

Aufbautipps und Justieranleitung für das AATiS-Spektrometer AS513

Wichtiger Hinweis!

Die optischen Komponenten müssen mit großer Sorgfalt gehandhabt werden. Das Berühren der Linsenoberflächen ist zu vermeiden. Fingerabdrücke auf der Gitterfolie können dazu führen, dass diese unbrauchbar wird.

Unterscheidung der beiden Linsen

Die beiden achromatischen Linsen haben eine unterschiedliche Brennweite. Sie beträgt für den Kollimator 39,5mm und für das Projektionsobjektiv 26,5mm. Zur Unterscheidung der beiden Linsen hält man diese so zwischen ein helles Objekt (Lampe, Fenster etc.) und ein Blatt Papier, dass das Bild des Objektes auf dem Papier scharf erscheint. Es erscheint dabei seitenverkehrt und steht auf dem Kopf. Die Linse, die sich dabei näher am Papier befindet ist die Linse mit der kürzeren Brennweite.

Ausrichtung der Gitterfolie

Die Gitterfolie ist so einzubauen, dass die Gitterlinien parallel zum Spalt verlaufen. Dazu betrachtet man eine punktförmige Lichtquelle durch das Gitter. Die Ausrichtung ist korrekt, wenn die Spektralbilder links und rechts der Lichtquelle erscheinen.

Ganz elegant lässt sich die richtige Ausrichtung mit einem Laserpointer bestimmen. Man leuchtet dazu mit dem Laserpointer durch die Gitterfolie auf eine Wand. Neben dem normalen Laserpunkt erscheinen noch zwei weitere Laserpunkte, bei denen es sich um die Beugungsbilder handelt. Diese müssen in einer waagerechten Linie liegen. Erscheinen die Beugungsbilder ober- und unterhalb, so ist die Gitterfolie um 90° zu drehen.

Einkleben der Linsen in die Aluminiumwinkel

Das Einkleben der Linsen ist detailliert im AATiS-Praxisheft 23 beschrieben. Wichtig ist, dass die Linsen nicht verkantet. Die stärker gewölbte Seite der Linsen kommt nach außen. Wenn man das im Praxisheft beschriebene „Aufbocken“ beim Einkleben praktiziert, so steht die hintere Linsenfläche ein wenig über (siehe Fotos).

