

Ausrüstung

Anfänglich beobachtete ich mit meinem selbstgebauten 8" Dobson-Teleskop (Abb. 1a) ausschließlich visuell. Seit dem Jahr 2000 beschäftige ich mich aber schwerpunktmäßig mit der Spektroskopie, was einen Ausbau dieses Teleskops mit einer Schrittmotoren-Nachführung erforderlich machte. Vereinfachend wirkt sich aus, dass bei der Fokussierung auf ein punktförmiges Objekt die zusätzliche Korrektur der Bildfelddrehung, wie sie bei einer azimutalen Montierung bei der Astrofotografie erforderlich ist, entfällt.

Seit August 2018 benutze ich ein selbstgebautes 18"-Teleskop (Abb. 1b), ebenfalls in Dobson-Ausführung. Da das Gerät mangels fester Aufstellmöglichkeit ebenfalls transportabel sein muss, habe ich es zur Gewichtsreduzierung in Aluminiumbauweise ausgeführt. Das Gesamtgewicht des Teleskops beträgt 38 kg und ist einfach in drei Teile zerlegbar (Unterteil 15 kg, Wiege mit Spiegel 18 kg und Tubus 5 kg).

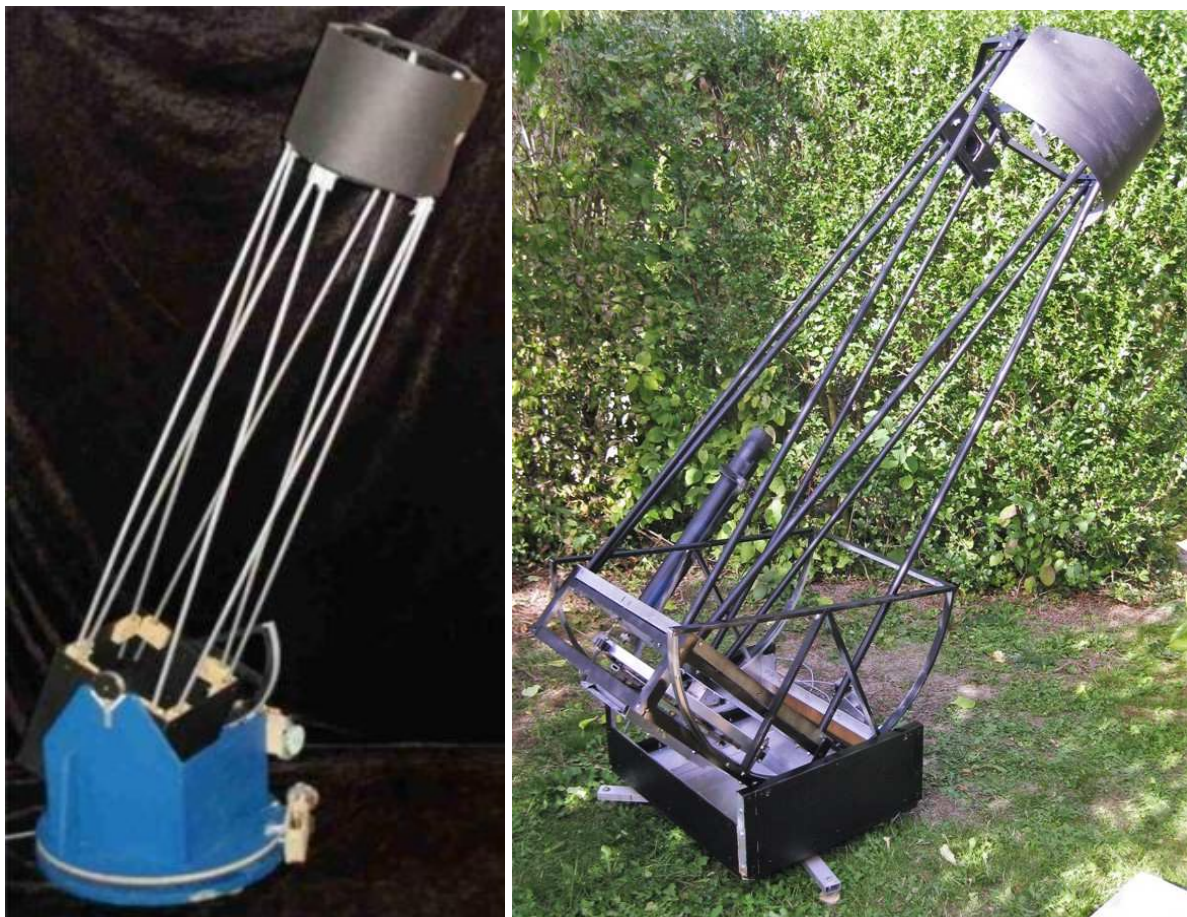


Abb. 1a: 8" Dobson-Teleskop mit Schrittmotoren-Nachführung

Abb. 1b: 18" Dobson-Teleskop in Alu-Konstruktion

Die schwache Montierung eines Dobson-Teleskops trägt keine Zusatzgeräte wie einen Spektrographen. So blieb als einzige Möglichkeit die Ankopplung des Spektrographen über einen Lichtwellenleiter (LWL) sowie einer automatischen Nachführung des Teleskops. Durch den LWL wird der Spektrograph mechanisch völlig vom Teleskop entkoppelt, so dass dieser nun in Gewicht und Größe nicht mehr durch die Tragfähigkeit der Montierung limitiert wird. Neben diesem Vorteil muss man aber zusätzliche Lichtverluste, die beim Einsatz eines LWL unvermeidlich sind, in Kauf nehmen. Andererseits wären präzise Radialgeschwindigkeitsmessungen mit einer Genauigkeit bis zu 0,25 km/s ohne LWL ohnehin kaum erreichbar. Die größere Schwierigkeit ergab sich bei der exakten Ausrichtung des Fokus auf die Faserendfläche mit einem Querschnitt von 200 μm über längere Belichtungszeiten. Eine präzise

