Projekt ANT: Ein Astrofotografisch optimiertes Newton-Teleskop

Ein Bericht von Peter C. Slansky; 3.12.2006; rev. 23.1.2017

ANT 222/985 auf Lichtenknecker Montierung M 100 B, Königsleiten, 2.9.2005

I: Grundsätzliche Überlegungen

Nach einigen Jahren, in denen ich die Fotografie von Deepsky-Objekten meist nur an fremden Teleskopen realisiert hatte, wurde der Wunsch nach einem eigenen lichtstarken Gerät für meine speziellen Bedürfnisse immer größer. Aufgrund der Erfahrungen die ich an den anderen Geräten sammeln konnte, aufgrund der räumlichen Beschränkungen durch meinen vorhandenen Stauraum zu Hause und mein Auto und mit Blick auf die geplanten astrofotografischen Einsatzfelder konkretisierte sich immer mehr der Plan zu einem astrofotografisch optimierten Newton von etwa 20 cm Öffnung und etwa 1000 mm Brennweite heraus. Im Fachhandel hatte ich mir einige Geräte in dieser Klasse angeschaut, doch hatte mich keines so angesprochen, dass ich es gerne erworben hätte.

Matthias Knülle, dessen Astrofotos ich bereits verschiedentlich bewundert hatte, überzeugte mich von folgender Herangehensweise bei der Konzeption und der Konstruktion des ANT:

1. Das Teleskop soll sich zur Montierung verhalten wie der Zeiger einer Uhr zum Uhrwerk! (Ein frommer Wunsch...)

2. Eine gute Optik vorausgesetzt, ist die größte Fehlerquelle bei Deepsky-Fotos eine ungenügende Nachführung.

Will man eine gute Nachführung realisieren, so erfordert dies vom Teleskop nicht zuletzt:
3. Maximale Stabilität des Tubus und der optischen Bauteile sowie maximale Verwindungssteifigkeit des Leitrohrs zum Teleskop.

Bei sehr hohen Lichtstärken (F<4) und bei geringen Lichtstärken (F>8) ist das Newton-Prinzip nicht mehr die optimale Wahl. Daraus ergibt sich:
4. Für einen fotografischen Newton ist eine Öffnung von 4.5 bis 5.5 anzustreben! Jenseits dieses Bereiches sind andere Teleskopbauweisen besser geeignet!

5. Für das Kleinbildformat 24 x 36 mm muss das vignettierungsfreie Feld mindestens 28 mm haben. Der Lichtabfall in den Bildecken soll nicht höher als 75% sein.

Das vignettierungsfreie Feld ergibt sich nicht nur aus der Öffnung und dem Durchmesser des Fangspiegels, sondern auch aus dem Abstand der Filmebene von der optischen Achse des Teleskops. Daraus folgt:
6. Dieser Abstand muss so gering wie möglich sein, die Kamera muss so nah wie möglich an den Tubus herangebracht werden. Daraus wiederum folgt:
7. Der Fokussierer muss möglichst kurz sein und so tief wie möglich montiert im Tubus werden.

Aus allen Erfahrungen mit offenen Tuben bei Newton- und Cassegrain-Teleskopen sowie Schiefspieglern oder mit geschlossenen Tuben bei Refraktoren, Schmidt- Cassegrains, Maksutows etc. folgt:
8. Besonders bei lichtstarken Optiken muss das Tubus-Seeing, die Luftunruhe im Inneren des Teleskops, durch aktive Lüftung eliminiert werden. Optimal ist ein Einsaugen der Luft von vorne in den Tubus durch einen axial hinter dem Hauptspiegel angebrachten Lüfter und zwei weitere Lüfter direkt neben dem Hauptspiegel.

9. Ein lichtstarker Newton benötigt auf jeden Fall einen Komakorrektor. Dieser muss bei der Konstruktion optisch, geometrisch und mechanisch von vornherein mit berücksichtigt werden.

10. Ein astrofotografisch optimiertes Teleskop für den Amateur ist möglichst universell auszulegen; es muss verschiedenste Kameras sowie Zubehör wie Sucher, Leitrohr, Autoguider, weitere Kameras etc. tragen können und es muss dabei stets in den Schwerpunkt zu bringen sein.

