

## Justieranleitung WS 140/150/250

Sie benötigen dafür einen Inbus-Steckschlüssel (mitgeliefert)

I.

**Stellen Sie zunächst fest, ob eine Nachjustage des Teleskops überhaupt notwendig ist:**

Bei einer fehlerhaften Justage erscheinen Sterne im Okular bei hohen Vergrößerungen nicht mehr exakt punktförmig im Fokus (dem schärfsten Punkt) sondern zeigen eine Kreuz-Form. Es handelt sich dabei um den Bildfehler Astigmatismus.

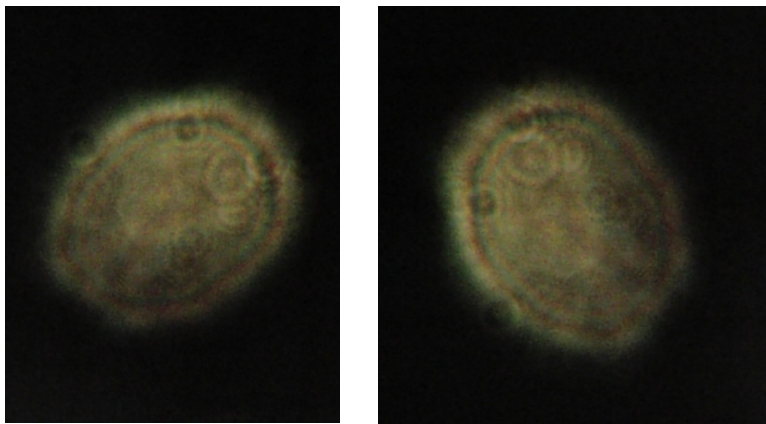
**Genau erkennen lässt sich dieser Bildfehler mit folgender Methode:**

Ein heller Stern wird im Okular etwas unscharf eingestellt (infokal oder extrafokal, den Auszug vom schärfsten Punkt einige mm nach innen oder aussen drehen). Der Stern vergrößert sich dabei zu einem Lichtkreis, dieser sollte dabei vollkommen rund aussehen. Beobachten sie hingegen eine langgestreckte Form (Ellipse), so bewegen Sie den Auszug über den Fokus hinaus (von intra- nach extrafokal oder umgekehrt). Wenn es sich bei dem Fehler um Astigmatismus handelt, so hat sich die Richtung der Ellipse (beispielsweise der langen Achse) um  $90^\circ$  gedreht. Nachfolgend ist ein waagrecht/senkrecht zur Teleskopebene orientiertes elliptisches Sternenscheibchen dargestellt (Abb. 1a). Die Ellipse kann auch schief zur Teleskopebene geneigt sein, wie es in Abb. 1b dargestellt.

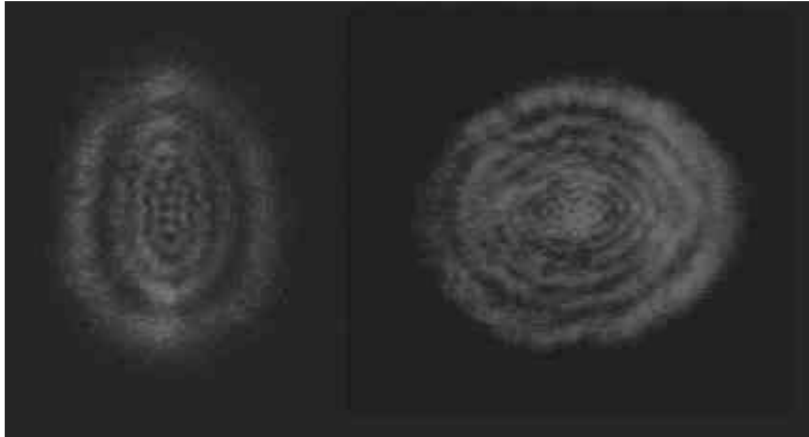
**Die Umkehr der Ellipse bei intrafokaler und extrafokaler Stellung des Auszugs zeigt eindeutig den Bildfehler Astigmatismus an.**

Dabei kann die Ellipse bei infokaler Stellung (eingeschobener Auszug) aussehen, wie in Abb. (1 und 2) - links oder wie in Abb. (1 und 2) -rechts. Jedoch drehen sich die Scheiben beim Übergang von intra - zu extrafokal immer um  $90^\circ$ , wie in den beiden Abbildungen jeweils links und rechts dargestellt (Aufnahmen von W. Rohr, Hassfurt).