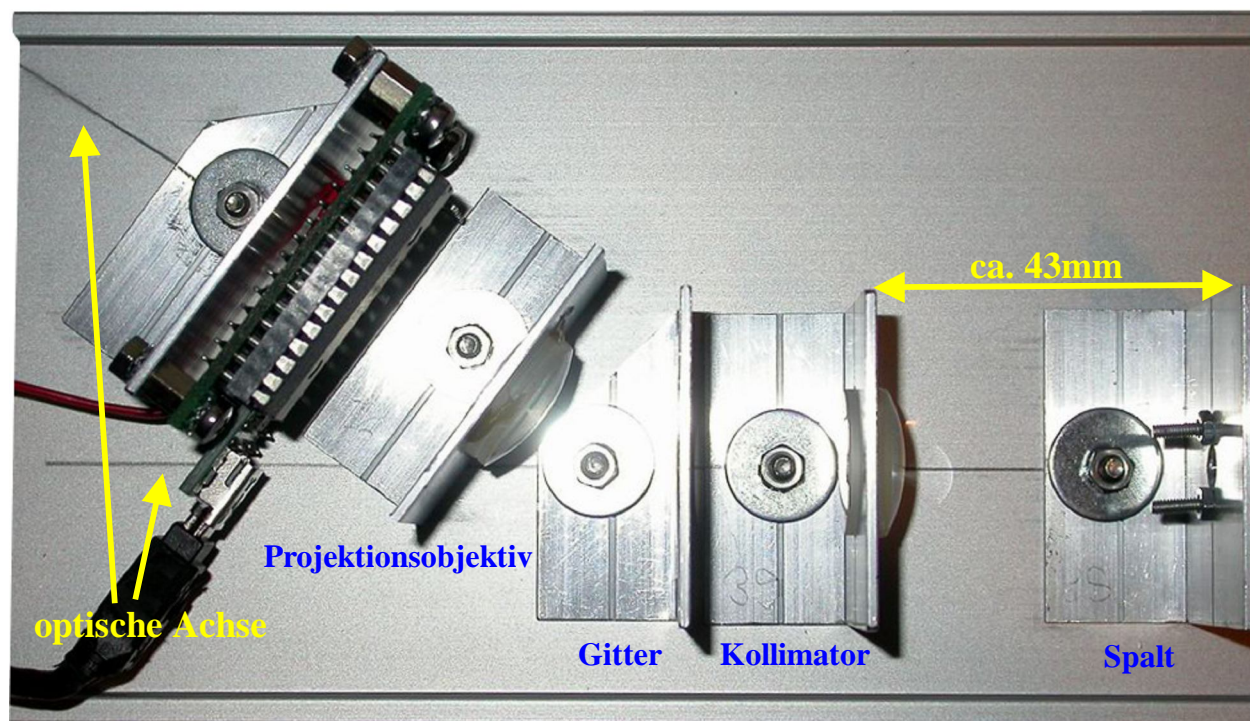


leichter Überstand der
hinteren Linsenfläche

Markieren der optischen Achse

Zur Erleichterung der Justage sollte die optische Achse markiert werden. Dazu verbindet man die Mittelpunkte der Bohrungen in der Grundplatte durch eine Linie. Die optische Achse ist nach dem Gitter in einem bestimmten Winkel abgeknickt. Dieser Winkel ergibt sich aus der Lage der Befestigungsbohrungen für das Projektionsobjektiv und die Elektronikbaugruppe.

Die Mittelpunkte der beiden Linsen, des Gitters sowie der Spalt müssen sich später genau auf der optischen Achse befinden. Es ist dazu hilfreich, wenn die Mittelpunkte der Linsen und des Gitters auch auf dem Aluwinkel markiert werden.



Montage des Spalts

Die beiden Klingen werden so montiert, dass sich mittig in der Bohrung des Aluwinkels ein schmaler, gleichmäßiger Spalt ergibt. Dies lässt sich am besten kontrollieren, indem man durch den Spalt auf eine helle Fläche schaut. Anzustreben ist eine Spaltbreite von 0,1mm oder darunter. Ein schmalere Spalt liefert eine bessere Auflösung, lässt aber auch deutlich weniger Licht in das Spektrometer.

Nachdem die Klingen ausgerichtet sind wird der Winkel auf die Grundplatte geschraubt. Er ist dabei so auszurichten, dass der Spalt genau auf der optischen Achse liegt. Das lässt sich am besten kontrollieren, indem die Grundplatte in das Gehäuse eingeschoben wird und man die Lage des Spaltes in der Lichteintrittsöffnung beobachtet.

Einstellung des Abstands Kollimatorlinse – Spalt

Zur Einstellung des korrekten Abstands zwischen der Kollimatorlinse und dem Spalt kann ein Fernglas oder das Sucherfernrohr eines Teleskops verwendet werden. Das Fernglas wird auf ein möglichst weit entferntes Objekt scharf gestellt. Diese Einstellung darf nicht mehr verändert werden.

Nun schaut man mit dem Fernglas durch die Kollimatorlinse und versucht das Bild des Spaltes zu sehen. Die Kollimatorlinse wird so in Längsrichtung verschoben, dass das Bild des Spaltes scharf erscheint. Das Fokussieren wird meist durch kleine Scharten auf den Klingen oder winzige Staubpartikel erleichtert.

Ist der korrekte Abstand gefunden, so wird der Aluwinkel des Kollimators festgeschraubt. Dabei ist darauf zu achten, dass der Mittelpunkt der Linse auf der optischen Achse verläuft und der Aluwinkel nicht verkantet. Beim Prototypen betrug der Abstand zwischen beiden Winkeln 43mm. Der genaue Abstand ist davon abhängig, wie weit die Linse im Winkel übersteht.