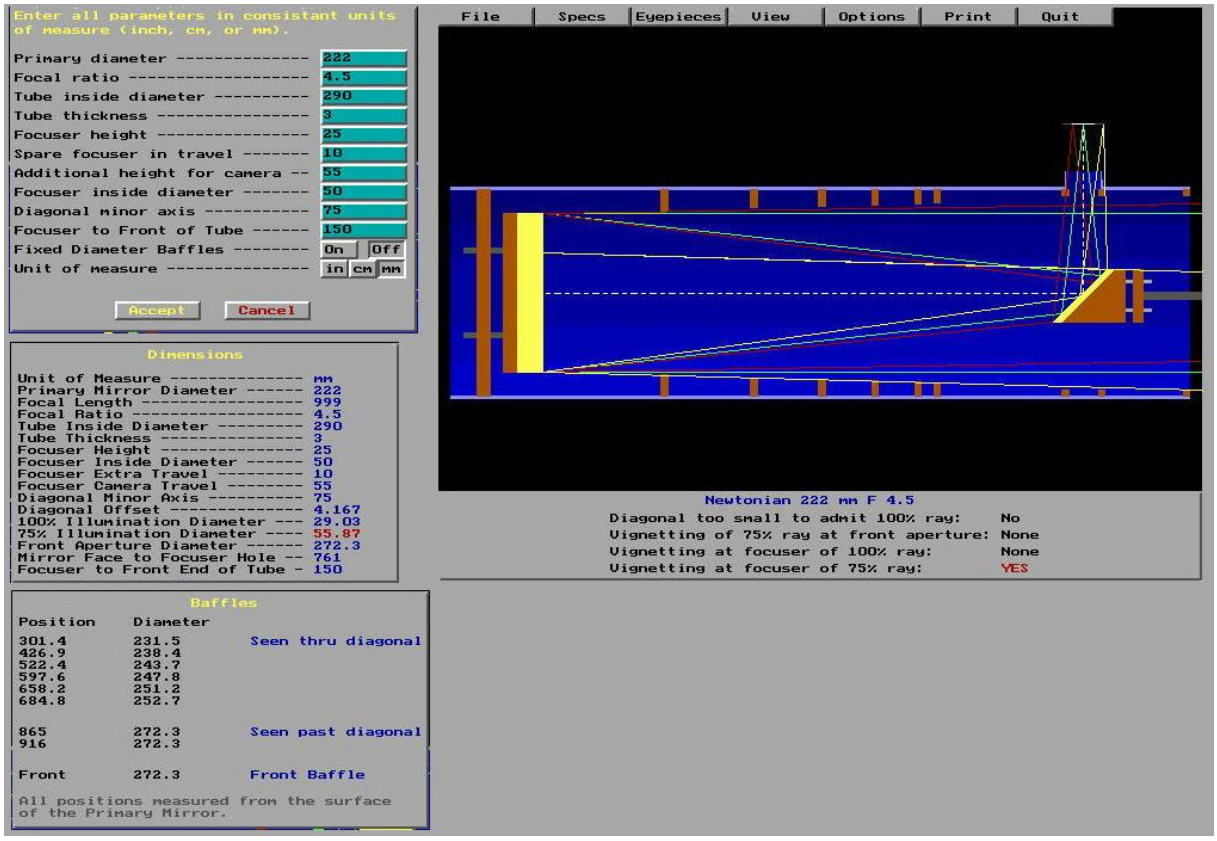
Mit diesen Vorüberlegungen ging ich an die Dimensionierung und die Konstruktion des ANT.

II: Dimensionierung und Konstruktion

Nach den Erfahrungen mit meinem vorherigen Selbstbauprojekt GFA (Großfeld-Astrograph) entschied ich mich wieder für eine Holzkonstruktion mit quadratischem Tubusquerschnitt. Wegen des längeren Tubus des ANT und des zu erwartenden höheren Gewichts musste allerdings eine gewichtsparendere Konstruktion gesucht werden. So wählte ich Birkensperrholz mit 3 mm Dicke und einem relativ aufwändigen Innenaufbau mit insgesamt 10 Querspanten, an denen auch die Blenden befestigt sind. Durch den quadratischen Querschnitt ist der Tubus des ANT nicht mehr drehbar, er benötigt aber auch keine Rohrschellen. Der Boden trägt vielmehr als Verbindung zur Montierung eine Aluplatte mit der Keilschiene.

Als Leitrohr sollte ursprünglich mein 102/1000 mm Fraunhoferrefraktor dienen. Später wurde es ein 70/900 mm FH-Refraktor von Vixen. Um stets genügend helle Leitsterne zu finden, wird ein Nachführexzenter eingesetzt. Für das Leitrohr sowie für einen 9x50-Sucher und für eine Mittelformatkamera werden Befestigungen mit maximaler Stabilität realisiert, die aus direkt mit den Querspanten verschraubten Aluplatten bestehen. Dieses Prinzip stellt sicher, dass der Tubus sowohl in Längs- als auch in Querrichtung und das Leitrohr in Längsrichtung verstellbar bleiben und dass das Teleskop in jeder Kombination mit unterschiedlichstem Zubehör immer ausbalanciert werden kann.

Aus Gründen der günstigsten Schwerpunktlage platziere ich den Kamerastutzen am Newton oben am Tubus, das Leitrohr (von oben gesehen) links und die Befestigung für die Mittelformatkamera rechts vom Tubus. Auf diese Weise liegen die schweren Teile (Leitrohr, Mittelformatkamera) seitlich des Haupttubus, was zu einem tiefen Gesamtschwerpunkt führt.



Strahlengang in newt

Die Recherche nach günstigen Bezugsquellen dauerte einige Zeit. Am Ende fand ich ein gutes Angebot für einen Parabolspiegel des englischen Herstellers Oldham mit dem Maßen D = 222 mm / f = 1000 mm / F 4.5 bei der Firma Astro Optik Meier, bei der ich auch die auf Maß gefertigte Hauptspiegelhalterung mit axialem Lüfter sowie den 75mm-Fangspiegel, ebenfalls mit Halterung, bestellte.

