionsgrad nehmen ab, wenn die Probe tiefer positioniert wird. Die Abnahme ist dabei erheblich, bei einigen Wellenlängen sogar bis mehrere Prozent.

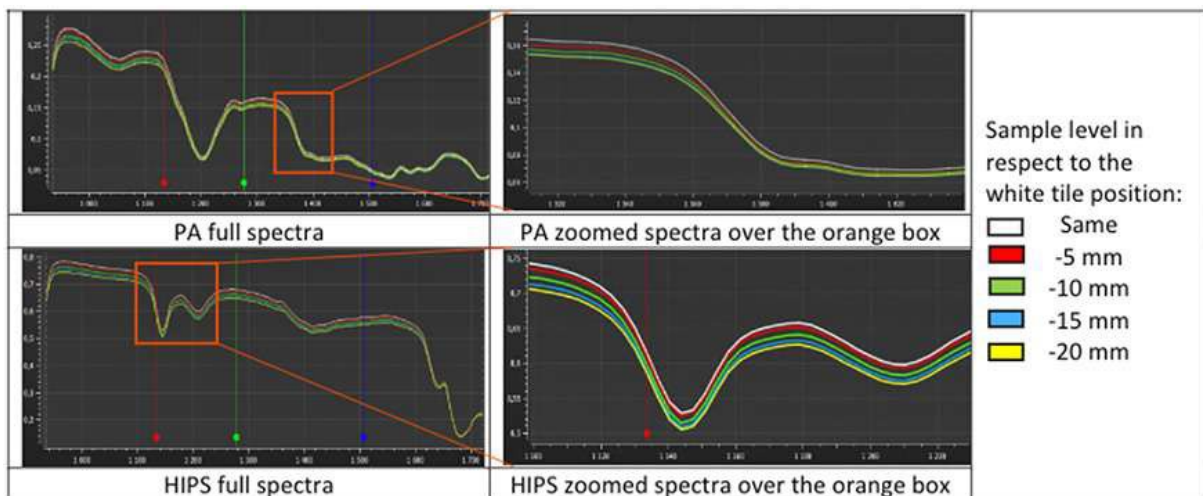


Abb. 2: Spektren von PA und HIPS, aufgenommen mit Specim FX17, bei unterschiedlichen Höhen unterhalb der Weißreferenz.

### 2. Proben oberhalb der Weißreferenz positioniert:

Die Ergebnisse werden in Abbildung 3 gezeigt:

- Wie bereits oben erwähnt wird die Form der Spektren dadurch nicht beeinflusst, lediglich der Reflexionsgrad.
- Auch hier variiert die errechnete Reflexion abhängig von der Position der Probe. Im Gegensatz zu vorher ist diesmal keine klare Tendenz zu erkennen, nur dass die Werte mit an- und absteigendem Höhenunterschied zu- oder abnehmen. Auf einer absoluten Skala kann die Abweichung bei mehr als 10 % liegen.

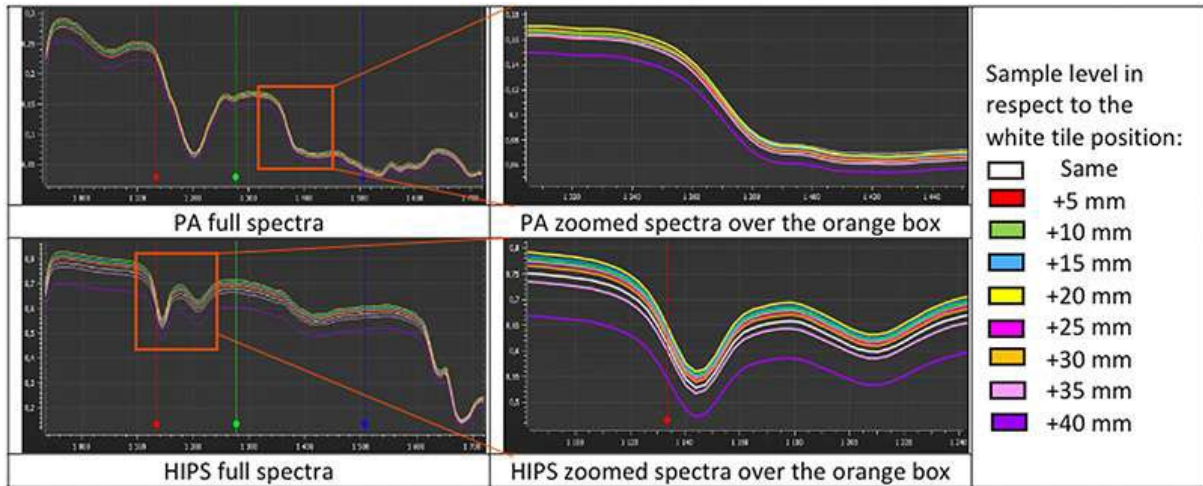


Abb. 3: Spektren von PA und HIPS, aufgenommen mit Specim FX17 bei unterschiedlichen, zur Position der Weißreferenz positiven Höhen.