Montage des Gitters

Die Gitterfolie darf auf keinen Fall mit den Fingern angefasst werden. Der Aluwinkel mit dem Gitter wird auf der Grundplatte befestigt. Sein Abstand zum Kollimator ist unkritisch. Er muss aber senkrecht zur optischen Achse stehen.

Montage des Projektionsobjektivs

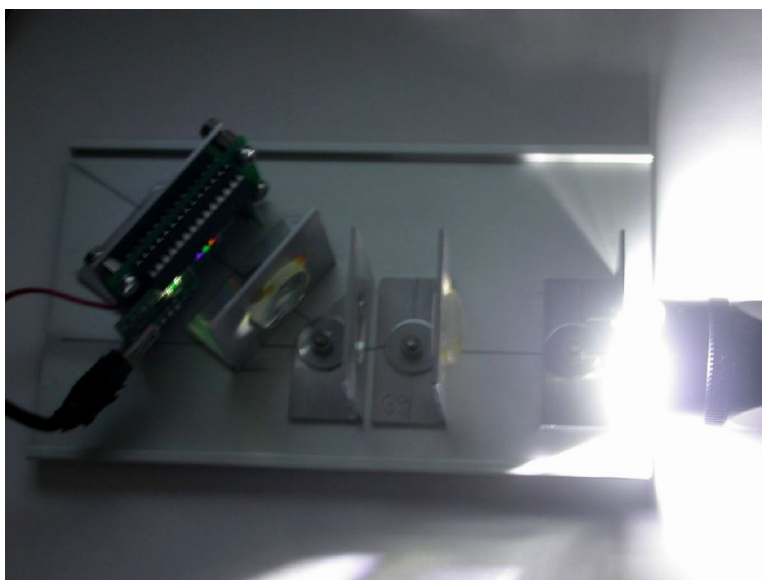
Das Projektionsobjektiv wird auf der Grundplatte so befestigt, dass sein Mittelpunkt genau auf der geknickten optischen Achse liegt. Wichtig ist, dass der Aluwinkel rechtwinklig zu der optischen Achse ausgerichtet ist.

Ist das Projektionsobjektiv verdreht so macht sich das bei der Feinjustierung dadurch bemerkbar, dass das Spektrum verzerrt ist und sich entweder nur der blaue oder der rote Spektralbereich scharfstellen lassen.

Montage der Elektronikbaugruppe

Nun wird die Elektronikbaugruppe montiert und grob justiert. Zuvor sollte die rote Leuchtdiode auf dem USB-Modul entweder ausgelötet oder lichtdicht abgedeckt werden. Sie leuchtet so hell, dass sie die Messwerte des Spektrometers verfälschen, oder schwache Lichtquellen überstrahlen würde.

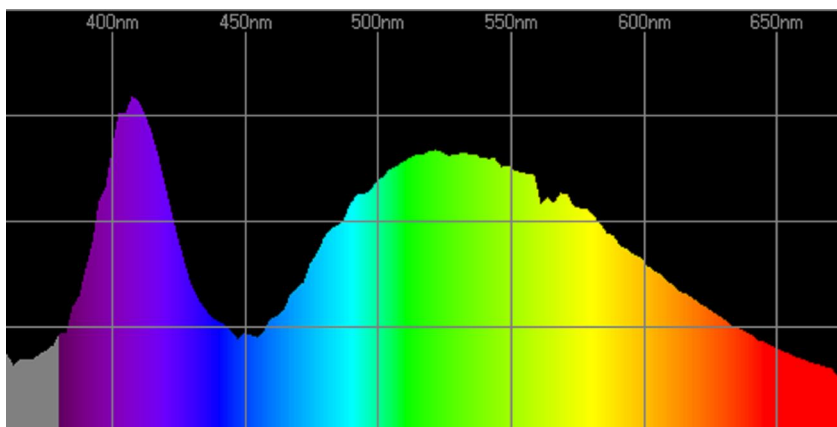
Die Grobjustierung kann sehr einfach in einem abgedunkelten Raum durch eine helle LED-Taschenlampe erfolgen. Diese wird vor dem Spalt platziert. Die Elektronikbaugruppe wird so verschoben, dass das Spektrum der LED-Taschenlampe auf der Sensoroberfläche sichtbar wird (siehe Fotos). Da man die Spektralfarben sehr gut auf dem Sensorchip sieht, wird die Baugruppe so verschoben, dass der gewünschte Ausschnitt des Spektrums auf dem Sensorchip zu sehen ist.





