

Sechs Methoden zur Reinigung astronomischer Teleskopspiegel

Wer ein Teleskop mit einem offenen Tubus besitzt, muss sich irgendwann mit der Frage der Reinigung des Spiegels befassen. Die Beseitigung von Schmutz von einer empfindlichen Aluminiumschicht ist dabei alles andere als trivial. Unser Autor hat geschaut, wie es die Profis machen, und verschiedene Verfahren zur Spiegelreinigung ausprobiert.



▲ Wenn ein Teleskopspiegel zu schmutzig ist, sollte er gereinigt werden. Doch das ist gar nicht so einfach und auch in der professionellen Astronomie gibt es dafür keinen Königsweg. Foto: Thomas Eversberg

Die Optik in einem offenen Teleskop-tubus muss regelmäßig von Staub und anderen Rückständen gereinigt werden, um ihre Reflexionsfähigkeit zu erhalten. Im Prinzip ist Staub bis zu einem gewissen Grad kein Problem – Staub absorbiert nicht viel Licht –, doch Staub und Pollen, wie es insbesondere bei Amateuerteleskopen oft der Fall ist, bilden mit Feuchtigkeit aggressive organische Verbindungen, erzeugen punktuelle Verfärbungen und zerstören die Reflexionsschicht auf dem Spiegelträger. Die Beseitigung von Schmutz auf einer Aluminiumschicht ist jedoch eine delicate Angelegenheit, insbesondere wenn keine Schutzschicht aufgetragen ist. Mechanische Anwendungen sollten möglichst vermieden werden, um das empfindliche und sehr dünne Material nicht zu beschädigen. Da ich bereits selbst einen großen Spiegel mit der bei den Profis üblichen Reinigungsmethode mit CO₂-Gas gearbeitet habe, bin ich bisher davon ausgegangen, dass das der generelle Königsweg für Teleskopspiegel ist. Doch man lernt nie aus ...

Mir sind bis heute sechs Methoden zur Spiegelreinigung bekannt: Tupfen mit

Watte, das Waschen der Spiegeloptik, das Abwedeln mit einem Optiktuch, Strahlen mit CO₂-Gas oder mit Wasserdampf sowie die Anwendung einer Polymerfolie.

Tupfen mit Watte

Die bei Amateuren weithin angewendete Methode nutzt mit destilliertem Wasser getränkte Watte. Ein nasser Wattebausch soll den Spiegel »ohne Druck« bei »kreisenden Bewegungen« von Schmutz befreien. Ohne Druck ist hier nicht ganz korrekt, weil ein minimaler Druck natürlich vorhanden ist. Nach meiner Erfahrung scheint das Abziehen mit Watte durchaus effektiv zu sein. Allerdings wird die Aluminiumschicht bei Bewegung der Watte durch die anhaftenden Teilchen mikroskopisch verkratzt. Alternativ kann man anhaftende Teilchen mit angefeuchteter medizinischer Watte aus Baumwolle ohne Silikon lediglich antupfen, um Verschmutzung so zu lösen und abzuheben. Allerdings ist die Wirksamkeit dieser Methode auf wirklich lose auf dem Spiegel haftende Partikel beschränkt. Nach dem Abtupfen haften Wattereste auf der Oberfläche. Um diese zu beseitigen, lässt man sie

trocknen und »wedelt« den Spiegel mit einem Optiktuch ab (siehe unten). Auch ich hatte diese Methode für kleine Optiken angewendet. Mittlerweile meine ich allerdings, dass sie nur angewendet werden sollte, wenn der Spiegel in einem Wasserbad liegt, also sowieso gewaschen wird.

Waschen

Eine effiziente Reinigungsmethode ist das Waschen des Spiegels. Der 80-cm-Hauptspiegel unserer Sternwarte – der Schülersternwarte Waldbröl – wurde dabei relativ sauber. Wir haben ihn zunächst mehrere Stunden in mit ein paar Tropfen Spülmittel versetztem Wasser »eingeweicht« und dann mit einem durchaus kräftigen Wasserstrahl abgesprüht. Während der Spiegel noch unter Wasser liegt, kann man versuchen, ihn mit getupfter Watte – ohne sie über den Spiegel zu wischen – von weiterem Schmutz zu befreien. Zum Schluss wird mit destilliertem Wasser nachgespült und der Spiegel senkrecht gestellt, damit das Wasser ablaufen kann. Bei einem 12½-Zöller hat das vor einigen Jahren ebenfalls gut funktioniert. Der 2-Meter-Spiegel am Wendelstein-