**Abb. 1 Astigmatismus der Sternenscheibe liegt schräg:**

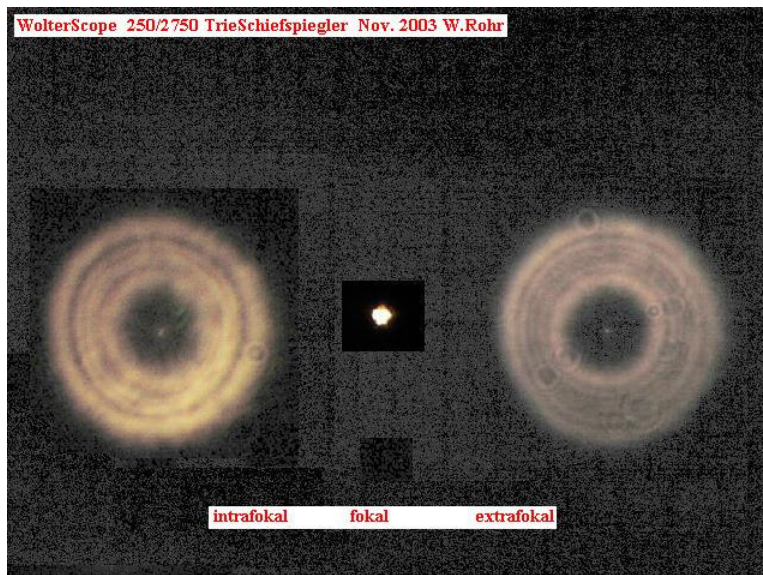


**Abb. 2 Astigmatismus der Sternenscheibe liegt gerade:**



In diesen Fällen (Abb. 1,2) ist eine geringfügige Nachjustage des Geräts erforderlich. Mit diesem Test am Stern können Sie immer kontrollieren, ob der Bildfehler kleiner oder größer geworden ist und schließlich ganz verschwindet. Dann sollte der Stern bei leichter unscharfer Stellung in beiden Richtungen (den Okularauszug vom schärfsten Punkt aus um einige mm nach außen und bzw. nach innen stellen) auch bei hoher Vergrößerung rund erscheinen (siehe folgende Abb. 3).

**Abb. 3:**



Das Loch in der Mitte der künstlichen Sternenscheiben ist hier durch eine zentrale Blende bedingt, bei dem Test am Stern erscheint dort eine gleichmäßige Helligkeit (Aufnahme von W. Rohr , Hassfurt).

**Von den 4 erforderlichen Justierschrauben befinden sich 3 an der Rückfront und 1 Justierschraube an der Vorderseite des Teleskops.**

**2 Justierschrauben verändern die Neigungen von Haupt - und Drittspiegel in der Symmetrieebene des Geräts und befinden sich an der Rückfront (Bezeichnung S1, S3, siehe Abb. 4b).**

Die Symmetrieebene durchläuft den Tubus genau in der Mitte und schneidet alle Spiegel und die Öffnung in ihren Mittelpunkten. Alle anderen Neigungswinkel werden durch die Schraubendrehung nicht verändert.