Da eine weiße LED kein schmalbandiges Linienspektrum abstrahlt, kann an dieser Stelle noch nicht genau fokussiert werden. Im nebenstehenden Foto ist ein heller Lichtfleck auf dem USB-Modul zu sehen. Dabei handelt es sich um die 0. Ordnung des Beugungsbildes, also das Originalabbild der LED-Taschenlampe. Damit der Sensor nicht durch Streulicht dieser Abbildung beeinflusst wird, kann zwischen Sensorchip dem USB-Modul eine kleine Trennwand aus Papier oder Kunststoff aufgeklebt werden.

Als Test, ob die Grobjustierung erfolgreich war, schiebt man die Grundplatte in das Gehäuse und hängt ein Tuch als Lichtschutz über die noch offene Rückwand. Wenn man jetzt mit der PC-Software ein Spektrum aufzeichnet, so sollte dieses in etwa wie in der nachfolgenden Abbildung aussehen. Je nach Position des Sensors kann es natürlich nach rechts oder links verschoben sein.



Die Form des Spektrums lässt sich leicht durch die Wirkungsweise einer weißen LED erklären. In Wirklichkeit handelt es sich um eine blaue LED, über der eine Leuchtschicht aufgebracht ist. Diese Leuchtschicht wird durch das blaue Licht angeregt und strahlt ihrerseits langwelligeres Licht ab.

Die Zusammensetzung der Leuchtschicht ist dabei so gewählt, dass das menschliche Auge das von der LED abgestrahlte Licht als weiß empfindet, wobei der Blaustich nicht zu übersehen ist.

Feinjustierung des Spektrometers

Die Feinjustierung erfordert Geduld und Fingerspitzengefühl. Optimal geeignet ist eine möglichst helle Energiesparlampe als Lichtquelle. Die Grundplatte des Spektrometers wird in das Gehäuse eingeschoben, die Rückwand allerdings noch nicht montiert. Damit kein Fremdlicht in das Gehäuse gelangt wird die offene Rückseite durch ein Tuch abgedeckt.

Mit der Spektrometersoftware beobachtet man nun das Spektrum. Die Belichtungszeit sollte dazu im Programm nicht zu gering eingestellt werden. Ein guter Startwert ist 40. Wenn sich die Elektronikbaugruppe nicht allzu weit außerhalb des Fokus entfernt befindet, so sollte man die Quecksilberlinien der Energiesparlampe als „Buckel“ oder Spitzen im Spektrum erkennen.

