

Justierung von Newton-Teleskopen

Ausgabe 3.1

April 2008

Uwe Pilz piu58(==>)gmx.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | Motivation | 2 |
| 2 | Fünf Irrtümer und drei Wahrheiten über Justierung | 2 |
| 3 | Einführung | 3 |
| 4 | Für ganz Eilige – die Kurzform | 4 |
| 5 | Jetzt geht's wirklich los, aber bevor wir anfangen.. | 6 |
| 6 | Orientierung: Was sehe ich? | 7 |
| 7 | Schritte zur Justierung des Teleskopes | 9 |
| 7.1 | Ausrichten des Hauptspiegels | 9 |
| 7.2 | Ausrichten der Spinne | 10 |
| 7.3 | Okularauszug justieren | 11 |
| 7.4 | Höhe und Neigung des Fangspiegels einstellen | 12 |
| 7.5 | Neigung des Hauptspiegels einstellen | 18 |
| 7.6 | Feinjustage am Stern | 19 |
| 8 | Anhang: Fangspiegelversatz (Offset) | 20 |
| 9 | Anhang: Was ist konzentrisch und was nicht? | 22 |
| 10 | Anhang: Ergänzende Materialien | 22 |

1 Motivation

Willst Du eine Stunde glücklich sein, dann besauf Dich.
Willst Du drei Tage glücklich sein, dann heirate.
Willst Du aber Dein ganzes Leben lang glücklich sein,
dann widme Dich der Astronomie.

(unbek. Verfasser)

Seit August 2000 besitze ich einen Dobson. Ein Blick an den Sternhimmel zeigte, daß er nicht optimal justiert war. Bloßes Rumschrauben am Hauptspiegel verbesserte die Situation nicht – ich mußte also eine komplette Kalibrierung durchführen.

Dazu besorgte ich mir Unterlagen: Meinem Justierokular (Cheshire-Okular) lag eine Anleitung bei, aus dem Internet kamen weitere vier hinzu. Dennoch bin ich mit diesen Unterlagen nur langsam ans Ziel gekommen – sie waren teils unvollständig und teils schwer verständlich. Die letzten Schwierigkeiten konnte erst Herbert Zellhuber auf dem 4. Bayrischen Teleskoptreffen ausräumen.

Auf diesem Teleskoptreffen habe ich mir mal so die Newtons angesehen bezüglich der Justage. Es war erschreckend: Viele, auch große, Geräte waren so schlecht justiert, daß ich es ohne Hilfsmittel sofort sehen konnte. Das *muß* sich auf die Leistungsfähigkeit auswirken.

Den letzten Anstoß gab eine Diskussion in der Mailingliste `astro@naa.net`. Auch hier wurde eine solche Anleitung erwünscht. Da meine Justierversuche noch nicht so lange zurückliegen, kann ich mich noch gut an alle Schwierigkeiten erinnern. Ich werde versuchen, alles so darzustellen, daß ein Justier-Anfänger damit zurecht kommt.

Auf dem 5. BTM veranstaltete ich einen recht gut besuchten Justier-Workshop, den nächsten dann auf dem 7. Herzberger Teleskoptreffen. Wer also mit der Anleitung nicht klarkommt, kann mich auf einem Teleskoptreffen ansprechen, ich helfe auf jeden Fall.

Diese Anleitung kommt ohne besondere Hilfsmittel aus. Wer einen 300-Euro-Kaufhausnewton hat, kauft sich nicht für 100 Euro ein Justierokular.

2 Fünf Irrtümer und drei Wahrheiten über Justierung

Das Chaos will als solches erfahren werden,
bevor es sich in eine neue Ordnung umwandeln läßt.

Hermann Hesse

Über die Justierung existieren eine Reihe von Mythen, zu denen ich mich äußern möchte:

Newton-Justierung ist ganz einfach. Hier ist es wie mit Abfahrtsski und Posaune blasen: Wenn man es kann ist alles einfach.

Newton-Justierung dauert nicht mal zwei Minuten. Dies gilt für die letzte Kalibrierung am Hauptspiegel – wenn man's kann. Eine Volljustierung dauert 'ne Weile und ist von einem Anfänger möglicherweise an einem Abend nicht zu schaffen.

Das Instrument ist werkseitig justiert. Von einem 3000-DM-Instrument erwartet man, daß es justiert wurde. Ich würde mich darauf keinesfalls verlassen. Mein Händler hatte noch schnell einen anderen Okularauszug angebaut – natürlich war der nicht justiert.

Am besten justiert man mit einem Justierlaser. Gilt nur für die letzte Hauptspiegeleinstellung vor Ort, also im dunkeln. Schief sitzende Sekundärspiegel werden nicht erkannt. Andere Hilfsmittel führen zu ebenso guten Ergebnissen.

Bei einem richtig justierten Fernrohr sind alle Kreise konzentrisch. In Abhängigkeit davon, welche Justagemethode man wählt, sind verschiedene sichtbare Kreise nicht konzentrisch. Irgendetwas weicht immer ab – das ist normal.

Es wird aber auch Wahres zu diesem Thema berichtet:

Die Justagenotwendigkeit ist kein Grund, vom Kauf eines Newtons abzusehen. Ich hoffe, daß es mit dieser Anleitung und etwas Geduld kein Problem mehr ist.

Einen Newton kann man wenigstens justieren. Vor allem SCTs haben auch eine Justage nötig, das ist aber viele schwerer, da gar nicht vorgesehen. Man steht dem dejustierten Gerät quasi hilflos gegenüber.

Viele Newtons stehen zu Unrecht in dem Ruf eine schlechte Optik zu haben. Meist sind sie nur schlecht justiert.

3 Einführung

Jeder möchte die Kunst verstehen.
Warum versucht man nicht,
die Lieder eines Vogels zu verstehen?

Pablo Picasso

In diesem Aufsatz wird eine Justagemethode beschrieben, welche sich vor allem an Anfänger richtet. Es kommt mir vor allem darauf an, den ganze Justageprozeß so einfach wie möglich zu beschreiben. Insbesondere wird der sogenannte *Fangspiegelversatz* nicht vollständig berücksichtigt. Im Anhang wird diese etwas kompliziertere Methode beschrieben. Sie bietet jedoch nur sehr geringe Vorteile.

Wie schon in den Vorbemerkungen erwähnt, nimmt eine Volljustage einige Zeit in Anspruch. Es sollte also welche vorhanden sein. Mal schnell justieren ist am Anfang nicht. Ich empfehle auch – im Gegensatz zu anderen Anleitungen – die erste Justage allein zu machen. Man rennt zwar bissel hin und her, aber eine Hilfsperson erzeugt auch Unruhe, wenn was nicht gleich klappt. Optimal ist wohl, wenn man einen Helfer mal kurz hinzurufen kann.

Wir müssen einiges am Instrument verändern, wenn wir justieren. Wichtig ist es dabei, keinen Schaden anzurichten. Ich werde auf Gefährdungen stets hinweisen. Wenn ich schreibe 'Handschuhe anziehen', dann sollte man dies auch tun.