**2 weitere Stellschrauben (M1, M2) bewirken eine vertikale Verkipfung von Haupt- (M1-an der Rückfront) und Zweitspiegel (M2-an der Vorderfront) , also in der Ebene senkrecht zur Symmetrieebene.**

**Weitere Justierschrauben befinden sich im Geräteinnern an den Fassungen. Bei der Feinjustage ist es aber nicht notwendig, diese zu verstellen.**

**Die Feinjustage hat zum Ziel den Bildfehler Astigmatismus, der von der gekippten Spiegelanordnung herrührt, exakt zu kompensieren.**

**Dies sollte an einem hellen Stern geschehen, der mit der Montierung nachgeführt wird.**

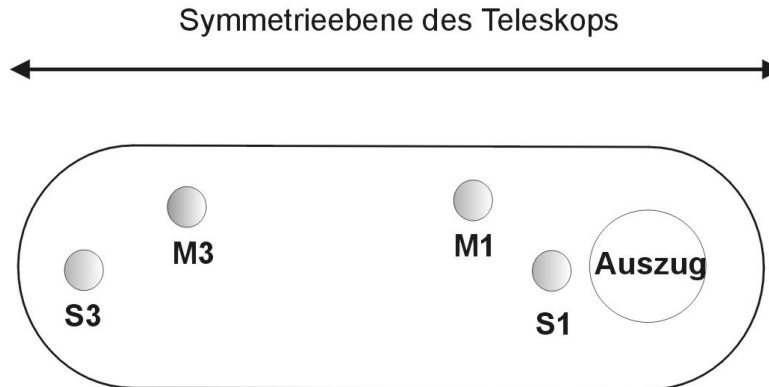
Der Stern sollte in die Mitte des Bildes (Okular mit mittlerer Vergrößerung von 100-200 fach) eingestellt werden und dort für mehrere Minuten nicht herauswandern. Wenn Sie die Nachführung ihrer Montierung nicht so genau einstellen können, dann sollten Sie den Polarstern anvisieren, für diesen ist keine Nachführung erforderlich.

Für eine genaue Justage ist es zudem wichtig, das in der Beobachtungsnacht wenig Luftunruhe herrscht (die Sterne sollten möglichst wenig funkeln) und das Gerät sollte mindestens 1h draußen stehen, um sich an die Umgebungstemperatur anzupassen.

Stellen Sie also zunächst einen hellen Stern in möglichst grosser Höhe bei mittlerer Vergrößerung (ca. 100 –200 fach) in der Mitte ihres Bildfeldes ein. Prägen Sie sich dabei auch das umgebende Sternenfeld ein, damit sie den Stern wiedererkennen können, falls er bei der folgenden Justage einmal aus dem Bildfeld wandert.

**Abb.4a,b:**

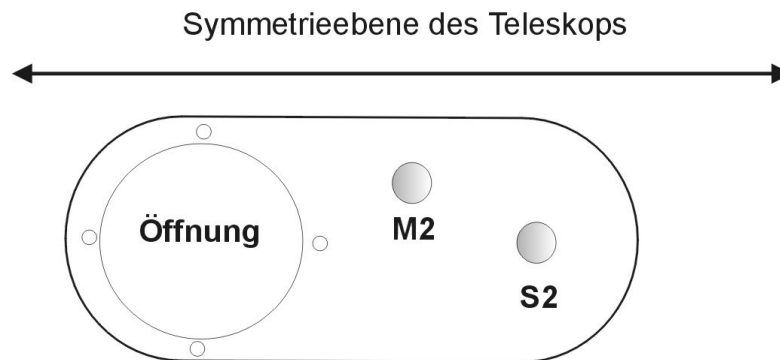
**Positionen der Justierknöpfe an der Rückfront  
des WolterScope 140/150/250**



**Schiefligender Astigmatismus:**  
- mit Meridionalknöpfen M1,M2(vorne)  
waagrecht/senkrecht drehen.

**Ebener Astigmatismus:**  
- mit Saggitalknöpfen S1,S3 korrigieren bis  
zur Kreisform.

**Positionen der Justierknöpfe an der Vorderseite  
des WolterScope 140/150/250  
(Zur Einstellung der optischen Achse,  
Frontplatte abschrauben)**