Hauptspiegelhalterung mit 9-Punkt-Auflage

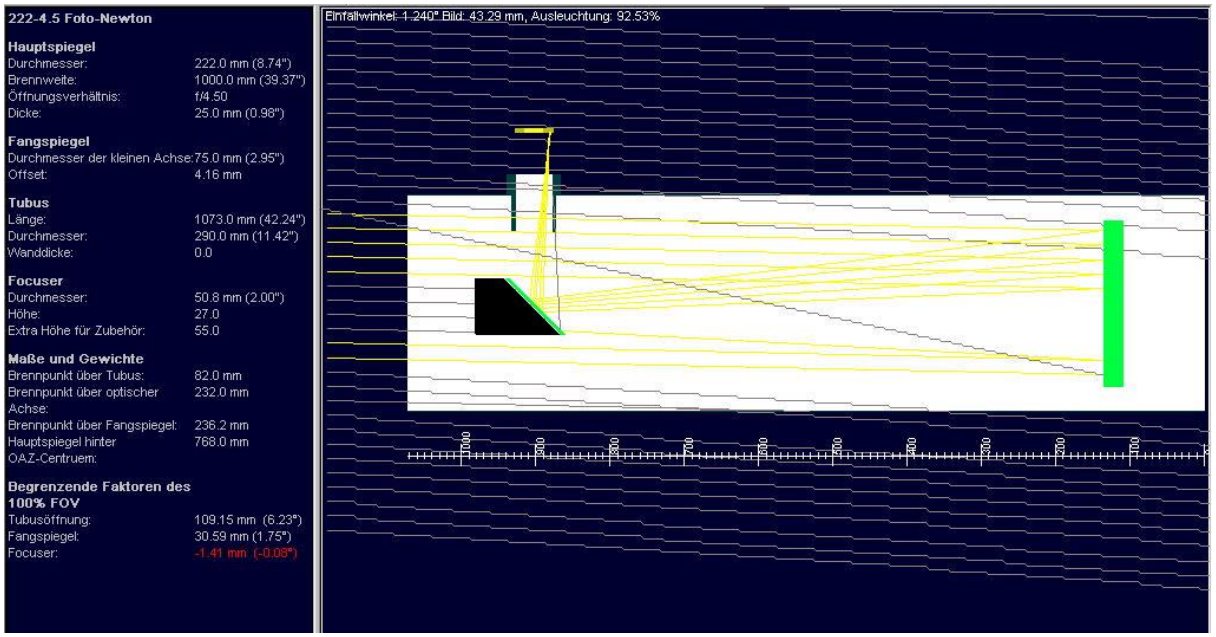
Bei der Suche nach einem möglichst kurzbauenden Crayford-Fokussierer entschied ich mich für den NGF-1 von JMI. Allerdings fand ich heraus, dass dieses Teil in der Schweiz wesentlich günstiger zu beziehen ist als in Deutschland. So bestellte ich ihn bei Astro Optik Kohler in Emmenbrücke bei Luzern und sparte über 60.- €.

Crayford-Fokussierer JMI NGF-1

3mm-Birkensperrholz konnte ich über meinen Schreiner beziehen - allerdings nur im ganzen Stück von 2 x 1,30 m. Der Zuschnitt der Teile erfolgte aus dieser Platte, der der übrigen, dickeren Teile aus Reststücken. Auch die kreisrunden Löcher für die Blenden ließ ich von der Schreinerei in die Spanten schneiden.

Jetzt erst war die genaue Dimensionierung und, daraus folgend, die Konstruktion des ANT möglich. Da sich alle Parameter gegenseitig beeinflussen, waren etliche Durchläufe durch die beiden verwendeten Konstruktionsprogramme **newt 2.0** von Dale Keller und **MyNewton 0.2.1.24** von Heiner Otterstedt nötig.

Die Obstruktion mit einem 75 mm Fangspiegel liegt bei 34 %, aber das Gerät ist ja rein fotografisch ausgelegt. Dafür ergibt sich ein vignettierungsfreies Feld mit 30 mm Durchmesser und der Rand des Kleinbildformats mit 43 mm Diagonale weist immerhin noch eine Ausleuchtung von 93 % auf.