Neben den Schraubendrehern und Inbusschlüsseln, welche das Teleskop erfordert, benötigen wir noch einige Hilfsmittel:

- Weißes Papier
- Tesa-Klebeband
- Zwirnfaden
- Handschuhe (möglichst dünne)
- eine leere, transparente Filmdose, welche in den Okularauszug paßt (mehrere Sorten probieren) oder ein Cheshire-Okular.
- Alufolie

4 Für ganz Eilige – die Kurzform

Fürchte Dich nicht vor dem langsamen Vorwärtsschreiten,
fürchte Dich nur vor dem Stehenbleiben.

Chinesische Weisheit

Dieser Abschnitt ist für die schnelle Feinjustage an einem prinzipiell ordentlich montierten Instrument gedacht.

Mit dem Justierokular:

1. Die Markierung des Hauptspiegels wird mit dem Fadenkreuz des Justierokulars in Deckung gebracht, in dem der Fangspiegel verstellt wird.
2. Der helle Kreis des Justierokulars wird mit der Hauptspiegelmarkierung in Deckung gebracht, in dem der Hauptspiegel verstellt wird.
3. Ggf. Feinjustage des Hauptspiegels am Stern.

Mit dem Justierlaser:

1. Der Laserstrahl wird auf die Markierung des Hauptspiegel gelenkt, in dem der Fangspiegel verstellt wird.
2. Der Hauptspiegel wird so eingestellt, daß der rücklaufende Strahl auf die Mattscheibe des Justierlasers fällt.
3. Ggf. Feinjustage des Hauptspiegels am Stern.

5 Jetzt geht's wirklich los, aber bevor wir anfangen..

Große Werkzeuge
brauchen lange Zeit zu ihrer Herstellung.

Lao Tse

Prüfung des Justierzustandes vor Beginn der Arbeiten

Vielleicht klappt ja mit unserer Justierung nicht gleich alles. Wir brauchen trotzdem ein Erfolgserlebnis. Ich empfehle deshalb, vor Beginn das Instrument am Stern zu prüfen und das Prüfergebnis im Gedächtnis zu behalten. Nach der ersten Runde ist es bestimmt schon besser – und die Motivation für einen weiteren Versuch ist da.

Wir richten das Instrument auf den Polarstern und stellen diesen bei mittlerer Vergrößerung von ca. 100x in die Mitte des Gesichtsfeldes. Für große Instrumente ist vielleicht ein schwächerer Stern in der Nähe des Himmelspoles besser geeignet. Polaris wird scharf gestellt, so gut es geht. In der Mitte des Bildfeldes müssen die Sterne exakt punktförmig sein. Gegen den Rand des Gesichtsfeldes werden sie mehr und mehr verzerrt. Wenn der Polarstern in der Mitte keinen Punkt ergibt, sondern eine Art Mini-kometen, dann müssen wir etwas an der Justage tun. Die optische Achse stimmt nicht.

Als nächstes stellen wir den Stern deutlich unscharf. In der entstehenden Scheibe ist ein dunkles Loch, was vom Fangspiegel herrührt. Dieses sollte sich genau in der Mitte befinden. Wenn es außerhalb ist, dann stimmt die Ausleuchtung nicht. Dies kommt vor, wenn man ein Instrument nur mit dem Laser justiert. Da die optischen Achsen davon nicht abhängen, kann man erst einmal damit beobachten. Bei der nächsten Gelegenheit sollte man dies jedoch in Ordnung bringen.

Bau der Justierhilfsmittel

Als nächstes müssen wir aus der Filmdose ein Justierokular bauen. Dazu wird der Boden abgeschnitten und in den Deckel genau in der Mitte ein kleines Loch gebohrt, so 2-3mm Durchmesser. Anschließend wird die auf die Innenseite des Deckels Alufolie geklebt, und auch in der Mitte durchlöchert. Der Deckel muß fest aufgedrückt werden, er darf auf keinen Fall schief sitzen.

Wenn die Dose im Okularauszug rumklappert, kann man sie mit Tesafilm oben und unten umwickeln, daß sie auch ohne Klemmung nicht von allein herausfällt. Die Klemmung können wir nicht benutzen, da sie die Dose verformt. Es ist auch eine gute Idee, bei Benutzung den Deckel der Dose auf den Okularauszug aufzulegen und gar nicht zu klemmen.

Dann wird der ehemalige Boden der Dose mit einem Fadenkreuz aus dünnen Zwirnsfäden versehen. Dies bitte möglichst genau ausführen. Man sieht es beim Durchgucken, ob alles genau in der Mitte ist. Für's erste reicht das so. Aber eigentlich ist eine Filmdose zu kurz für ein ganz exakte Justierung, doppelt so lang wäre besser. Mit etwas

bastlerischem Geschick kann man sich zusätzlich ein anderes, längeres Rohr suchen, welches in den Okularauszug paßt, und mit Einblickloch und Fadenkreuz versehen.

Bei meinem Cheshire-Okular waren dicke Drähte als 'Faden'kreuz vorhanden. Ich habe sie durch dünne Fäden ersetzt. Außerdem kann es passieren, daß ein Justierokular nicht genügend straff in den Auszug paßt. Meist kann man dies mit Tesa-Klebeband hinkriegen.

Bevor es nun wirklich losgeht, muß der Mittelpunkt des Hauptspiegels markiert werden. In vielen Fällen ist dies allerdings werkseitig bereits geschehen. Die Markierung ist ohne Nachteil, da die zentralen Flächen stets abgeschattet sind. Dazu benutzt man am besten ein Stück Seidenpapier von der Größe des jeweiligen Spiegels. Die Mitte wird mit einer Nadel durchstoßen und dieses Loch z.B. mit einer Zirkelspitze etwas erweitert. Dann legt man das Papier auf den Spiegel und markiert die Mitte mit einem weichen wasserfesten Filzstift. Um diese Markierung klebt man dann einen Lochverstärkerring aus dem Bürobedarf, damit man es beim Justieren besser sieht. Wenn ein Justierlaser benutzt werden soll, dann stört der schwarze Punkt in der Mitte, man kann ihn mit Alkohol wieder entfernen. Die Genauigkeit der Markierung sollte wenigstens 1 mm betragen, bei sehr kleinen Geräten vielleicht auch 0.5 mm. Mit den hier beschriebenen Mitteln geht das aber, wenn man sorgfältig arbeitet.