4 Gewindelöcher zum Anbringen der  
Plexiglasscheibe mit dem Justierlaser

**-Laserspot auf rückseitigenTri-Spiegel beobachten**  
- mit M2 vertikal verkippen  
- mit S2 waagrecht verstellen.

**Eine fehlerhafte Justage des Teleskops kann wie folgt behoben werden:**

**An der Rückfront sind 3 Stellschrauben direkt zugänglich (S1, S3 und M1) sowie 1 weitere Stellschraube an der Vorderseite (M2), siehe nachfolgende Abbildungen 4a,b). Die Stellschrauben lassen sich mit dem gelieferten Steckschlüssel verdrehen.**

## **II. Die Justage erfolgt in 2 Schritten:**

### **1.Schritt:**

Zunächst erfolgt eine **vertikale Verkippung der Spiegel anhand der Stellschrauben M1, M2** um die Sternenellipse (das heißt eine defokussierte Sternenscheibe, die nach Verstellen des Auszugs um wenige mm aus dem Schärfepunkt heraus sichtbar wird) genau waagrecht bzw. genau senkrecht zur Symmetrieebene zu drehen. Liegt also **schrägliegender Astigmatismus, wie in Abb. 1** gezeigt, vor, so wird dieser zunächst mit den Stellschrauben **M1, M2 waagrecht/senkrecht gestellt** (wie in **Abb. 2**).

Liegt bereits am Anfang ein gerade orientierter Astigmatismus vor (wie in Abb. 2), so können Sie den **1. Schritt** überspringen.

Die beobachtete Ellipse (soll mit einer Achse) also in gleicher Richtung wie die obere Tubusfläche oder genau senkrecht dazu orientiert werden. Durch kleine Korrekturen an den **Justierschrauben M1 (Hauptspiegel oben) und M2 (Zweitspiegel oben)** lässt sich die Sternenellipse entsprechend drehen.

Betrachten Sie den Stern im Okular, der sich genau in Bildmitte befinden sollte. Stellen Sie nun den Auszug um einige mm nach innen, so dass eine etwas ausgedehnte elliptische Sternenscheibe sichtbar wird.

**Falls Sie dann infokal eine schräg liegende- nach etwa 1h-2h geneigte- Ellipse beobachten (ähnlich wie in Abb. 1 - links), dann soll M2 gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden und entsprechend M1 mit dem Uhrzeigersinn.**

Wenn infokal eine schräg liegende – nach etwa 10-11h geneigte- Ellipse wie in Abb.1 - rechts erscheint, so sind die Drehrichtungen für M1, und M2 zu vertauschen. Drehen Sie jetzt also geringfügig an der vorderen Stellschraube M2 um einen kleinen Betrag von etwa 1/8 Umdrehung (45°). Dabei wandert der Stern nach schräg oben oder unten aus der Bildmitte heraus. Die Drehung sollte sehr klein bleiben, damit der Stern am Rand des Bildfeldes im Okular noch sichtbar bleibt.

Beobachten Sie durch das Okular die erreichte Verschiebung des Sterns. Drehen Sie mit der Stellschraube **M1** den Stern wieder in die Bildmitte zurück, dies wird immer mit der entgegengesetzten Drehrichtung erreicht. Eventuell ist noch eine

kleine Drehung an **S2** notwendig, um den Stern horizontal zu bewegen und wieder in die Mitte zu stellen. Damit ist ein Justierschritt komplett.

Kontrollieren Sie zunächst nach jedem Justierschritt die Orientierung/Lage der Sternellipse, indem Sie den Stern in beiden Richtungen leicht unscharf einstellen. Die Ellipse wird sich durch die Schraubendrehung etwas gedreht haben und die Ellipsenform hat sich dabei entweder verkleinert (kreisähnlicher) oder vergrößert.