Observatorium wird einmal pro Jahr in einem 2-stufigen Prozess gewaschen (erst Seifenlösung in destilliertem Wasser, dann verdünnter reiner Industrialkohol). Auch dort muss der Spiegel ausgebaut werden. Der 1,12-Meter-Spiegel der Sternwarte Melle wird hingegen im eingebauten Zustand gewaschen. Das Wasser wird dort in der Zenitposition in den Newtonspiegel geschüttet. Nach dem »Einweichen« wird ein Wattebausch über die vom Wasser bedeckte Spiegeloberfläche bewegt. Danach wird das Wasser in den Teleskopraum abgeschüttet und aufgewischt. Ob diese Waschmethode für das eigene Teleskop geeignet und ob das Abschütten des Wassers ein Problem ist, hängt natürlich von den Randbedingungen ab. Ein großer Vorteil ist, dass der Spiegel nicht ausgebaut werden muss, was bei einer Optik dieser Größe nicht zu unterschätzen ist. Leider ist dies nur bei Newtonspiegeln ohne zentrales Loch machbar. Andernfalls muss man Maßnahmen ergreifen, damit das Wasser nicht direkt abläuft.

Wedeln mit Optiktuch

Grundsätzlich ist das »Abwedeln« mit Optiktüchern aus reiner Baumwolle ein relativ wirksames Mittel, um losen Staub zu lösen. An der Sternwarte Tautenburg wird der 2-Meter-Hauptspiegel alle 14 Tage mit Optiktüchern abgewedelt. Damit wird die Standzeit der Spiegeloberfläche in Tautenburg etwa verdoppelt und der Spiegel muss erst nach sechs bis acht Jahren neu belegt werden. Dabei wird bei einer leichten und vorsichtigen Berührung über den Spiegel »gewedelt«. Für jedes Wedeln darf man nur neue Tücher nehmen und gewaschene Tücher dürfen nur genutzt werden, wenn die Waschmaschine ausschließlich für Optiktücher und nur mit flüssigem Waschmittel benutzt wurde. Die Firma Tricotton bietet hierfür drei Qualitäten an, von denen die dickere am besten geeignet ist. Wie beim Tupfen mit Watte gilt hier, dass klebrig haftender Schmutz nicht wirklich gelöst wird.

Strahlen mit CO₂

Schließt man eine mit einem Ventil verstellbare Düse an eine CO₂-Gasflasche an und bläst damit das Gas über den Spiegel, expandiert das flüssige Kohlendioxid um den Faktor 700 zu Gas, kühlt dabei adiabatisch ab und entwickelt CO₂-Schnee. Die -60°C kalten Schneeflocken stoßen auf die Staupartikel, welche sich bei der tiefen Temperatur schlagartig zusammenziehen und von

der Spiegeloberfläche lösen. Der Gasdruck schiebt die Partikel dann von der Oberfläche. Die CO₂-Flocken und der Staub verkratzen dabei nicht die Spiegelbeschichtung, weil sie auf einem CO₂-Gaspolster über die Oberfläche gleiten, welches von den Schneeflocken sublimiert. Die Methode ist sanft genug, um sie so oft anwenden zu können, bis der Spiegel mit neuem Aluminium belegt wird.

Die CO₂-Methode kommt an allen Profi-Observatorien zum Einsatz, weil sie schonend und leicht anwendbar ist. Sofern sie wöchentlich durchgeführt wird, ist diese Art der Reinigung an professionellen Sternwarten hinreichend, da man damit lose Partikel entfernen kann. An dieser Stelle sollte man die Umweltbedingungen an

Profi- und Amateursternwarten betrachten: Profisternwarten stehen in der Regel an »sauberen« Orten. Das sind sehr hohe Berge und Wüsten und man kämpft dort im Wesentlichen nur mit Staub. Bei Amateuren ist das anders: Sie müssen ihre Optiken von Fett und anderem Material befreien, was durch Einwirkung von Luftfeuchtigkeit schnell mit der Oberfläche »verbacken« ist (z. B. Pollen, Insekten). Das aber ist mit der CO₂-Behandlung kaum möglich. Außerdem gehen aus der Literatur unterschiedliche Bewertungen des Verfahrens hervor: Die »Isaac Newton Group of Telescopes« (ING) am La-Palma-Observatorium schätzt die Verbesserung des Reflexionsvermögens auf lediglich rund zwei Prozent, während am Hobby-Eberly-Teleskop von einer