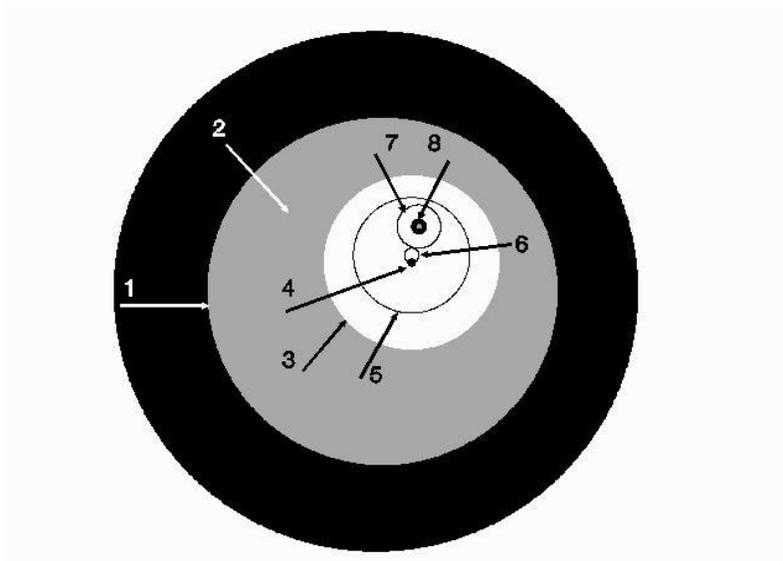
Eine Markierung auf dem Fangspiegel benötigt man nicht. Sie stört aber auch nicht.

6 Orientierung: Was sehe ich?

Erst wenn du die Stadt verlassen hast, siehst du,
wie hoch sich ihre Türme über die Häuser erheben.

Friedrich Nietzsche

Am Anfang ist es schwierig, sich mit den vielen Bildern und Spiegelbildern zurechtzufinden. Man sollte sich etwas Zeit nehmen und verstehen, was man sieht:



1. Innenrand des Fokussierers (wirklich)
2. Innenseite des Rohres (wirklich; eigentlich fast schwarz)
3. Rand des Fangspiegels (wirklich). Möglicherweise schwer zu sehen, wenn er nur schwarzen Tubus reflektiert
4. Markierung auf dem Fangspiegel (wirklich)
5. Rand des Hauptspiegels (im Fangspiegel gesehen). Bei manchen Justierokularen sieht man den Rand nicht, da der Blickwinkel zu eng ist. Eine Filmdose und ein ganz eingeschobener Okularauszug sollten den Rand jedoch immer zeigen.
6. Markierung des Hauptspiegels (im Fangspiegel gesehen)
7. Reflektion des Fangspiegels im Hauptspiegel (2x reflektiert)
8. Fokussierer und heller Ring des Justierokulares, über den Fangspiegel auf den Hauptspiegel reflektiert und wieder im Fangspiegel gesehen (3x reflektiert)

Die Spinne und ihre Bilder wurden weggelassen.

Der Fangspiegelrand ist u.U. schwer zu erkennen. Um dies zu erleichtern, kann man mit Tesafilm ein Blatt weißes Papier gegenüber dem Okularauszug in den Tubus kleben. Das Cheshire-Okular hat nur einen geringen Schwinkel, dieser reicht möglicherweise für den ganzen Fangspiegel nicht aus. Zur Orientierung sollte man hier eine durchbohrte Filmdose einsetzen, die für diesen Zweck nicht unbedingt transparent sein muß.

In den Bildern, welche sich bei den einzelnen Justageschritten befinden, wurden immer nur die Elemente gezeichnet, welche für den Schritt auch benötigt werden. Die anderen sind natürlich auch zu sehen.

7 Schritte zur Justierung des Teleskopes

Es gibt keinen Weg. Nur gehen.

Joachim-Ernst Behrendt

Die Justage eines Teleskopes besteht aus mehreren Schritten. Die folgenden Schritte gehen davon aus, daß das Instrument komplett zerlegt wurde oder daß keine Kenntnis über die Justagefehler vorhanden ist. Zur Vorbereitung einer Beobachtungsnacht genügt Schritt 4. Ein nicht justiertes, aber ordentlich gebautes Instrument wird nur die Schritte 3 und 4 benötigen.

1. Ausrichten des Hauptspiegels
2. Ausrichten der Spinne
3. Ausrichten des Okularauszuges
4. Zentrieren des Fangspiegels und Neigung einstellen
5. Neigung es Hauptspiegels einstellen
6. Test am Stern

Achtung: Die Schritte 2-4 sollten dabei bei (nahezu) waagrechtem Instrument ausgeführt werden. Wenn ein Werkzeuge oder ein Schraube in den Tubus fällt, dann knallt es auf den Hauptspiegel!

Wer mutig ist, nimmt den allerletzte Feinjustierung mit einem auf 45 Grad geneigten Teleskop vor. Dann wird auch berücksichtigt, daß die Spinne unter der Masse des Fangspiegels nachgibt. Es gibt Schraubenzieher mit einem Loch hinten, die kann man am Handgelenk festbinden, dann braucht man weniger Mut.

7.1 Ausrichten des Hauptspiegels

Es erleichtert die Justierung, wenn der Hauptspiegel schön mittig im Rohr liegt. Wenn er schief drinliegt, kann man zwar auch justieren, aber sind dann alle Bilder des Hauptspiegels zum Rohr unsymmetrisch. Dies kann verwirren. Also, wenn es irgendwie geht, den Hauptspiegel zentrieren. Wenn es nicht geht, ist es auch nicht schlimm, das Ausrichten der Spinne wird dadurch etwas erschwert.

Bei dieser Gelegenheit sollte man auch prüfen, ob der Hauptspiegel nur locker in der Fassung gehalten wird. Wenn der Hauptspiegel zu stark geklemmt wurde, dann verbiegt er sich. Diese Verbiegung ist zwar absolut gesehen sehr gering, aber bei den zulässigen Toleranzen im Nanometerbereich richten sie gewaltige Dejustage an. Der Hauptspiegel sollte ganz leicht 'klappern'. Keine Angst, er fällt nicht heraus.

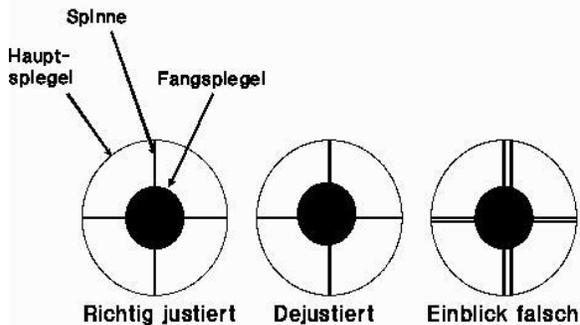
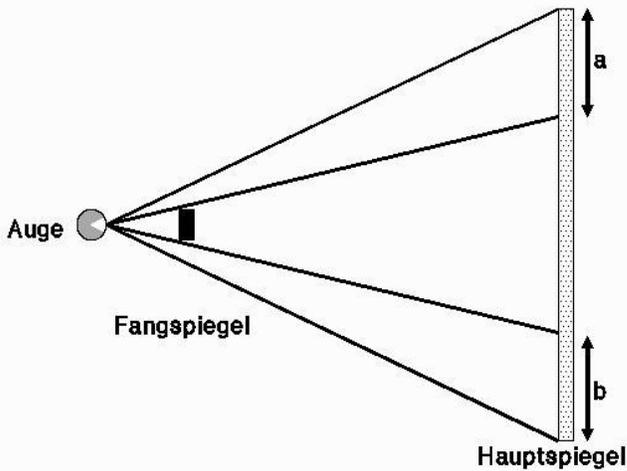
7.2 Ausrichten der Spinne

Der Mittelpunkt des Spinnenkreuzes muß sich genau über der Markierung des Hauptspiegels befinden. Wenn mit Fangspiegelversatz gearbeitet wird, dann gilt dies nicht – die Spinne ist dann etwas versetzt. Man sollte zunächst herausfinden, ob werkseitig dieser Versatz berücksichtigt wurde. Es ist dann natürlich sinnlos, diesen wieder wegzustützen. Allerdings bleibt dann nichts weiter übrig, als erst den Anhang zu lesen und zu verstehen.