**In nahezu allen Fällen wird eine sehr kleine Drehung von weniger als 1/8 Drehung (weniger als 45°) an den Justierschrauben M1, M2 bereits ausreichen, um die Schräglage der Ellipse zu beheben. Damit ist die Ellipse in Symmetrierichtung orientiert (wie in Abb. 2), im 2. Justierschritt wird nun die Ellipse zu einer Kreisform justiert (wie in Abb. 3).**

Falls sich die Ellipse stärker aus der Richtung der Waagerechte/ Senkrechten des Teleskops herausgedreht hat, so müssen Sie **M2** und **M1** genau in umgekehrter Richtung drehen. Hat sich eine Ellipsenachse bereits näher zur Waagerechten/Senkrechten hin gedreht, so sollten Sie mit kleinen weiteren Schritten (Drehrichtung beibehalten) eine genaue waagerechte oder senkrechte Einstellung der Ellipse erreichen. Die Ellipse wird eventuell auch schon kreisförmiger aussehen, sie kann aber vom Ausmaß auch stärker elliptisch geworden sein. Wichtig ist vorerst nur, dass die Ellipse schon recht genau waagerecht oder senkrecht orientiert ist.

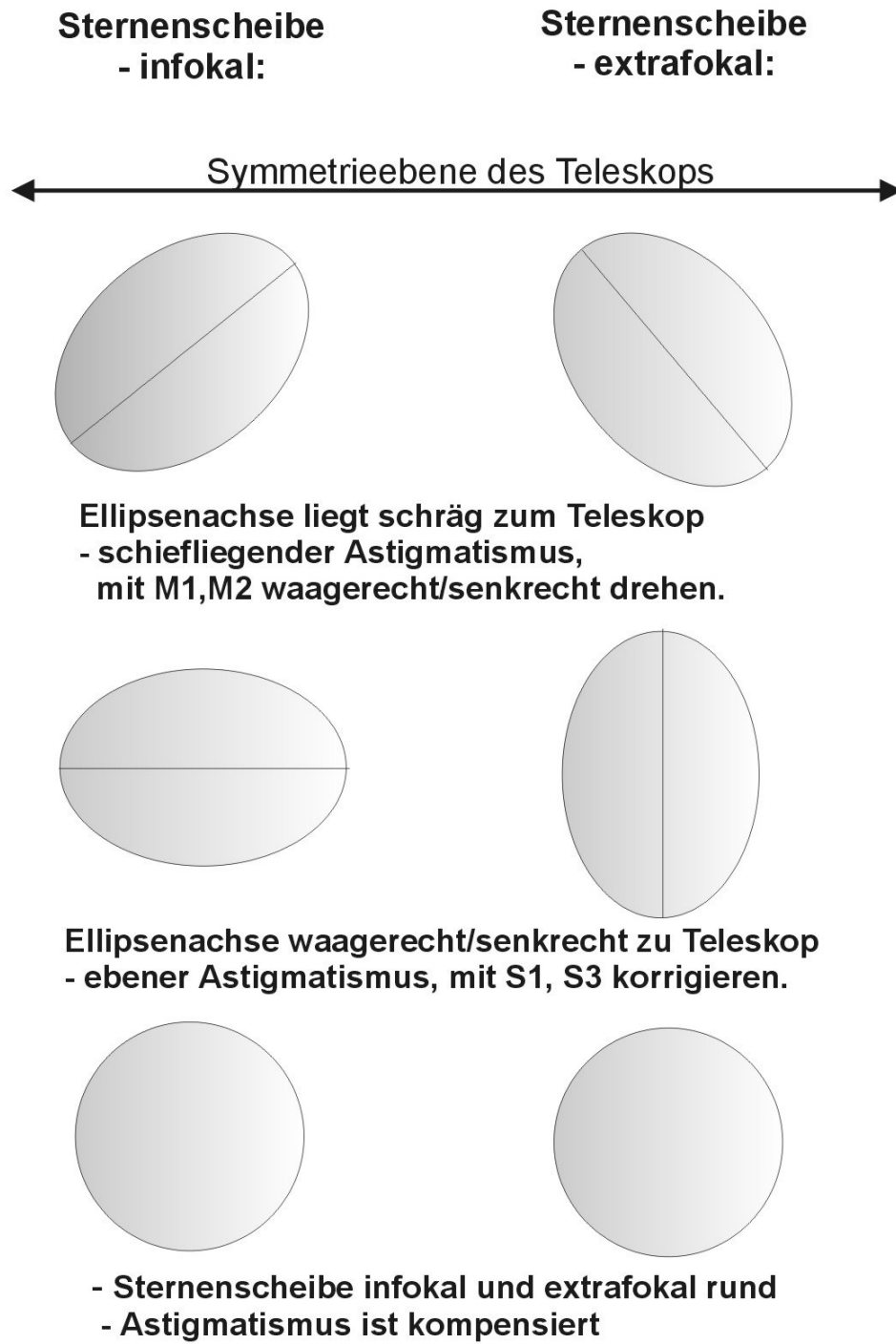
Wenn Sie die Stellschrauben M2, M1, zu weit in eine Richtung gedreht haben, dann wird erneut eine geneigte Ellipse erscheinen. Die Neigung zeigt dann genau in die andere Richtung (in extra- und infokaler Position des Auszugs sind die Ellipsenneigungen dann vertauscht). In diesem Fall sollen die Drehrichtungen von M1, M2 vertauscht werden.