In beiden Fällen wird die Form der Spektren nicht durch die unterschiedlichen Probenhöhen beeinflusst sondern nur der Reflexionsgrad. Dies hängt mit der Abweichung der Beleuchtungsstärke entlang der Sichtachse der Kamera zusammen.

Abbildung 4 zeigt beispielhaft die unterschiedlichen Lichtintensitäten bei gut auf einen bestimmten Bereich angepasster Beleuchtung und bei nicht gut angepasster Beleuchtung. Im ersten Fall nimmt die Beleuchtungsstärke ab, wenn von der 0-Position abgewichen wird, während im zweiten Fall Abweichungen nicht nur in eine Richtungen auftreten.

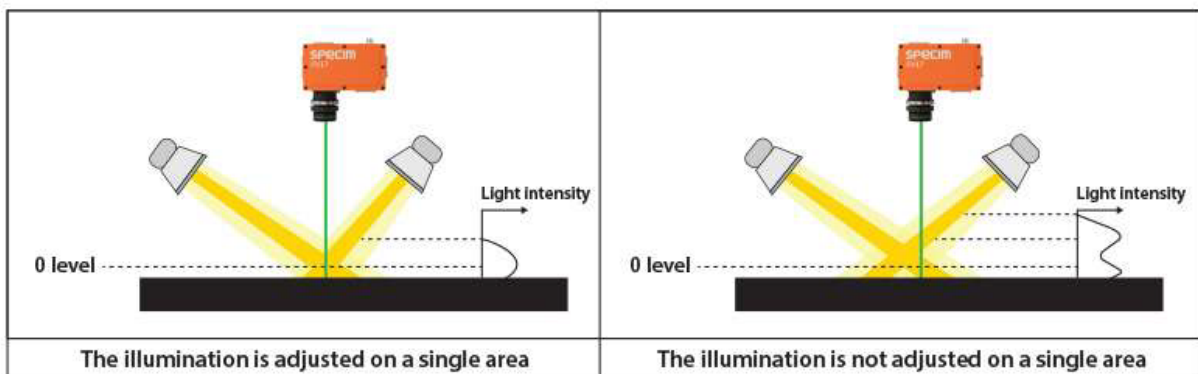


Abb. 4: Veränderung der Lichtintensität entlang der Kamera-Sichtachse abhängig von der Beleuchtungseinstellung.

### Weißreferenz und Höhe der Probe

Für manche Anwendungen ist die absolute Signalstärke des Spektrums entscheidend. Die Signalstärke ist ein wichtiger Parameter für quantitative Anwendungen, da eine Verzerrung der beobachteten Reflexion zu Fehlern bei der Datenanalyse führen würde. Es sind Hilfsmittel für das Pre-Processing erhältlich, mit denen sich Drift oder Versatz korrigieren lassen.

Manche Anwendungen, wie z .B. Farbmessungen, erfordern jedoch ein genaues Anpassen der Weißreferenz an die Höhe der Probe. In diesem Fall sollte die Weißreferenz möglichst auf der exakt selben Höhe wie die Probe platziert werden.

Bei Anwendungen, bei denen es eher auf Form als auf die Höhe der Spektren ankommt, ist die Platzierung nicht ganz so wichtig. Ein Beispiel dafür ist Sortierung. Beispielsweise bei der Sortierung von Abfällen kann es Höhenunterschiede geben, bei denen trotzdem das Sortieren von Proben mit bestimmten Profilen möglich ist.

So könnten HIPS und PA sortiert werden, obwohl sie sich nicht auf derselben Höhe wie die Weißreferenz befinden. Proben könnten zudem unterschiedlich groß sein, was ihre Trennung jedoch nicht beeinflusst.

Ein weiteres wichtiges Thema ist die [Schärfentiefe](#). Proben, die nicht flach sind, können verwaschen abgebildet werden. Dies hat jedoch nicht direkt mit dem Höhenunterschied zu tun. Üblicherweise ist der Fokus auf die Höhe der Weißreferenz angepasst.

### Fazit

Da die Abstände zwischen Kamera, Proben und Kamera und Weißreferenz nicht konstant sind kann es aus optischer Sicht klug sein, dies für die Abweichungen bei der optischen Intensität verantwortlich zu machen. Das stimmt so jedoch nicht.

Die Energie eines Lichtstrahls nimmt nämlich mit dem Quadrat seiner Länge ab. Dies wird jedoch durch die Vergrößerung der Pixelgröße der Probe kompensiert, die folglich auch die Fläche, auf der das Licht gesammelt wird, um den gleichen quadratischen Faktor erhöht.

Wenn jedoch die Probenhöhe variiert, ändert sich auch die Geometrie Kamera - Probe - Beleuchtung, was in Verbindung mit den Reflexionseigenschaften der Probenoberfläche ebenfalls die Ergebnisse dieser Studie erklären könnte. Hat eine Probe eine perfekte diffuse Oberfläche (Lambertian), dann wird die von der Kamera gemessene reflektierte Strahldichte durch die Änderung der Messgeometrie nicht beeinflusst. Wenn jedoch eine spiegelnde Komponente im Reflexionsgrad der Probe vorhanden ist, kann dies zu den gemessenen Abweichungen beitragen. In dieser Studie sind die Proben nicht lambertianisch.