Um Lage der Spinne zu prüfen, gibt es mehrere Wege. Am einfachsten geschieht dies durch sorgfältiges Messen mit einem genügend langen Lineal. Diese Methode ist nur anwendbar, wenn der Hauptspiegel zentriert wurde. Ansonsten muß die Dezentrierung des Hauptspiegels ausgemessen und bei der Ausrichtung der Spinne berücksichtigt werden.

Wenn sich der Fangspiegel relativ leicht entfernen läßt, dann kann man aus 1-2 Metern Entfernung durch das zentrale Rohr peilen, was den Fangspiegel trägt. Bei einer richtig ausgerichteten Spinne sind die Bohrung, die Markierung des Hauptspiegels, das Bild der Bohrung und das Auge direkt übereinander. Das Bild des Auges genau in der Mitte sorgt dafür, daß wir auch gerade reinsehen. Diese Methode funktioniert auch bei nicht ausgerichteten Hauptspiegeln.

Falls sich der Fangspiegel nicht entfernen läßt, kann man mit einem einigermaßen ausgerichteten Fangspiegel auch folgendermaßen vorgehen: Wir peilen wieder aus einiger Entfernung in das Instrument. Die Mitte wird jetzt durch den kreisrunden Fangspiegel verdeckt. Wir bewegen uns soweit auf das Instrument zu, daß der Fangspiegel etwa den halben scheinbaren Durchmesser des Hauptspiegels hat. Wenn wir jetzt so hineinschauen, daß sich die Streben der Spinne mit ihren Abbildern im Hauptspiegel decken, dann muß der Fangspiegel genau zentrisch sein. Auch diese Methode setzt nicht voraus, daß der Hauptspiegel zentriert wurde.



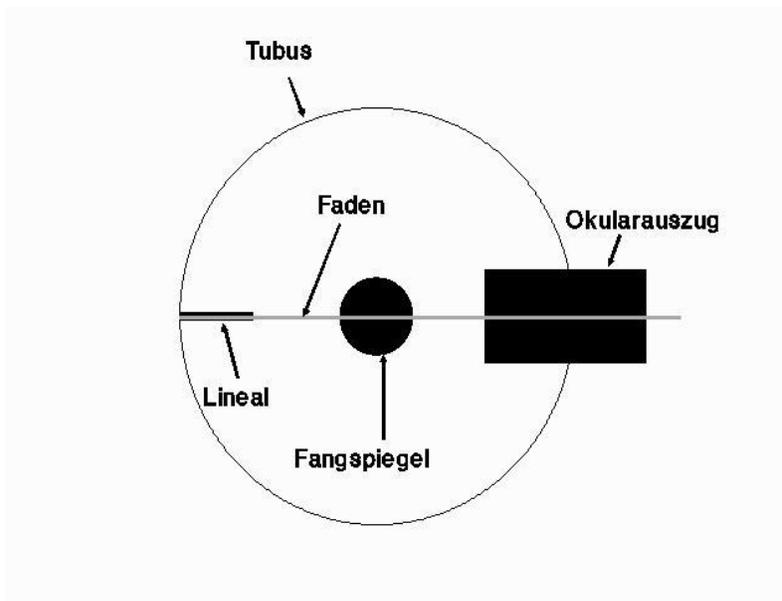
Um die Spinne zu justieren, läßt sie sich oftmals an den Klemmungen am Rand lösen und versetzen. Korrekt justiert ist es dann, wenn der sichtbare Kreis des Hauptspiegels überall gleich groß ist. Im unteren der zwei Bilder (seitlicher Anblick) bedeutet dies, daß a und b gleich groß sind – dies gilt natürlich in jede Richtung.

7.3 Okularauszug justieren

Der Okularauszug muß genau senkrecht auf dem Instrument sitzen. Man kann versuchen, die mit Hilfe eines Geodreieckes zu prüfen, wengleich es sich damit auf ge-

krümmten Flächen schlecht arbeitet. Außerdem muß man möglicherweise, die Ecke aussparen welche den rechten Winkel trägt, da Fokussierer an der Basis meist einen größeren Durchmesser haben.

Wenn man den Fangspiegel ausbauen kann, dann sollte man dem Okularauszug genau gegenüber eine Markierung anbringen. Einfacher als zu messen ist es hier, einen Faden so über den vorderen Tubus zu spannen, daß er über die Linie Mitte des Fokussierers – Mitte der Spinne läuft. Somit wird die Stelle gegenüber dem Fokussierer leicht gefunden. Die Tiefe vom oberen Tubusrand ermittelt man dann mit einem Lineal. Da man dabei wieder etwas schräg kommen kann, hilft eine weitere Peilung mit dem Faden. Dies liest sich komplizierter, als es ist.



Dann wird das Justierokular eingesteckt. Das Fadenkreuz und die Markierung müssen genau übereinander liegen. Ansonsten muß man Unterlegscheiben benutzen. Sehr geringe Abweichungen kann man u.U. durch strafferes Anziehen der Montageschrauben ausgleichen.

Auf jeden Fall muß das Fadenkreuz unseres Justierokulars immer auf dieselbe Stelle auf dem Hauptspiegel zeigen, wann man den Fokussierer hinein und herausbewegt. Im justierten Zustand zeigt er auf die Markierung.

7.4 Höhe und Neigung des Fangspiegels einstellen

Die Einstellung des Fangspiegels ist der schwierigste Teil der Justage. Die 3-Schrauben-Justiereinrichtungen, welche normalerweise geliefert werden, sind einfach nur krank. Insbesondere kann man den Fangspiegel mit den Schrauben nicht um die zentrale

Achse drehen, ohne ihn gleichzeitig zu verkippen. Ich beschreibe meine Vorgehensweise besonders ausführlich, um das ein wenig auszugleichen.