Diese Prozedur muss eventuell mehrmals mit kleineren Drehungen und bei Kontrolle der intrafokalen/extrafokalen Sternenscheibe mit höherer Vergrößerung (Okular mit kürzerer Brennweite verwenden) wiederholt werden.

**Damit ist die saggitale Justage abgeschlossen.**

**Die nachfolgende Abb. 5 zeigt schematisch noch mal die beiden erforderlichen Justierschritte zur Kompensation von Astigmatismus. Zunächst wird die Sternellipse in die Symmetrieebene gedreht, so dass eine Ellipsenachse in Richtung Symmetrieachse zeigt. Im 2. Schritt wird die Ellipse zu in einen Kreis verändert. Damit ist der Bildfehler vollständig kompensiert.**

**Abb. 5**



## 2. Schritt:

Jetzt erfolgt eine Korrektur an den beiden rückseitigen Schrauben **S1** und **S3** zur Kompensation des waagerechten/senkrecht stehenden Astigmatismus:

**Das intra/extrafokale Sternenscheibchen ist immer noch elliptisch, aber bereits recht genau waagrecht/senkrecht orientiert, wie in Abb. 2. Die Sternenscheibe soll nun in einen Zustand wie in Abb. 3 überführt werden.** Die Justierschrauben **S1**, **S3** sind an der Rückfront in mittlerer Höhe des Teleskops zugänglich und verändern die Neigungen des 1. und 3. Spiegels in der Symmetrieebene (parallel zur Tischebene). Die Symmetrieebene durchläuft den Tubus genau in der Mittelebene und durchschneidet alle Spiegel in ihren Mittelpunkten. Alle anderen Neigungswinkel werden durch die Drehung nicht verändert.

**In nahezu allen Fällen wird auch hier eine kleine Drehung von weniger als 1/8 Drehung (weniger als 45°) an den Justierschrauben S1, S3 bereits ausreichen, um den Bildfehler vollständig zu beheben. Damit wird eine kreisförmige Sternscheibe bei in - und extrafokaler Betrachtung erreicht.**

Betrachten Sie erneut den hellen Stern mit einer Vergrößerung von 100-200 im Okular, der sich in der Bildmitte befinden sollte.

Beobachten Sie diesen **Stern nun infokal**, den Auszug dazu einige mm vom schärfsten Punkt nach innen drehen.

Sehen Sie nun eine **aufrecht stehende Ellipse** (steht vertikal, also senkrecht zur Symmetrieebene) so wird der Fehler kleiner, wenn Sie anschließend **S1 im Uhrzeigersinn** drehen. Liegt die Ellipse hingegen flach (entlang der Symmetrieebene), so sollten Sie anschließend **S1 gegen den Uhrzeigersinn drehen**, um den Fehler zu verringern.