▲ Waschen des 80-cm-Spiegels der Schülersternwarte Waldbröl. Das Prozedere wurde auch in einem Video dokumentiert (siehe Kurzlink). Foto: Thomas Eversberg



▲ Prüfung des restlichen Verschmutzungsgrads mit einem Aufsichtsmikroskop nach dem Waschen. Foto: Thomas Eversberg

► Abwedeln des 2-Meter-Spiegels an der Sternwarte Tautenburg, auch hiervon gibt es ein Video (siehe Kurzlink). Foto: Thomas Eversberg



► CO₂-Reinigung am Very Large Telescope der europäischen Südsternwarte ESO in Chile. Foto: ESO / Max Alexander



► Reinigung des Spiegels des Isaac-Newton-Teleskops auf La Palma mit Wasserdampf. Foto: M. F. Blanken, A. K. Chopping, K. M. Dee



»erheblichen Verbesserung« gesprochen wird. Aus der Literatur geht nicht eindeutig hervor, inwiefern das Reflexionsvermögen selbst unter relativ sauberen Bedingungen in signifikantem Umfang wiederhergestellt werden kann. Profioptiken werden jedenfalls regelmäßig neu verspiegelt. Daher kann man zwanglos davon ausgehen, dass die Verschmutzung einfach nur verlangsamt wird. Und die Kosten für eine CO₂-Ausrüstung von rund 3000 € machen diese Technik für Amateure nicht gerade attraktiv. In Online-Foren werden übrigens CO₂-Feuerlöscher diskutiert. Davor kann man nur warnen, weil nie gewährleistet ist, dass das Gas auch sauber und frei von unerwünschten Partikeln ist. Letztlich muss man beachten, dass bei diesem Verfahren in engen Räumen wegen der Erstickungsgefahr unbedingt ein CO₂-Messgerät genutzt werden muss.

Strahlen mit Wasserdampf

Die ING auf La Palma hat eine zum CO₂-Strahlen analoge Methode entwickelt und bereits 2003 veröffentlicht. Die Gruppe besprüht die Optik mit Wasserdampf und kehrt damit den Temperaturgradient zwischen Medium und Optik im Verhältnis zur CO₂-Reinigung um. Die Reinigung beginnt mit der Befeuchtung des Spiegels mit seifigem Dampf, indem Wasser mit Seife vorgemischt wird. Der rund 35 °C heiße Seifendampf entfernt die

großen Staubpartikel. Der Temperaturschock zwischen dem warmen Dampf und dem diesmal kälteren Spiegel löst die Partikel. Vor dem Trocknen des Spiegels wird die Seife mit destilliertem Wasserdampf von der Oberfläche entfernt (destilliert, da der Dampf Partikel mitnehmen kann), der die Oberfläche für die Nachbearbeitung feucht hält. Um schließlich die gleichen Ergebnisse wie beim Waschen zu erzielen, kann die Optik mit Naturschwämmen oder Tupfern behandelt werden.

Im Vergleich zum Waschen wird mit der »Wasserdampfmethode« bedeutend weniger Wasser auf die Optik aufgetragen. Es kann daher relativ leicht mit Handtüchern kontrolliert und peripherer Schaden vermieden werden. Das optische Ergebnis ist ähnlich wie das mit der Wasserwäsche, allerdings ohne dass der Spiegel ausgebaut werden muss. Die ING setzt industrielle Dampfreiniger ein, man kann aber auch Dampfreiniger für den Haushalt nutzen (sog. »Dampfernten«). Eine Beschädigung der Aluminiumbeschichtung war bei der Prozedur auf La Palma beinahe unmöglich. Nur als der Dampfstrom 20 Minuten lang wenige Zentimeter von der Oberfläche entfernt in konstanter Position gehalten wurde, kam es zu einer leichten Verschlechterung der Beschichtung. Nach Aussage der ING liefert die »Dampfreinigung« ein besseres Resultat als die CO₂-Reinigung und man hat dieses Verfahren sowohl beim 2,5-Meter-Primärspiegel des Isaac-Newton-Teleskops als auch an dem des 4,2 Meter William-Herschel-Teleskops angewendet.