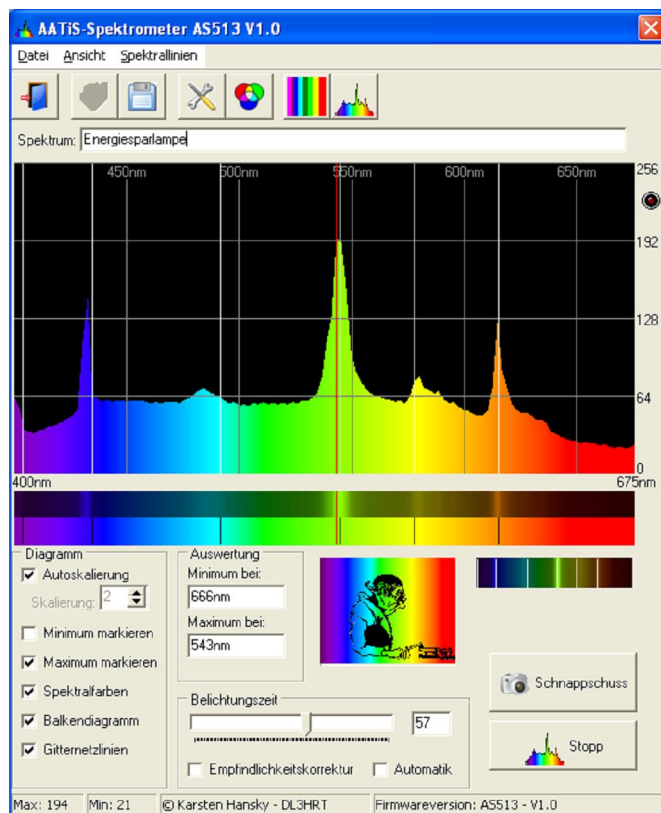
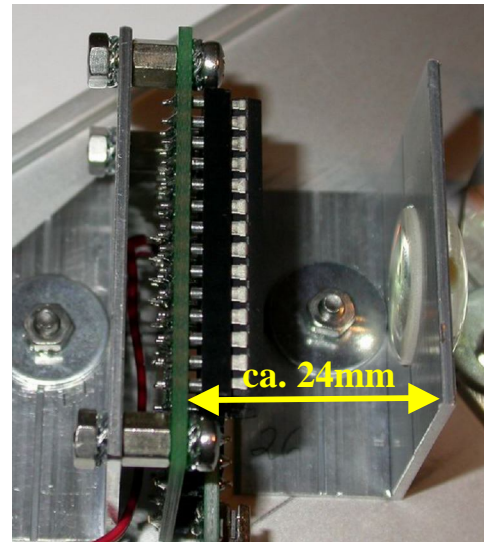
Die Feinjustierung besteht darin, die Elektronikbaugruppe so zu verschieben, dass die Quecksilberlinien möglichst schmal, und deutlich stärker als das übrige Spektrum dargestellt wer-

den. Kann man die Elektronikbaugruppe nicht weiter in Richtung Projektionsobjektiv verschieben, so ist dieses gegebenenfalls etwas näher an die Elektronikbaugruppe zu verschieben.

Sind alle abgebildeten Linien zu breit dargestellt, so ist der Abstand zwischen Projektionsobjektiv und der Elektronikbaugruppe nicht korrekt. Wird ein Teil des Spektrums scharf abgebildet und der andere nicht, so sind beide Baugruppen gegeneinander verdreht.

Beim Prototypen betrug der Abstand zwischen der Oberseite der Leiterkarte und dem senkrechten Teil des Aluwinkels des Projektionsobjektivs 24mm. Dies kann als Richtwert dienen. Der genaue Abstand ist davon abhängig, wie weit die Linse im Winkel übersteht.

Das nachfolgende Foto zeigt das Spektrum, so wie es nach der erfolgten Feinjustierung dargestellt werden sollte.



Nach Abschluss der Feinjustierung wird die Spektrometersoftware auf den ausgewählten Wellenlängenbereich kalibriert. Dazu betätigt man den Werkzeug-Knopf und stellt im „Einstellungen“-Dialog die untere Grenze und die Breite des dargestellten Wellenlängenbereiches an. Beim Prototypen betrug diese 275nm.



Die Einstellung wird erleichtert, wenn man die Spektrallinien des Quecksilbers (Hg) in das Spektrum einblendet. und die Werte für „Minimum“ und „Bereich“ solange verändert, bis die eingeblendeten Spektrallinien zu den Peaks im Spektrum passen. Dabei sind Abweichungen im Bereich von 5nm normal.