Verdrehen Sie also nun die Stellschraube (**S1**), die sich unmittelbar neben dem Okularauszug in mittlerer Höhe am Hauptspiegel befindet, um einen kleinen Betrag langsam in die vorher bestimmte Richtung (weniger als 1/8 Drehung (45°) des Schlüssels). Kontrollieren Sie dabei gleichzeitig im Okular die Bewegung des Sterns. Der Stern soll nur bis zum Rand des Bildfeldes wandern, so dass er noch sichtbar bleibt. **Merken Sie sich die Drehrichtung an S1.**

Verdrehen Sie nun die andere rückseitigen Stellschraube (**S3**) **um etwa den gleichen Betrag im entgegengesetzten Drehsinne**, so dass der Stern wieder in die Bildmitte zurück wandert. Beobachten Sie die Bewegung des Sterns möglichst gleichzeitig beim Drehen im Okular und drehen Sie die Schraube (**S3**) nur soweit, dass der vorher anvisierte Stern wieder in der Bildmitte erscheint.

Prüfen Sie nun durch unscharfe Einstellung anhand des Sternenscheibchens, ob sich der Fehler verringert hat (die Ellipse erscheint runder) oder sich verstärkt hat (die



langgezogene Form hat sich verstärkt). Im ersteren Fall wiederholen sie den beschriebenen Justierschritt mit einer kleinen zusätzlichen Drehung (weniger als 1/8 Umdrehung (45°)) in die gleiche Richtung.

Ist der Fehler hingegen größer geworden - die Ellipse sieht nun langgestreckter aus - müssen Sie **S1** im entgegengesetzten Sinne drehen, um zu einer Korrektur zu gelangen. Die Drehrichtung von **S3** ist dabei immer entgegengerichtet zu **S1**.

Wiederholen Sie die Justierschritte in kleinen Abstufungen und kontrollieren Sie das Sternenscheibchen abschließend noch bei hoher Vergrößerung von 300 – 400 fach (Okular mit 5 - 10 mm Brennweite oder ein Okular mit 10 –20 mm kombiniert mit einer Barlowlinse).

**Wenn Sie die Stellschraube S1 zu weit in einer Richtung gedreht haben, kann bereits der optimale Punkt der Kompensation überschritten sein und es erscheint erneut Astigmatismus. Dabei hat sich die Ellipse um 90° gedreht. War die Ellipse beispielsweise intrafokal in vertikaler Richtung gestreckt, so ist sie bei dieser Stellung des Auszugs nun in horizontaler Richtung gestreckt. Dann müssen Sie den Drehsinn an S1 und S3 wechseln, um den Fehler wieder zu verringern.**

Mit etwas Übung gelingt es relativ schnell ein Optimum zu finden. Die Justierung ist damit so genau, dass ihr Teleskop wieder seine physikalische Leistungsgrenze erreichen kann.

**Mit dieser Anleitung lässt sich mit etwas Übung in wenigen Minuten eine einwandfreie Nachjustage des Teleskops erreichen. Am Anfang sollten Sie die Prozedur erst einmal vorsichtig einüben und nur kleine Drehungen ausführen, währenddessen beobachten Sie immer die resultierende Bewegung des Sterns im Okular und beurteilen anschließend die Form des leicht defokussierten Sternenscheibchens.**

**Eine graphische Kurzanleitung (siehe unten) soll Ihnen eine schnelle Justierhilfe bieten. Aus dem infokalen Bild der Sternenscheibe können Sie dann folgern, welche Justageschraube in welche Richtung gedreht werden sollte, um zu einer schnellen Korrektur zu gelangen.**

Eine endgültige Überprüfung des Justierzustandes kann an einem hellen Stern geschehen, der bei guten Luftbedingungen (gutes Seeing mit wenig Luftunruhe) möglichst hoch vergrößert wird (200-300 fach). Besonders gut eignet sich dazu auch die Kombination eines hochwertigen Okulars von 10 – 15 mm Brennweite mit einer Barlowlinse. Der scharf eingestellte Stern sollte als kleine, runde Lichtscheibe erscheinen (Airy-Scheibe), die von mehreren lichtschwachen, gleichmäßigen, konzentrischen Beugungsringen umgeben ist. Die Beugungsringe sind allerdings nur bei sehr ruhigen Luftbedingungen deutlich sichtbar