Nachführung über die Stundenachse wie bei einer parallaktischen Montierung ist bei einer Dobson-Bauweise nicht gegeben. Als Alternative deshalb kam nur eine automatische lichtelektrische Nachführung in Frage. Eine solche realisierte ich durch eine spezielle Anordnung weiterer Lichtleiter (kohärentes Faserbündel) zur Positionsbestimmung des Sterns: Um die zentrale Faser zur Weiterleitung des Sternlichts an den Spektrographen sind 6 weitere Fasern gleichen Durchmessers möglichst gleichmäßig und dicht angeordnet (siehe Abb. 2). Die lichtleitenden Faserkerne mit einem Durchmesser von $200\ \mu\text{m}$ zeichnen sich tiefschwarz ab und sind von einem $15\ \mu\text{m}$ dicken Kunststoffmantel, dem so genannten Cladding, umgeben. Die Fasern sind als Bündel mit Epoxydharz in eine Glaskapillare eingeklebt und dann geschliffen und poliert worden. Die Politur der Endflächen ist entscheidend für eine möglichst verlustarme Ein- und Auskopplung des Lichts.

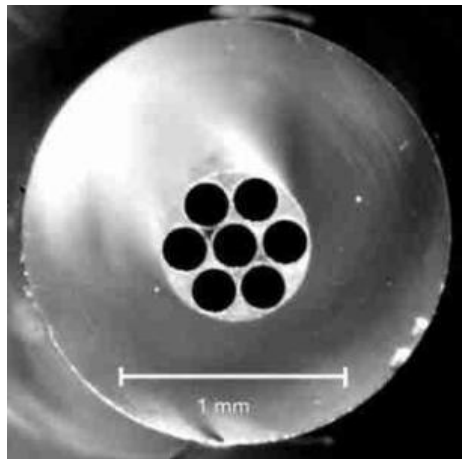


Abb. 2: Faserbündel für die Übertragung des Lichts zum Spektrographen und zur Nachführung des Teleskops

Die Herstellung dieser Lichtwellenleiteranordnung erfordert allerdings ein beträchtliches Maß an Geduld und einige Übung im Umgang mit den dünnen Fasern. Nicht gleich der erste Versuch gelang zufriedenstellend! Der so gebildete Faserring um die zentrale Faser dient der Positionsbestimmung des Sterns. Ein Teil des Lichts (ca. 10%) wird durch eine dünne Planplatte (Deckglas für die Mikroskopie) zur visuellen Grobeinstellung und Kontrolle seitlich an der Okularhalterung herausgelenkt (Abb. 3).