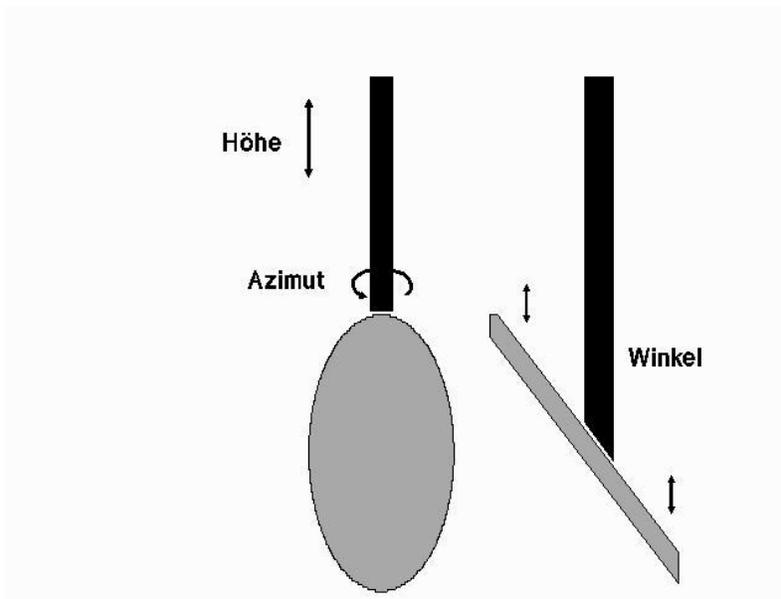
Zur Justage des Fangspiegels sollte das Rohr waagrecht stehen, damit keine Katastrophe eintritt, wenn man aus Versehen ein Werkzeug fallen lässt. Alle Abbildungen sind so, daß die sich freie Öffnung links und der Hauptspiegel rechts befinden.

Da man den Rand des Fangspiegels anfassen muß, empfiehlt es sich, an der linken Hand einen dünnen Handschuh zu tragen. In die Spinne wird zunächst der Fangspiegel wieder eingesetzt, falls er entfernt wurde.

Zuerst müssen wir uns klar machen, was man am Fangspiegel einstellen können muß, und dann, wie man dies mit den Möglichkeiten des Instruments auch macht. Ein in einer Spinne zentriert aufgehängter Fangspiegel muß in dreierlei Weise justiert werden:

1. In der Höhe, also im Abstand vom Hauptspiegel. Der Mittelpunkt des Fangspiegels muß mit der Hauptachse des Fokussierers übereinstimmen. Ich nenne dies Höhe und denke dabei an ein senkrecht stehendes, auf den Zenit gerichtetes Gerät. Zum Justieren sollte das Rohr aber waagrecht stehen. Bitte nicht verwirren lassen.
2. Im Winkel, welcher 45 Grad betragen muß
3. Im 'Azimut', also in der Richtung, in die der Spiegel reflektiert. Wenn man die Justierschrauben löst, kann man den Fangspiegel um seine Hauptachse drehen. Das nenne ich Azimut. Der Spiegel muss so gedreht sein, dass der zum Okularauszug zeigt, und zwar nicht in etwa, sondern genau.

Für die Einstellung des Fangspiegels sind die Reflexionen im Spiegel selbst uninteressant.



Die meisten Fangspiegel-Justiereinrichtungen funktionieren so: Der Spiegel hängt 'weich' an einer zentralen Schraube. Mit drei kleineren Schrauben kann man ihn ein wenig zu Seite wegdrücken. Problematisch ist dabei, daß die zentrale Schraube dann nicht mehr senkrecht steht, der Fangspiegel sitzt schließlich außermittig. Bei der Betrachtung des Fangspiegels kann man sich gleich die Fläche vornehmen, auf welche die Justierschrauben drücken: Manchmal ist das weiche Material, mitunter sogar Plastik. Das drückt es dann weg und die Justierung hält nicht. In diesen Fällen legt man eine Scheibe aus Blech unter.

Der Fangspiegel muß so eingestellt werden, daß die Fläche in Richtung Okularauszug zeigt und daß der Winkel 45 Grad beträgt. Außerdem muß die zentrale Schraube auch nach der Justierung senkrecht stehen. Vielleicht ist Ihre Fangspiegelaufhängung etwas anders konstruiert, dann müssen Sie die Anleitung sinngemäß anwenden.

Wenn das Instrument stark dejustiert ist oder zerlegt war, beginnt man so, daß man die drei Justierschrauben gleich weit hineindreht. Jetzt sollte die zentrale Schraube einigermaßen senkrecht stehen.

Als erstes müssen wir die Höhe des Fangspiegels einstellen, so dass er mittig im Okularauszug erscheint:

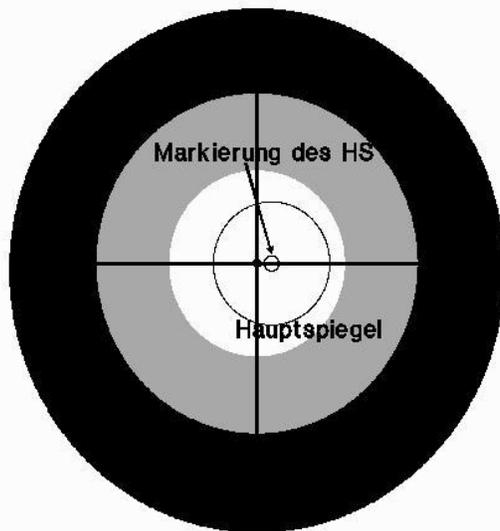
- Die drei Justierschrauben oder die zentrale Schraube werden ganz wenig gelockert, so daß man den Spiegel zwar drehen kann, er aber nicht gleich wieder woanders hin kippt. Wir drehen ihn so, daß er zum Okularauszug zeigt und im Justierokular 'am breitesten' ist.
- Jetzt kann es sein, daß er – bezüglich des Abstandes vom Hauptspiegel, gedacht bei senkrechtem Rohr – zu hoch oder zu tief sitzt. Der Fangspiegel muss also in der Hauptachse des Fernrohres zum Hauptspiegel hin oder von diesem weg bewegt werden
- Wenn er zu hoch sitzt, dann muß die zentrale Schraube weiter aus der Bohrung des Fangspiegels herausgedreht werden. Die drei Justageschrauben sind dann weiter hinein, in Richtung Fangspiegel zu drehen. Am Ende müssen sie wieder alle drei gleich lang sein, die gerade Lage der zentralen Schraube darf nicht aufgegeben werden. Bitte aufpassen, dass man die zentrale Schraube nicht ganz herausdreht, dann fällt der Fangspiegel in den Tubus. Wenn das Rohr senkrecht steht, dann knallt er sogar auf den Hauptspiegel!
- Wenn er zu tief sitzt, dann werden die drei Justageschrauben um den gleichen Betrag gelockert und alles mit der zentralen Schraube wieder festgezogen.

Damit ist die Höhe fertig eingestellt. Diese Einstellung sichert, dass das Bild im Okular richtig ausgeleuchtet ist. Die Einstellung muss nur einigermaßen stimmen, hier kommt es nicht auf Millimeterbruchteile an.

Im nächsten Schritt werden gleichzeitig der Azimut ausgerichtet und der Winkel des

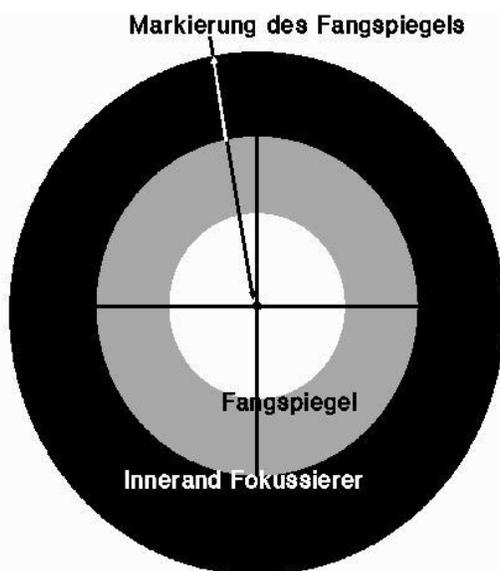
Fangspiegels auf 45 Grad eingestellt. In diesem Schritt wird die optische Achse des Fangspiegels ausgerichtet, was sehr exakt erfolgen muss.