Streulichtunterdrückung

Streulicht innerhalb des Spektrometers kann die Messergebnisse verfälschen bzw. eine Messung des Spektrums ganz unmöglich machen. Streulicht entsteht durch mehrfache Reflexion an glänzenden Oberflächen. Das sind z.B. die Klingen des Spalts, aber auch die Gehäuseinnenseite oder die Aluminiumwinkel.

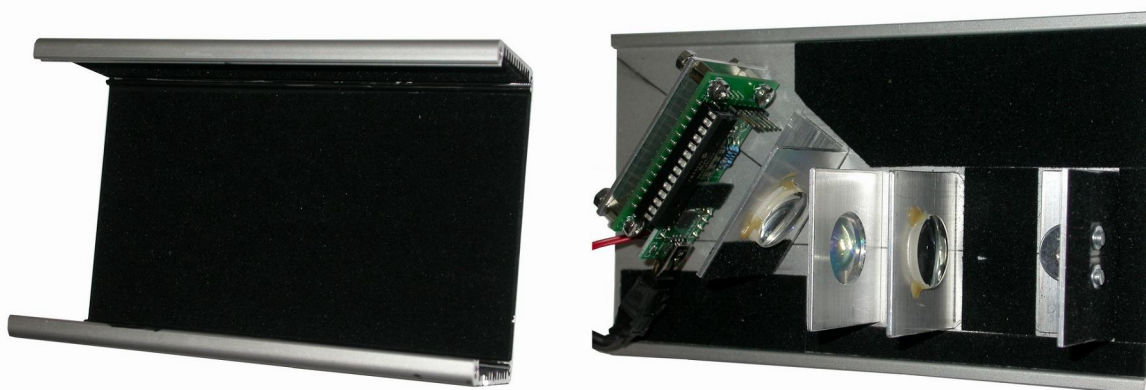
Eine effektive Variante um Reflexionen zu verringern ist das Schwärzen aller metallischen Teile innerhalb des Spektrometergehäuses mit matter Farbe. Gut geeignet, wenn auch teuer, ist z.B. Tetenal Optiklack. Eine ausgezeichnete Alternative zu Farbe ist selbstklebende schwarze Veloursfolie (z.B. d-c-fix) aus dem Baumarkt. Vor der Verarbeitung sollte sie mit einem Fusselroller von losen Fasern befreit werden. In ihrer lichtschluckenden Wirkung ist sie jeder schwarzen Farbe deutlich überlegen.

Sind die optischen Komponenten bereits justiert, so ist von einer Komplettschwärzung abzuraten da die Gefahr sehr groß ist, dass versehentlich Farbe auf die Linsen oder das Gitter kommt. Auf jeden Fall sollte die Gehäuseinnenseite komplett geschwärzt werden. Da es sich um eine größere Fläche handelt, bietet sich das Bekleben mit Veloursfolie an.

Der vordere Bereich der Grundplatte sollte ebenfalls geschwärzt werden, ebenso die freien Bereiche an der Seite.

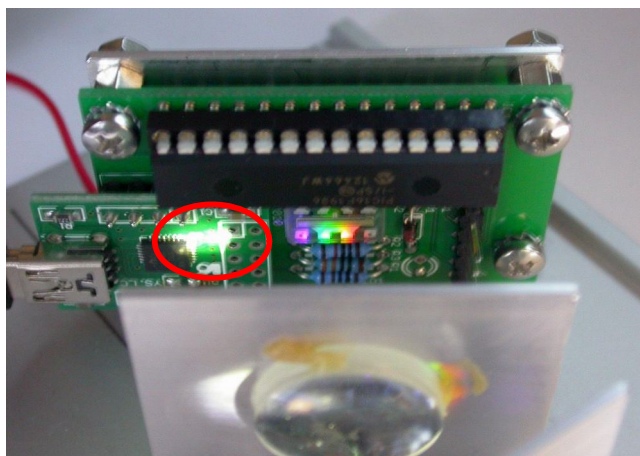
Die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen lässt sich am besten dadurch abschätzen, dass man die Grundplatte vollständig in das Gehäuse einschiebt und den Spalt durch die Lichteintrittsöffnung mit einer möglichst hellen Lichtquelle beleuchtet. Danach schaut man im abgedunkelten Raum von hinten in das Gehäuse. Sind keine Bereiche mit deutlichem Streulicht zu erkennen, so sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Die beiden nachfolgenden Fotos zeigen das Spektrometer nach dem Bekleben der relevanten Bereiche mit Veloursfolie.