Abb 3.: LWL-Kabel (Faserende in der Messinghülse zur Ankopplung an den Spektrographen, 6 einzelne Faserenden zur Nachführung,)

Die Nachführelektronik musste mehrfach modifiziert werden, bis eine hinreichende Lichtempfindlichkeit und Stabilität erreicht wurde. Die Versuche reichten von einfachen Fotodiodeverstärkern, über Lock-in-Verstärkern zur Verarbeitung der winzigen Fotoströme bis hin zur endgültigen Lösung, bestehend aus einem CCD-Zeilensensor, einem Raspberry zur Signalverarbeitung und der Schrittmotorensteuerung. Dieses lichtelektrische Nachführsystem erlaubt die Beobachtung von Sternen bis zur 6. Größenklasse. Was ausreichend ist, da bei schwächeren Sternen die Belichtungszeit für genaue Radialgeschwindigkeitsmessungen ohnehin zu lang wird.

Der Spektrograph

Der Spektrograph (Abb. 4) wurde aus vorhandenen optischen Komponenten aufgebaut und somit waren Kompromisse bei der Dimensionierung unausweichlich. Die Glasfaser bildet mit ihrem 200µm Kerndurchmesser den Eintrittsspalt. Für den Kollimator und das Kameraobjektiv wurden gebrauchte Fotoobjektive mit 200 mm bzw. 135 mm Brennweite verwendet. Das Reflexionsgitter war ursprünglich zur Abstimmung auf den gewünschten Wellenlängenbereich drehbar gelagert, ist aber mittlerweile zur Verbesserung der Stabilität für Radialgeschwindigkeitsmessungen auf den Wellenlängenbereich von 5700 bis 6700 Ångström fixiert. Die Justage der optischen Komponenten ist sehr diffizil, da das 135 µm schmale Spektralband auf die wenig breitere CCD-Zeile (ich verwende eine selbstgebaute CCD-Zeilenkamera) über eine Länge von 28 mm fokussiert werden muss.



Abb. 4: Spektrograph mit geöffnetem Gehäuse

Die technischen Details des Spektrographen und der Zeilenkamera sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Spektralbereich:	5700 - 6700 Ångström
spektrale Auflösung:	1,9 Ångström
Dispersion:	0,57 Ångström / Pixel
Brennweite des Kollimators:	200 mm
Brennweite der Kamera:	135 mm
Kantenlänge des Gitters:	50 x 50 mm
Anzahl der Linien:	1800 Linien / mm
Durchmesser des Lichtleiters:	200 µm
CCD-Zeilensensor:	Sony ILX511
Anzahl der Pixel:	2048
Abmessungen der Pixel:	14 x 200 µm

Warum erfolgte der Selbstbau einer CCD-Zeilenkamera, wo doch eine Vielzahl von Astrokameras angeboten werden? Neben den wesentlich geringeren Kosten und dem Spaß am Eigenbau kann die Kamera entsprechend den persönlichen Vorstellungen individuell gestaltet werden. Des weiteren bietet der Einsatz eines Zeilensensors gegenüber einem Flächensensor einige interessante Aspekte:

- Die Kamera kann schnell ausgelesen werden, da die Bilddateien sehr klein sind. So kann z.B. in wenigen Sekunden der Mittelwert aus einer großen Zahl von Flatfield-Aufnahmen gewonnen werden, so dass diese gegenüber den Sternspektren ein vernachlässigbares Rauschen aufweisen.
- Das Spektrum muss nicht aus einem zweidimensionalen Bild extrahiert werden.
- Einige Reduktionsschritte, wie Dunkelstromabzug und Flatfieldkorrektur, können sofort nach der Aufnahme erfolgen.
- Die Aufnahme eines Spektrums wird in wenigen Sekunden als Diagramm dargestellt. Dies ermöglicht direkt am Teleskop eine erste Beurteilung der Ergebnisse.
- Die Software für die Kamera kann schnell an eigene Wünsche angepasst werden.