Reinigen mit Polymerhaut

Eine relativ neue Reinigungsmethode nutzt eine von der amerikanischen Firma Photonic Cleaning Technologies entwickelte Mischung verschiedener chemisch inaktiver Polymere (flüssige Kunststoffe), in Deutschland vertrieben durch die Mountain Photonics GmbH. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Methoden wird hier ein direkter und dauerhafter Kontakt mit dem Spiegel erzeugt, indem das flüssige Polymer aufgetragen wird, welches nach dem Verdunsten des Lösungsmittels aushärtet und einen widerstandsfähigen, flexiblen Film bildet. Dieser kann dann zusammen mit den Fremdkörpern auf der Optik abgezogen werden. Zum einen kann damit die Oberfläche eines Spiegelträgers vor einer neuen Belagung vorbereitet werden, um die Anzahl sog. Nadellöcher im Spiegelsubstrat



▲ Reinigung des 80-cm-Spiegels der Sternwarte Waldbröl mit Wasserdampf. Auf dem Spiegel sind noch feuchte Wattereste zu erkennen. Video der Reinigung siehe Kurzlinks. Foto: Thomas Eversberg



▲ Zustand nach der Dampfreinigung. Die rechte Spiegelhälfte ist signifikant sauberer als die unbehandelte linke Hälfte. Foto: Thomas Eversberg



► Anwendung der Polymerfolie zur Reinigung eines Spiegels mit fest anhaftendem Schmutz und einem Fingerabdruck (a): Die Flüssigkeit wird aufgetragen (b) und nach Aushärtung abgezogen (c). Der Schmutz ist teilweise noch vorhanden, der Fingerabdruck ist beseitigt (d). Fotos: Thomas Eversberg

(Aluminium oder Silber) zu minimieren. Zum anderen ist das Polymer aber auch bestens geeignet, um einen Spiegel von anhaftenden Partikeln zu befreien. Grundsätzlich muss man testen, ob die Verspiegelung noch hinreichend auf dem Glasträger haftet, um sie nicht mit der ausgehärteten Folie mit abzuziehen.

Im Gegensatz zur Anwendung von CO₂-Schnee wird mit dieser Methode auch Fett und Material gelöst, was durch Einwirkung von Luftfeuchtigkeit schon auf der Oberfläche haftet. Übrigens schützt das Polymer die Optiken auch bei einem Transport gegen Verschmutzung und Beschädigung.

Fazit

Letztlich gibt es keinen Königsweg für die Reinigung höchst empfindlicher Oberflächen. Es hängt immer von der Art und vom Grad der Verschmutzung, aber auch vom Teleskoptyp ab. Geschlossene Optiken (z. B. Schmidt-Cassegrain, Maksutov) verschmutzen eben kaum. Grundsätzlich verzögern alle sechs hier vorgestellten Methoden eine Neubelegung des Spiegels nur. Zunächst bremst das regelmäßige Abblasen mit CO₂ die Verunreinigung durch Staub. Das scheint auch für das sehr viel preisgünstigere Wedeln zu gelten. Allerdings werden anhaftende Teilchen wie z. B. Pollen mit diesen beiden Methoden nicht entfernt. Das kann in gewissen Grenzen mit Wasserdampf plus Tupfen mit Watte sowie Wedeln versucht werden. Ein ebenfalls akzeptables Ergebnis wird mit Waschen des Spiegels inkl. Tupfen erzielt. Die Ergebnisse aller Methoden können mit der Polymermethode noch verbessert werden. Wenn auch das nicht mehr ausreicht und die Reflexionsschicht beschädigt ist, muss der Spiegelträger neu belegt werden. Zur Beurteilung des Verschmutzungsgrads sollte man beachten, dass Optiken bei seitlichem Blick auf den Spiegel oder bei starker Beleuchtung durch eine Lampe beinahe immer schmutzig aussehen. Das kann angesichts der Nutzung bei senkrechtem Lichteinfall aber kein Kriterium sein, denn dann ist der Lichtverlust durch Verschmutzungen relativ gering und für durchaus lange Zeit zunächst vernachlässigbar. Falls man keine objektiven Messmethoden anwenden kann, ist die Grenze zwischen noch akzeptabler Verschmutzung und einer notwendigen Neubedampfung leider unscharf und man muss sich als Amateur an den eigenen Beobachtungsergebnissen orientieren.

• **Thomas Eversberg**

Der Autor dankt Johannes Winkler von der Sternwarte Tautenburg für die Einführung in das Abwedeln und die Polymerhaut und den Firmen Tricotton Technik GbR und Mountain Photonics GmbH für die kostenlose Überlassung ihres Reinigungsmaterials.

Weiterführende Links

im Internet unter asm.li/46s68