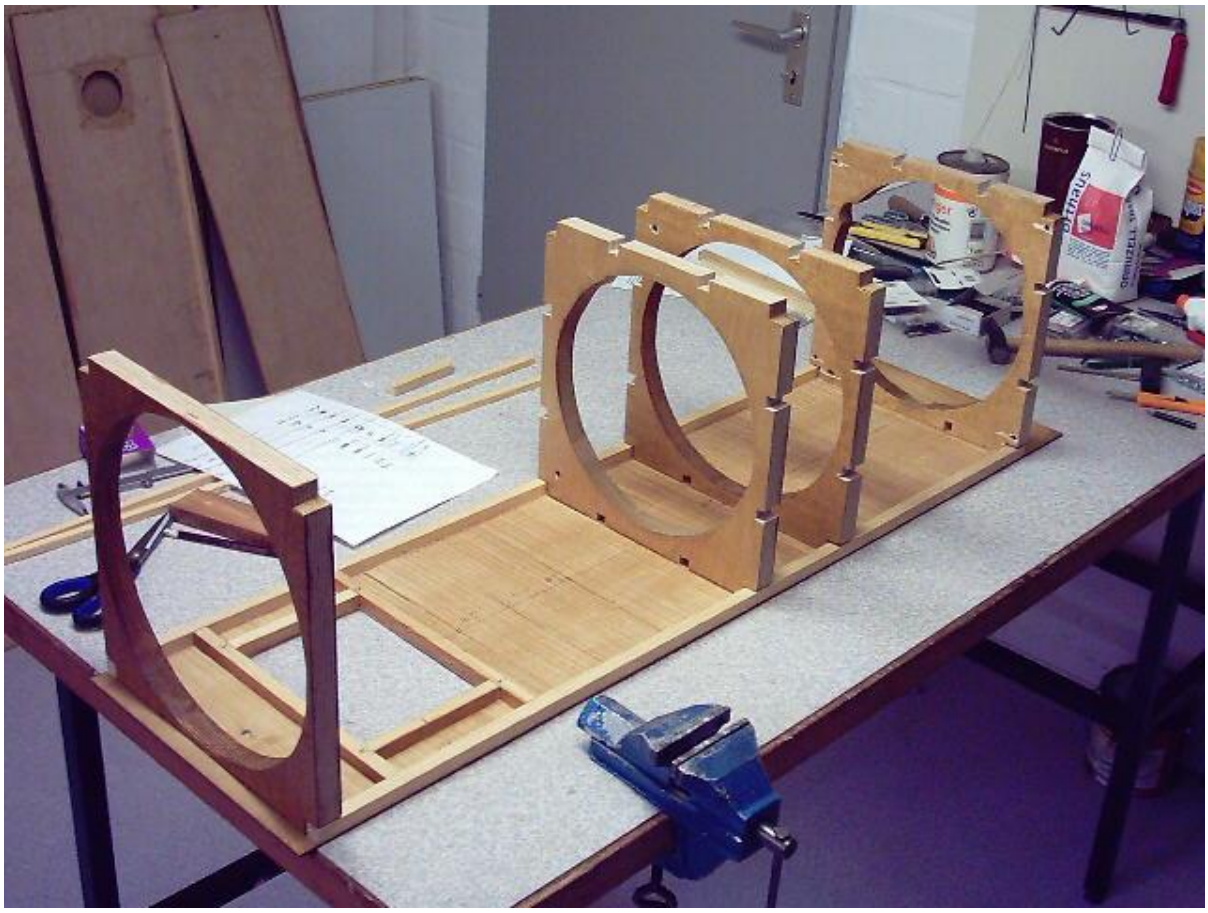
Strahlengang in MyNewton

Technischen Daten ANT:

Teleskoptyp	Astrofotografisch optimiertes Newton-Teleskop mit großem Fangspiegel und Komakorrektor
Hauptspiegel	Oldham, D = 222 mm, Suprax
Lichtstärke	F 4.44
Brennweite	985 mm
Fangspiegel	Oldham, D = 75 mm (kleine Achse)
maximales Bildformat	24x36 mm
vignettierungsfreier Bildfelddurchmesser	30 mm
Vignettierung am Bildfeldrand (Kleinbild)	< 92%
Hauptspiegelhalterung	AOM 9-Punkt
Fangspiegelhalterung	AOM 4-Punkt
Fokussierer	2" JMI NGF-1
Komakorrektor	Baader
Blendensystem	6 Innenblenden + 1 Frontblende
Lüftersystem	1 Lüfter 80 mm hinter dem Hauptspiegel, 2 Lüfter 80 mm direkt am Hauptspiegel, alle Lüfter separat stufenlos regelbar
Tubusinnenmaße	290 x 290 mm
Tubusaußenmaße	1060 x 300 x 300 mm
Material des Tubus	Birkensperrholz 3 mm; Bodenplatte und Befestigungen für Leitrohr, Sucher und Kameras aus Aluminium
Gewicht OTA	ca. 17 kg
Bauzeit	November 2004 bis August 2005
Baukosten insgesamt	1.232.- €