- Ziel ist es, das Fadenkreuz des Justierokulares mit der Markierung des Hauptspiegels zur Deckung zu bekommen. Oder mit dem Laser: Zu erreichen, dass der Laserstrahl auf die Markierung des Hauptspiegels fällt.
- Wir müssen den notwendigen Justier-Richtung herausfinden. Möglichst behandschuht greift man an Spinne und Fangspiegel und bewegt den Fangspiegel ein wenig, in dem man die Elastizität der Spinne ausnutzt. Nur ganz wenig, nichts verbiegen! Daran erkennt man, ob man am ehsesten den Fangspiegel um die zentrale Achse drehen muss (Azimut) oder kippen muss (Winkel). Hierzu schaut man durch das Justierokular oder beobachtet den Laserpunkt.
- Wenn der Azimut verstellt werden muss, lockert man die zentrale Schraube so, dass noch ein wenig Reibung vorhanden ist und dreht den Fangspiegel so, dass die Markierungen bestmöglich übereinanderliegen. Und zieht die Schrauben wieder fest. Am Ende zeigt das Fadenkreuz oder der Laserpunkt zwar meist noch neben die Markierung des Hauptspiegels, liegt aber auf einer Linie, die man sich vom Okularauszug aus durch das Rohr denkt. Wenn man jetzt wieder in die Spinne greift, dann muss man mit Kippen (ohne Drehen) die Markierungen übereinander bringen können.
- Wenn der Kippwinkel des Fangspiegels verstellt werden muss: Hierzu benutzt man die Justageschraube, welche sich gegenüber dem Okularauszug befindet. Wenn man diese ein wenig herausdreht und die beiden anderen Schraubchen – beide um denselben Betrag – wieder festzieht, dann steht der Spiegel steiler. Wenn man beide Schraubchen um denselben Betrag lockert und mit der gegenüberliegenden Schraube festzieht, dann steht der Spiegel flacher.
- Die letzten beiden Schritte müssen – mit immer kleiner werdenden Verstellwegen mehrmals wiederholt werden.
- Jetzt sollte noch einmal kontrolliert werden, ob der Fangspiegel immer noch ordentlich gerade vor dem Okularauszug zu sehen ist. Wenn er seitlich schief hängt, dann steht die zentrale große Schraube nicht mehr senkrecht, sondern ist seitlich verkippt. Wenn das mehr als ganz wenig ist, dann muss man das korrigieren, in dem man an den beiden vorderen Justierschrauben arbeitet. Immer eine heraus- und die andere um denselben Betrag hineindreht. Die hintere Schraube, die den Winkel beeinflusst, darf nicht verstellt werden. Wenn der Spiegel wieder in der Mitte ist, dann noch einmal den Winkel prüfen, ob er noch stimmt.
- Am Ende ist das Instrument 'fast' justiert, das Fadenkreuz / der Laserpunkt liegt nahezu auf der Hauptspiegelmarkierung. Ganz genau bekommt man es mit diesen Mitteln wohl nicht hin, das folgt im letzten Schritt.

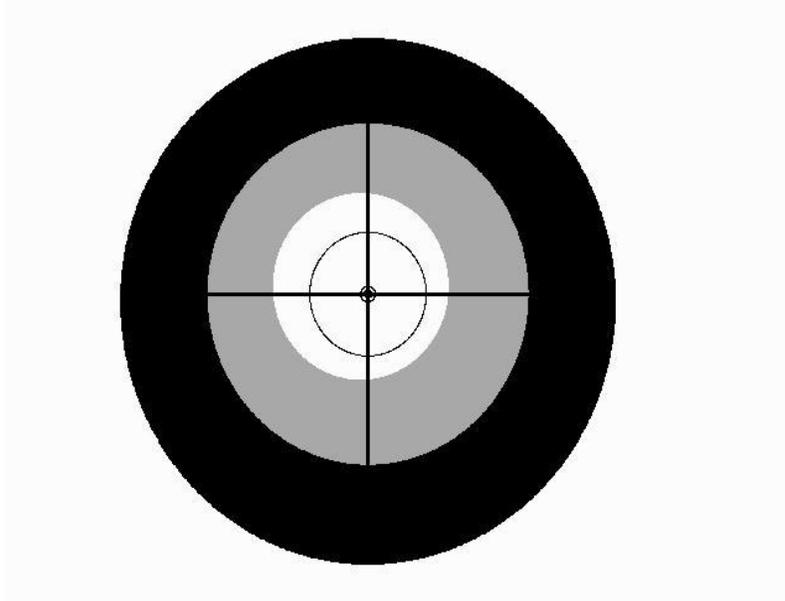


Ganz zuletzt folgt die Feinjustage: Das letzte bißchen (und nur das) nehmen wir mit nur mit den Justierschrauben vor. Die allerletzten Feinheiten dadurch, dass man nur noch festzieht und die Elastizität der Justageeinrichtung ausnutzt. Damit erreichen wir einen transportstabilen Fangspiegel. Noch mal zur Erinnerung: Mit den Justageschrauben kann man den Spiegel nicht um die zentrale Achse drehen, ohne ihn gleichzeitig seitlich zu verkippfen. Eine ganz kleine Verkippung stört jedoch nicht. Hiervon ist nur die seitliche Ausleuchtung betroffen und der Fangspiegel ist meist ein wenig größer als unbedingt notwendig.

Ein korrekt eingestellter Fangspiegel sieht so aus:



Ein Fangspiegel, dessen optische Achse stimmt, dessen seitlich Ausleuchtung durch die Feinjustage etwas gelitten hat, ist hier dargestellt:



Wenn es sich dabei um eine geringe Abweichung handelt, dann kann man es so lassen. Die Qualität der Bilder bei hoher Vergrößerung ist davon nicht betroffen. Allerdings wird das Bildfeld nicht ganz gleichmäßig ausgeleuchtet. Dies macht sich bei Weitwinkelbeobachtungen bemerkbar – möglicherweise ist am Bildfeldrand eine kleine Abschattung zu bemerken. Hier ein Foto eines Fangspiegels, der stark schief sitzt:



So sollte es nicht sein.

Nochmal zur Klarstellung: Die Markierung des Hauptspiegel *muß* aber auf jeden Fall hinter dem Fadenkreuz liegen. Falls es da eine merkliche Abweichung gibt, stimmen die optischen Achsen nicht und die Abbildung wird beeinträchtigt. Falls es also infolge der Konstruktion oder der eigenen Fähigkeiten zunächst schwierig ist, den Fangspiegel perfekt zu justieren, sollte man lieber einen exzentrischen Fangspiegel akzeptieren, als eine nicht auf dem Fadenkreuz liegende Hauptspiegelmarkierung.