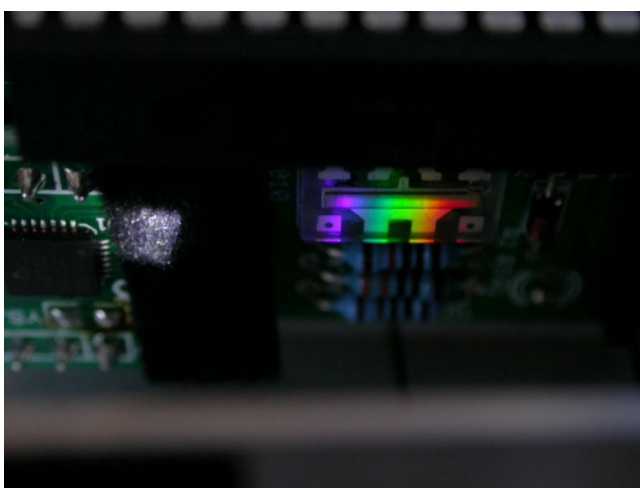


Die Fotos wurden mit Blitzlicht gemacht. Man kann gut sehen, wie effektiv die Veloursfolie Reflexionen unterdrückt.

Eine weitere Streulichtquelle ist das Beugungsbild 0. Ordnung, welches bereits weiter oben erwähnt wurde (im Foto mit roter Farbe markiert). Es zeigt sich als Lichtfleck auf dem USB-Modul, direkt neben dem Detektorchip. Da sich die Entstehung dieses Lichtflecks systembedingt nicht zu vermeiden ist, muss er durch eine Blende vom Detektorchip getrennt werden.



Aber auch schon das Aufbringen eines Stücks Velourfolie auf diese Stelle ist schon sehr effektiv wie das nebenstehende Foto zeigt. Das Beugungsbild 0. Ordnung wird sehr effektiv unterdrückt und ist nur noch ganz schwach zu sehen, so dass es keinen Einfluss mehr auf die Messwerte hat.



Treiberinstallation für das Spektrometer

Das verwendete USB-RS232 Konvertermodul arbeitet auf Basis des CP2102 der Fa. Silicon Labs. Falls die automatische Treiberinstallation unter Windows nicht funktioniert, so können die Treiber direkt von der Homepage des Herstellers geladen werden (<http://www.silabs.com>). Das Spektrometer meldet sich unter Windows als „AATiS-Spektrometer AS513“ an.

Softwareinstallation

Es wird kein spezielles Installationsprogramm benötigt. Die Software „*Spektrometer.exe*“ wird einfach in das gewünschte Verzeichnis kopiert. Nach dem Programmstart verbindet sich die Software automatisch mit dem Spektrometer, sofern dieses an den PC angeschlossen ist. Wird kein Spektrometer erkannt, so wird rechts unten in der Statuszeile die Zeichenkette „*kein Spektrometer angeschlossen*“ ausgegeben.

Unter Windows-XP ist das Spektrometer nun problemlos verwendbar. Arbeitet man mit Windows 7, so wird es unter Umständen nicht erkannt. In diesem Fall muss die Software entweder mit Administratorrechten ausgeführt werden oder man aktiviert den Kompatibilitätsmodus für Windows-XP. Der einfachste Weg dazu ist, wenn man sich eine Verknüpfung zur Spektrometersoftware auf dem Windows-Desktop anlegt und über die rechte Maustaste die Kompatibilitätseinstellungen anpasst.