III: Bau des Tubus

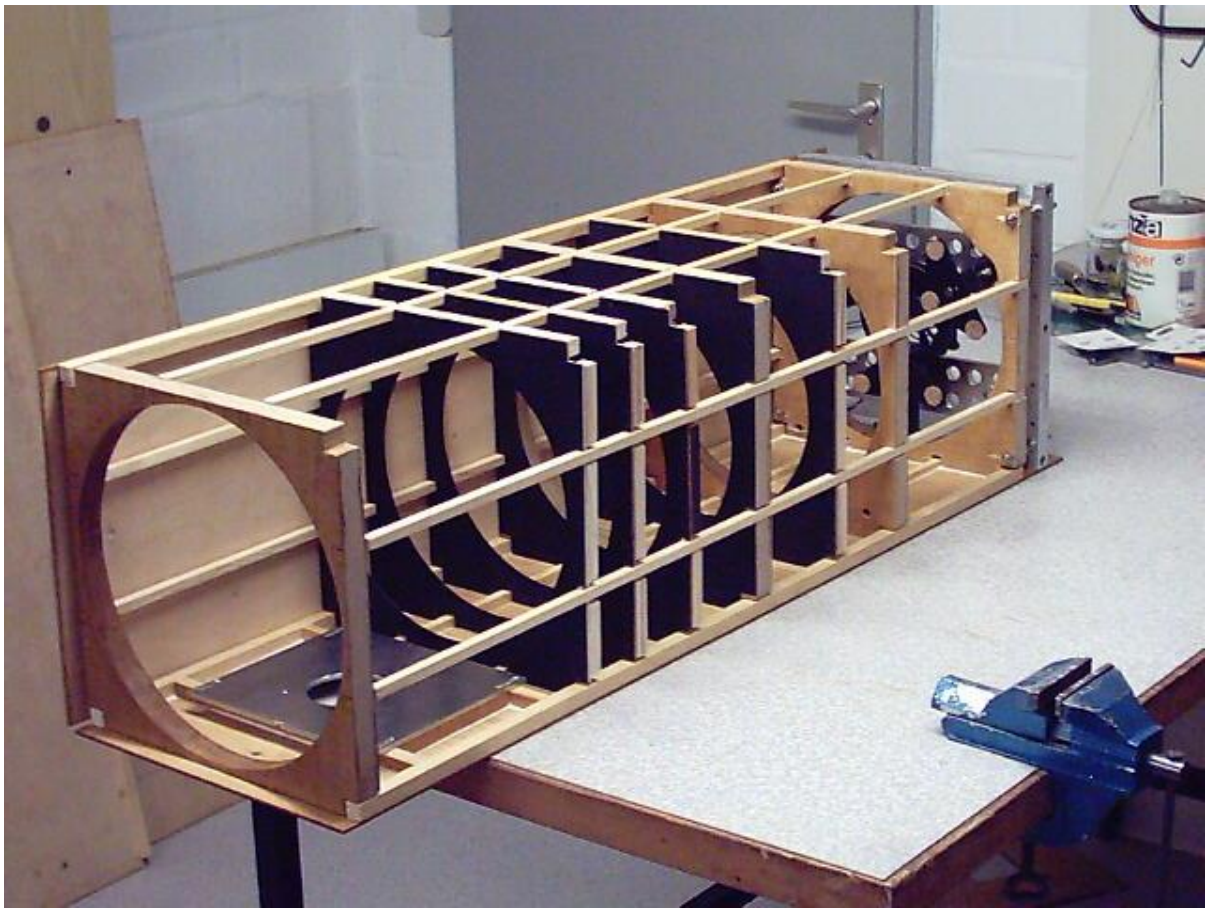
Pünktlich, kurz vor Weihnachten 2004, kamen die ersten optischen Bauteile von AOM: die Hauptspiegelzelle, die Fangspiegelspinne und der Fangspiegel. Der Hauptspiegel hatte eine längere Lieferzeit. Die Hauptspiegelzelle war zwar auf Maß gefertigt, doch war die ganze Konstruktion mit etwa 2,5 kg ohne Spiegel ziemlich schwer. Auch standen zwei Querverbindungen nach hinten über, so dass ich mir die Hauptspiegelzelle etwas überarbeitete: Anpassen der Querverbindungen und Bohren von etlichen Löchern zur Gewichtsersparnis, die natürlich keinen Stabilitätsverlust mit sich bringen durfte.
Die Lüfter beschaffte ich aus dem Elektronikbedarf. Das Holz war passend zugeschnitten und die erforderlichen Leisten und weiteren Teile aus dem Baumarkt besorgt. Damit konnte es an den Bau des Tubus gehen. Parallel dazu wurden die Aluteile angefertigt: die Platte für den Fokussierer (dieser sitzt um 13 mm abgesenkt im