Wer große Schwierigkeiten mit dieser Justage hat, der kann den Hauptspiegel abdecken oder ausbauen. Dann gibt es nicht so viele verwirrende Reflexionen im Fangspiegel. Der Hauptspiegel sollte mit weißem Papier oder so abgedeckt werden bzw. die leere Öffnung des Instruments mit etwas weißem verschlossen werden. Dann sieht man den jetzt weiß erhellten Fangspiegel gut vor dem schwarzen Hintergrund des Rohres. Es geht aber auch andersherum: Man beläßt den Fangspiegel und klebt ins Innere des Rohres, dem Okularauszug gegenüber ein weißes Blatt Papier. Dann sollte man den Rand des Fangspiegels auch gut sehen. Wenn das alles nicht geht oder nichts hilft, kann man mit der behandschuhten Hand von oben ins Rohr greifen und den Fangspiegel anfassen. Dann sieht man den Rand auf jeden Fall. Es ist außerdem besser, hier eine Filmdose anstatt eines Justierokulares zu nehmen, wegen des größeren Sehfeldes.

7.5 Neigung des Hauptspiegels einstellen

Die Neigung des Hauptspiegels muß nach jedem größeren Transport eingestellt werden, während der Fangspiegel nur gelegentlich einmal kontrolliert werden muß. Aus diesem Grund muß dieser Schritt in Fleisch und Blut übergehen. Da der Hauptspiegel eine erhebliche Masse hat, wird er durch sein Eigengewicht in der Fassung etwas verschoben. Aus diesem Grund ist es für diesen Schritt notwendig, das Teleskop schräg zu stellen, so ca. 45 Grad.

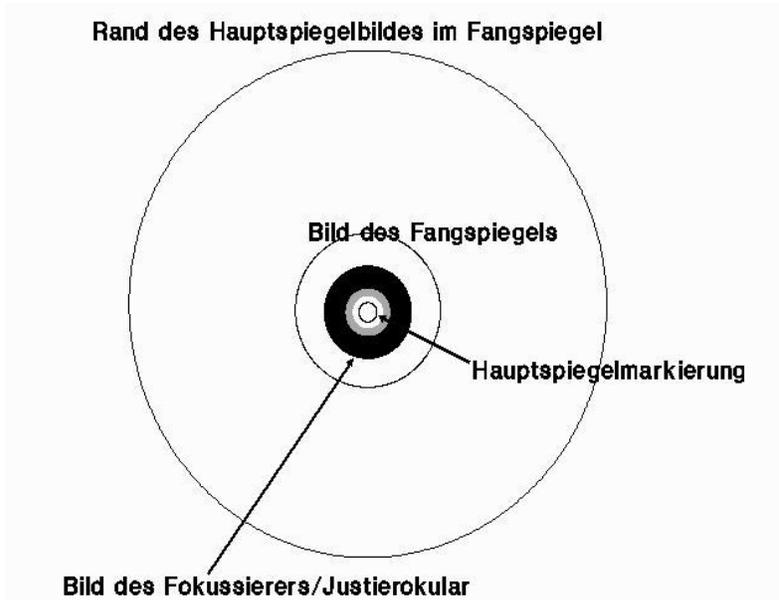
Zur Fangspiegeljustage sind in der Regel drei Schrauben vorhanden, welche mit Federn gegen die Spiegelzelle drücken. Mitunter werden auch Schraubenpaare (Zug- und Druckschraube) benutzt, dann ist dieses Paar auch gemeinsam zu betätigen (eine zu lockern und eine anzuziehen).

Zur Justierung des Hauptspiegels werden nur zwei dieser Schrauben benötigt. Wenn man alle drei benutzt, kann es passieren, daß man den Hauptspiegel in der Höhe verschiebt. Aus diesem Grund empfehle ich, eine dieser Schrauben (am besten die unzugänglichste) zu markieren und nicht zu benutzen.

Der Hauptspiegel wird justiert, in dem das Bild des hellen Ringes im Justierokular über die Hauptspiegelmarkierung gebracht wird. Ein Fadenkreuz ist dazu nicht notwendig.

Wenn mit einer Filmdose gearbeitet wird, dann muß man dies ein kleines Stück aus dem Okularauszug herausziehen. Hierdurch wird die Aluminiumfläche (Folie) besser

beleuchtet. In dieses Zentrum muß die Hauptspiegelmarkierung kommen. Beim Justierokular wird diese Aufgabe von der abgeschrägten Aluminiumfläche übernommen.



7.6 Feinjustage am Stern

Ich habe zuerst nicht verstanden, wieso eine Feinjustage erfolgen soll. Eigentlich ist doch die herkömmliche Justierung genau genug, auf jeden Fall mit Laser. Bei meinem Instrument (einem Qualitätsprodukt) habe ich das auch nie gemacht, es ist nicht notwendig. Lange dachte ich, diesen Schritt könne man deshalb weglassen.

Ich wurde eines besseren belehrt. Ich versuchte nämlich, ein 11 cm Kaufhausnewton zu justieren. Trotz genauester Ausführung zeigten die Sterne leichte Kometenschwänze. Wieso?

Ich kann es mir nur so erklären: Bei Instrumenten dieses Preissegmentes haben die Komponenten natürlich nicht die Qualität eines 10-fach teureren Produktes. So können z.B. die geometrische und die optische Mitte des Hauptspiegels etwas voneinander abweichen. Dies sieht kein Laser und kein Justierokular. Aber am Stern sieht man es. Die abschließende Feinjustage gleicht solche Unregelmäßigkeiten aus, Fehlerminimierung sozusagen.

Wir justieren den Hauptspiegel, so daß die 'Kometenschwänze' verschwinden, die bei ganz leichtem unscharf stellen besser zu sehen sind. Dazu muß eine Abbildung in der Mitte des Okulars benutzt werden. Weitwinkelokulare sind schlecht geeignet, eine mittlere Vergrößerung empfehlenswert. Gut geeignet sind Plössl-Okulare wegen ihres einfachen Aufbaus und der damit robusten optischen Eigenschaften.

Wie kann man nun bei diesem letzten Schritt vorgehen?

Einen mittelhellen Stern (z.B. den Polarstern) ein wenig unscharf stellen. Dann sieht man, nach welcher Seite die Kometenschwänze jetzt rausragen, meist sind es zwei. Weil es dunkel ist, muß man sich diese Seite im Okular jetzt merken und das Teleskop gegen was helles schwenken, z.B. den Mond. Dann von oben in den Tubus mit der Hand hineinfassen - die Hand sieht man. Jetzt solange die Hand um den Tubusrand bewegen, bis man die Seite hat, wohin der Kometenschwänze zeigen. Die Schraube, welche der Hand am nächsten ist, sollte benutzt werden, die Richtung (rein oder raus) zeigt natürlich nur der Stern.

Das geht wohl zu zweit besser.

8 Anhang: Fangspiegelversatz (Offset)

Das Maß meiner Freiheit wird bestimmt durch das,
was ich nicht brauche und nicht muß.