Tubus), die Bodenplatte mit der Schwalbenschwanzschiene für die Montierung und die beiden Seitenplatten für die Montage des Leitrohrs und der zusätzlichen Kamera.



Die vier Hauptspanten auf der Deckplatte mit rechteckiger Öffnung für die Fokussiererplatte (Tubus liegt auf dem Kopf)

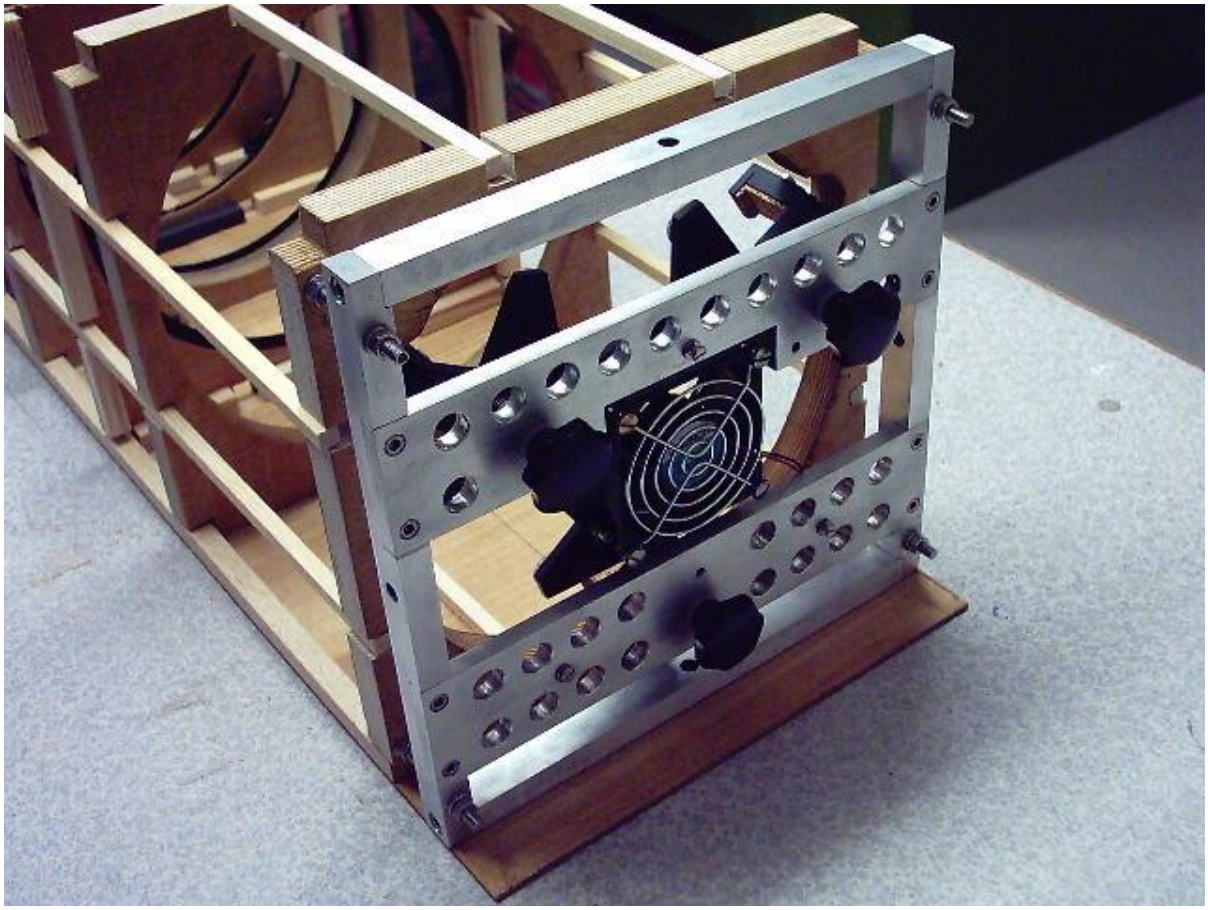
Im März 2005 kam der Hauptspiegel. Er hatte exakt 985 mm Brennweite statt der nominellen 1000 mm, was ein Öffnungsverhältnis von F 4.44 ergab. Die Dicke des Spiegels lag bei 27 mm. Rein rechnerisch ergibt sich daraus ein Gewicht des Spiegels von rund 2,6 kg.
Der Bau des Tubus erfolgte Ende Februar 2005 innerhalb von 3 Tagen. Die bereits einseitig gestrichenen Sperrholzplatten wurden mit den Längsleisten und mit den Spanten, auf die später die Blenden geklebt wurden, verleimt. Als zeitaufwändig erwiesen sich vor allem die Trockenzeiten für den Holzleim. Zusätzlich zu der Verleimung wurden die Sperrholzplatten mit den Eckleisten vernagelt.