Albert Fabri

Bei lichtstarken Instrumenten (Newtons sind fast immer lichtstark) sollte der Fangspiegel nicht genau in der geometrischen Mitte liegen, etwas vom Fokussierer weg und um den selben Betrag zum Hauptspiegel hin verschoben sein. Dies wird als *Fangspiegelversatz* oder *Offset* bezeichnet. Da das alles nicht so leicht einzusehen ist, will ich erst einmal näher erläutern:

Wenn man den Fangspiegel genau in die Mitte setzt (sozusagen geometrisch), dann ist ja der untere Teil etwas weiter vom Auge weg und damit – durch die Perspektive – kleiner. Dadurch sieht es so aus, als wäre der Fangspiegel zu weit nach oben gerutscht, da ja unten, wo der Spiegel scheinbar kleiner ist, mehr 'Platz' bleibt. Wenn man den Spiegel jetzt so einstellt, daß er (visuell) schön mittig sitzt, dann hat man die eine Hälfte des Offsets (nämlich den in Axialrichtung) schon mal erledigt. Dies wird in der Anleitung auch so beschrieben.

Der zweite Teil ist noch schwerer zu verstehen:

Der Lichtkegel des Hauptspiegels ist ja um so enger, je näher er dem Brennpunkt kommt. Da der Fangspiegel vor dem Brennpunkt sitzt, hat der Kegel noch eine gewisse Breite. Der untere Teil des Fangspiegels ragt nun in einen 'breiteren' Teil des Strahlenkegels als der obere. Wenn die Größe des Fangspiegels ganz knapp bemessen ist, dann wird der Fangspiegel nicht richtig ausgenutzt: Am unteren Ende leuchtet ein Teil des Strahlenkegels am Fangspiegel vorbei, und am oberen ist noch ein bisschen Platz. Dies kann man dadurch verbessern, in dem man den Fangspiegel um einen kleinen Betrag vom Okularauszug weg anbringt. Dazu muß in der Regel die Spinne versetzt werden,

da hier fast nie eine Justagemöglichkeit vorgesehen ist. Dieser Teil des Offsets sorgt dafür, daß der Fangspiegel vom Hauptspiegel voll ausgeleuchtet wird.

Um nun eine solche Justage vorzunehmen, ist zunächst der Betrag des Versatzes zu bestimmen. Dieser hängt vom Öffnungsverhältnis f und der kleinen Achse des Fangspiegels b ab:

$$V = 0.25 * b/f$$

Wenn man mit einer Fangspiegelmarkierung arbeitet, dann kann man so weit aus der wahren Mitte verschieben, daß der axiale Offset automatisch berücksichtigt wird. Da die Fangspiegelmarkierung aus einem Winkel von 45 Grad betrachtet wird, ist die Verschiebung des Markierungspunktes v um das 1.42-fache größer als der Absolutwert V .

Der genaue Ort der Markierung läßt sich leicht mit einem Lineal ermitteln und wieder mit wasserfestem Filzstift anbringen.

Beispiel: $b = 78$ mm und $f = 4,5$: $V = 4.3$ mm, $v = 6.1$ mm.

Für häufig benutzte Fangspiegelgrößen und Öffnungsverhältnisse können die Werte der folgenden Tabelle entnommen werden:

| | f=3.85 | | f=4.2 | | f=4.5 | | f=4.8 | |
|-------------|---------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| b/mm | V | v | V | v | V | v | V | v |
| 33 | 2.1 | 3.0 | 2.0 | 2.8 | 1.8 | 2.6 | 1.7 | 2.4 |
| 39 | 2.5 | 3.6 | 2.3 | 3.3 | 2.2 | 3.1 | 2.0 | 2.9 |
| 46 | 3.0 | 4.2 | 2.7 | 3.9 | 2.6 | 3.6 | 2.4 | 3.4 |
| 54 | 3.5 | 4.9 | 3.2 | 4.5 | 3.0 | 4.2 | 2.8 | 4.0 |
| 66 | 4.3 | 6.1 | 3.9 | 5.6 | 3.7 | 5.2 | 3.4 | 4.9 |
| 78 | 5.1 | 7.2 | 4.6 | 6.6 | 4.3 | 6.1 | 4.1 | 5.7 |

Das Zentrum des Fangspiegels muß also vom geometrischen Zentrum entlang der langen Achse in die Richtung verschoben werden, die auf den Okularauszug zu zeigt, also nach oben. Um denselben Betrag muß also die Spinne versetzt werden. Dies ist nicht ganz einfach. Ich empfehle, die Spinne zunächst zu zentrieren, so wie oben beschrieben. Dann muß sie in den Befestigungen am Rand um den Betrag des Offsets verschoben werden. Im Extremfall müssen dazu die Spinnenarme verkürzt und verlängert werden, falls nämlich die Stellreserve der Spinnenaufhängung nicht ausreicht. In diesem Fall würde ich die Spinne zentriert lassen oder nur den Teil des Offsets anbringen, welcher eben geht.

9 Anhang: Was ist konzentrisch und was nicht?

Das Lesen stört den Fluß meiner Gedanken.

Paul Adrien Maurice Dirac.

Bei Offset-Kollimation ist das Bild des Fangspiegels im Hauptspiegels nicht konzentrisch, und damit auch dessen Reflexion. Das ist logisch, denn die Spinne ist ja tatsächlich verschoben.

Bei Non-Offset-Kollimation (geometrische Kollimation) ist die scheinbare Lage des Fangspiegels im Fokussierer nicht konzentrisch, d.h. es ergibt sich die Illusion, der Fangspiegel sei vom Hauptspiegel weg verschoben.

10 Anhang: Ergänzende Materialien

Mein Lieber, das kommt von der Arbeitsteilung.
Der eine schreit und der andere schweigt.
Wenn solche wie du entschieden zu kurz gehn,
dann gehn eben andre ein bißchen zu weit.

Wolf Biermann.

Nils Olaf Carlin: FAQ about Collimating Newtonian telescope.

Im Internet unter <http://web.telia.com/~u41105032/kolli/kolli.html>

Diese Anleitung behandelt alle Aspekte der Kollimation sehr ausführlich. Sie geht darauf ein, welche Fehlkollimationen zu welchen optischen Fehlern führen. Allerdings ist sie etwas schwer verständlich.

Bryan Greer: Adventures in Collimation.

Im Internet unter <http://www.fpi-protostar.com/bgreer/collim.htm>

Diese Anleitung beschäftigt sich ausschließlich mit dem Fangspiegelversatz. Sie ist außergewöhnlich gut bebildert.

Harold Richard Suiter: Star Testing Astronomical Telescopes. Willmann-Bell, Inc. ISBN 943396-44-1

Dieses Buch kann Frust hervorrufen: Der Test am Stern deckt selbst winzigste Mängel auf. Perfektionisten kaufen es sich besser nicht ;-). Es wird erläutert, wie an Hand von Zerstreungsfiguren (unscharf eingestellte Sterne) Fehler in Optik und Justierung erkannt und möglicherweise behoben werden können. Ein sehr gutes Buch.