Der ANT-Tubus wurde auf dem Kopf stehend gefertigt: die Sperrholzplatte auf dem Boden trägt, links neben dem Schraubstock zu sehen, die Aussparung für die Montageplatte des Okularauszugs. Hier wurden zuerst die 23 mm dicken Hauptspanten für die Frontblende (ganz links), die Hauptspiegelhalterung (ganz rechts) und in der Mitte verleimt. Die Hauptspanten wurden so massiv dimensioniert, da mit ihnen die seitenverstellbare Grundplatte mit der Schwalbenschwanzschiene für die Montierung und die beiden Seitenplatten für die Befestigungen für das Leitrohr und eine weitere Kamera verschraubt werden.



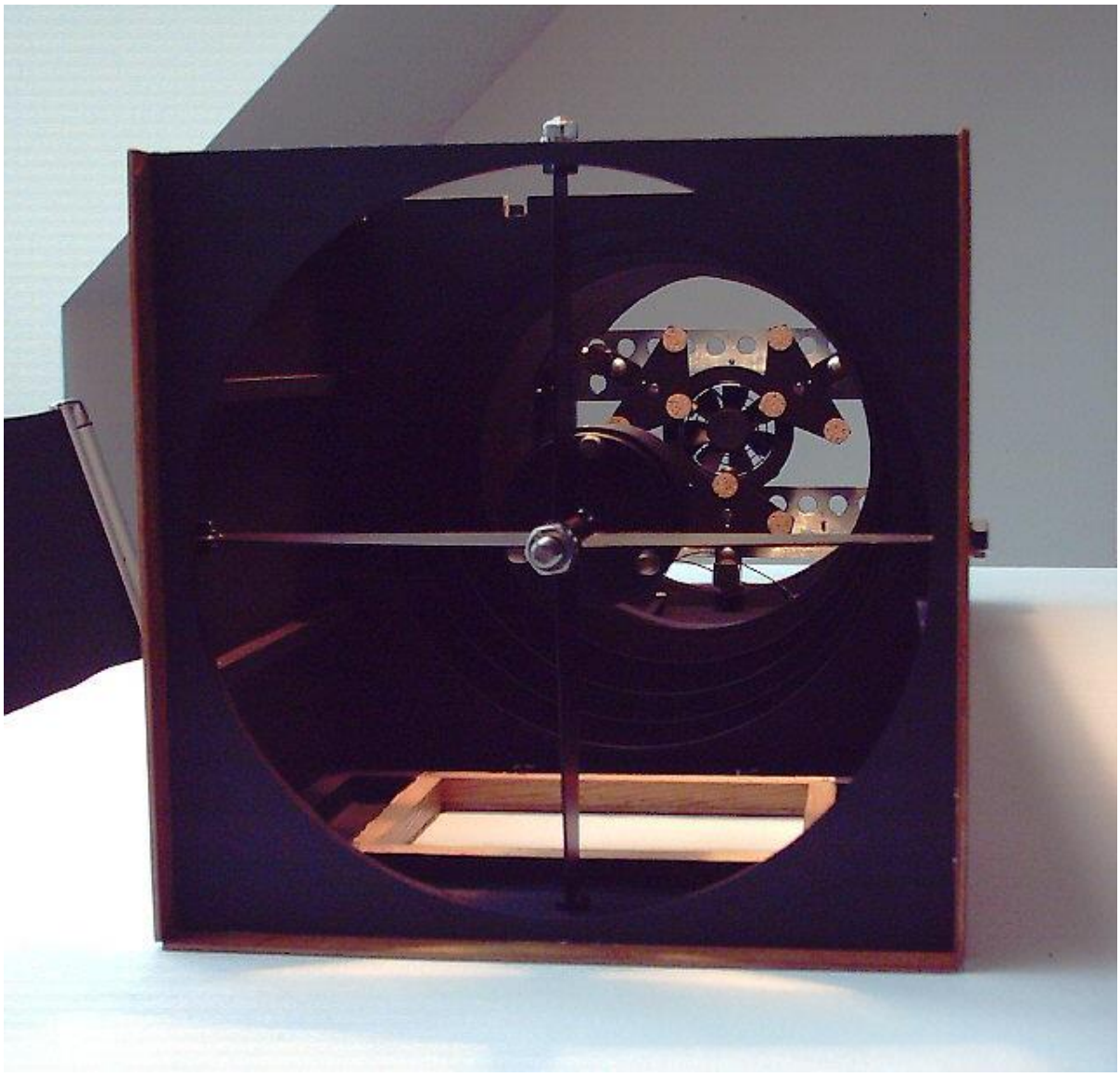
Nun sind alle Spanten montiert

Hier sind alle Spanten mit der Deckplatte und der rechten Seitenplatte verleimt. Links unten im Bild sieht man (der Tubus liegt auf dem Kopf!) die Montageplatte für den Okularauszug. Diese Montageplatte ist in Tubus-Längsrichtung um ± 10 mm verschiebbar ausgeführt. Die Fangspiegelhalterung fehlt noch; sie wird später in den fertigen Tubus geschraubt. Zu erkennen sind die schwarzen Blenden - bis auf die Frontblende; diese wird erst am Schluss montiert. Außerdem sind die Eckleisten und die beiden Mittelleisten in Längsrichtung zu sehen. Diese Leisten verleihen dem 3 mm dünnen Sperrholz auch in der Tubusmitte eine ausreichende Quersteifigkeit. Am hinteren Ende des Tubus - d.h. im Bild rechts - sieht man die bereits fertig bearbeitete Hauptspiegelhalterung. Die Aluminiumteile sind noch nicht eloxiert.



Hier sieht man die zur Gewichtserleichterung bearbeitete Hauptspiegelhalterung mit dem zentralen axialen Lüfter und den 3 Justageschrauben. In den Ecken des Aluminiumrahmens erkennt man die vier langen Edelstahlschrauben, über die die ganze Hauptspiegelhalterung gegenüber dem Tubus längs verstellbar ist. Die Aluteile sind noch nicht schwarz eloxiert und der Tubus ist innen noch nicht mattschwarz gestrichen.

IV: Fertigstellung des Tubus



Der Blick von vorne in den nunmehr innen mit Schultafelfarbe schwarz gestrichenen Tubus. Das ANT liegt auf dem Kopf; es fehlt noch die Bodenplatte und die Winkelleisten längs der Seitenkanten des Tubus.

Von oben durch den noch offenen Tubus sind die insgesamt 8 Spanten mit den 7 Blenden zu erkennen

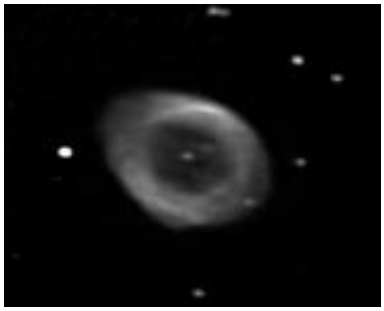
Der Axiallüfter hinter der Hauptspiegelhalterung und die beiden seitlichen Lüfter sind separat einschaltbar und mit zwei Drahtpotis getrennt regelbar. Beim Transport werden die seitlichen Lüfter zum Staubschutz des Hauptspiegels mit je einem Abdeckblech verschlossen. Die Hauptspiegelhalterung ist noch nicht schwarz eloxiert.

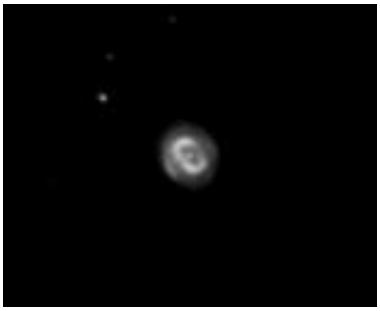
Stromversorgung, Schalter und Drehregler für die Lüfter

Der untere Schalter und der links daneben liegende Drehregler steuern den Axiallüfter hinter dem Hauptspiegel, der obere Schalter und Drehregler die beiden seitlichen Lüfter. Endgültig fertiggestellt wurde der Tubus am 21.5.2005. Damit waren die Holzarbeiten beendet, lediglich Aluminiumteile mussten noch gefertigt werden. Inklusive der beiden Lüfter, jedoch ohne Hauptspiegel und Hauptspiegelhalterung, Fangspiegel und Fangspiegelhalterung wiegt der reine Holztubus 7,5 kg.

V: Justage und First Light

Sein fotografisches First Light hatte das ANT am 2.9.2005 in Königsleiten mit meiner ATK 1 HS II CCD-Kamera an M 57 und am Blauen Schneeball:





Am 27. August 2005 hatten Matthias Knülle und ich das ANT endgültig zusammenmontiert. Der Fangspiegel wurde mit Korkplättchen auf die Halterung geklebt, die Spinne in den vorderen Tubusteil eingesetzt und der Hauptspiegel mit der Hauptspiegelhalterung in das hintere Tubusende eingefügt. Danach erfolgte die Justage anhand von Mittenmarkierungen auf dem Fangspiegel und auf dem Hauptspiegel. Hierbei erwies sich als sehr günstig, dass sowohl die Hauptspiegelhalterung als auch die Fangspiegelhalterung als auch die Platte für den Okularauszug jeweils längsverstellbar konstruiert worden waren. Leider sollte es am selben Tag nichts mehr mit dem First Light werden: Der Himmel war vollständig bedeckt.

In der Neumondphase Anfang September 2005 fuhr ich für zwei Wochen an die Sternwarte Königsleiten, wo das ANT am 31.8.2005 sein visuelles First Light hatte. Bei sehr guter Durchsicht beobachtete ich die Klassiker M 57, M 13, M 11, H & Chi Persei, M 33, M 17 und M 27. Nach der Justage in der Woche zuvor erfolgte keine weitere Justage am Stern, dennoch erwies sich die Abbildung in der Bildmitte als fast optimal. Zum Rand hin ist ohne Komakorrektor natürlich Koma zu sehen. Dennoch ist der visuelle Eindruck der Milchstraße bei mittlerer Vergrößerung oder der Anblick etwa von M 13 bei 300-facher Vergrößerung umwerfend. Allerdings bin ich natürlich – wie wohl jeder Selbstbauer – ein bisschen voreingenommen...

Am 8.9.2005 folgte ein Versuch mit einer Kleinbild-Spiegelreflexkamera an M 27, wobei lediglich mit dem kleinen 50/600mm-Leitrohr des GFA nachgeführt wurde:

Dies waren auch die letzten Beobachtungen mit dem ANT in der Saison 2005. Ein Jahr später kam das ANT dann wieder in Königsleiten mit meiner Canon EOS 20Da zum Einsatz.

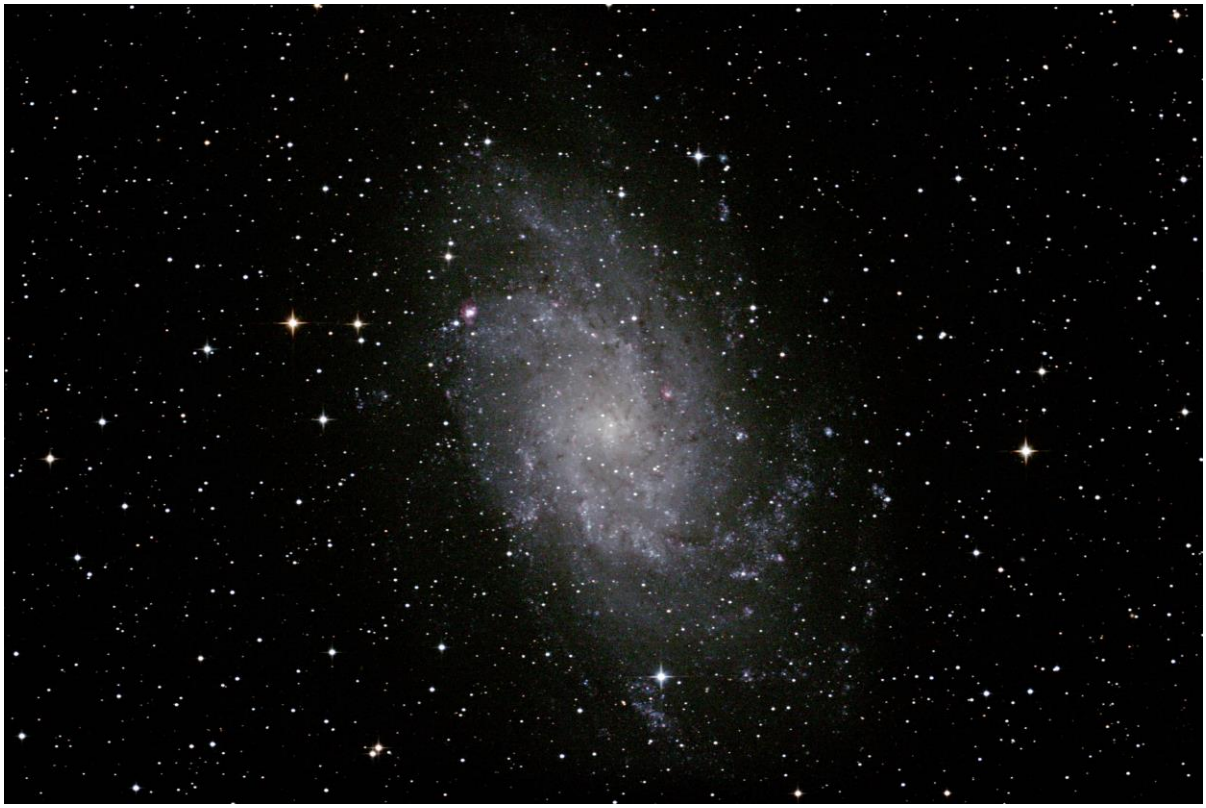
VI: Weitere Verbesserungen

2006 wurde der Tubus etwas erleichtert und ein neues Leitrohr, ein 70/900mm FH-Refraktor von Vixen, montiert. Im September 2006 fuhr ich zusammen mit Matthias Knülle wieder nach Königsleiten und realisierte am ANT mit der Canon EOS 20Da verschiedene Deepsky-Aufnahmen. Die EOS 20Da ist mittlerweile mein astrofotografisches Arbeitspferd geworden. Damit ist das ANT endgültig in Dienst gestellt.

Peter C. Slansky 3.12.2006

http://www.peter-slansky.de/bereiche/astronomie/aufnahmetechniken/aufnahmetechniken06a.html

DSLR Canon 20Da am ANT



M 33 mit Canon EOS 20Da, 1600 ISO, 5 x 4 Min. belichtet; Königsleiten, 23.9.2006