## **IIb. Entstehung der Bildfehler beim Multi-Schiefspiegler:**

Sie haben mit der Justierung bereits einiges über das optische Prinzip des Schiefspieglers gelernt. Die Bildfehler **Koma** und **Astigmatismus** werden durch die Schiefstellung der Spiegel erzeugt. Dies ist also eine ganz natürliche Erscheinung für einen Schiefspiegler und nicht etwa auf eine defekte Optik zurückzuführen. Die Koma wird mittels der gewählten Spiegelkrümmungen und mit korrekten Abständen bereits vollständig behoben.

Eine geeignete Drehung des Zweitspiegels (mit einer vorderseitigen Justierschraube) kann den Fehler des Astigmatismus vollständig beheben. Eine entgegengerichtete Drehung des Drittspiegels dient dazu, den ursprünglichen Strahlenverlauf wieder herzustellen, sonst müsste der Okularauszug beständig seitlich versetzt werden. Eine kleine Drehung des Drittspiegels liefert keine zusätzlichen Bildfehler, wie optische Berechnungen zeigen.

Diese Justage wurde vom Hersteller in einem Autokollimationstest bereits ausgeführt und sollte nur verändert werden, wenn sich eindeutig Bildfehler beim Sternentest zeigen. Solange nur kleine Korrekturen eines astigmatischen Bildfehlers erforderlich sind, kann die Schräglage durch Verstellen von Haupt und Zweitspiegel und eine waagerechte/senkrechte Ellipse durch **geringes Verstellen der rückseitigen Spiegel 1 und 3** entsprechend der Justieranleitung geschehen. Dieses Vorgehen lässt sich auch mit optischen Programmen simulieren und bestätigen.

Durch Temperaturänderungen oder schwere mechanische Stöße kann es zu einer geringfügigen Fehljustage der Optik kommen, welche zu den beschriebenen elliptischen Sternenscheiben (Astigmatismus) führt.

**Die notwendigen Korrekturen können entsprechend der obigen Anleitung allein mit den 4 Stellschrauben von einer einzelnen Person ausgeführt werden.**

Wenn Ihnen dennoch absolut keine einwandfreie Justierung ihres Multi-Schiefspieglers gelingen sollte, so ist es möglich, **dass sich die optische Achse des Teleskops verstellt hat**, In diesem Fall verwenden Sie einen Justierlaser und gehen nach untenstehender Anleitung vor. Anschliessend ist dann wieder die Feinjustage am Stern erforderlich, wie oben beschrieben. Gelingt Ihnen damit die einwandfreie Justage immer noch nicht, so bietet WolterScope Ihnen eine kostenlose Nachjustierung des Teleskops an, wobei Sie die Transportkosten tragen (siehe Serviceleistungen).

### **III. Justage der optischen Achse beim WS 140/150/250 mit Justierlaser und Blenden:**

Dieser Justiervorgang lässt sich bei anderen Spiegelteleskopen, die einen zentralen Fangspiegel (Newton, Cassegrain) benutzen, recht einfach durchführen, indem man einen Justierlaser mittig in den Auszug steckt und den rückreflektierten Strahl genau auf die Achse justiert. Dabei werden Hin- und Rückreflex genau in Übereinstimmung gebracht.

Im Falle der obstruktionsfreien Schiefspiegler verlässt der Laserstrahl jedoch die Öffnung. Da kein zentraler Fangspiegel existiert, wird kein Rückreflex erzeugt, der am Justierlaser sichtbar würde. Dennoch lässt sich auch hier mit einem Justierlaser, welcher zentral in der Öffnungsmitte befestigt wird, eine genaue Einstellung der optischen Achse und des Strahlenverlauf hin zum Okularauszug erreichen.

**Eine Justage der optischen Achse wird notwendig, falls beispielsweise die Spiegel zur Reinigung oder für eine Neubeschichtung ausgebaut wurden. Auch wenn man bei einer Feinjustage am Fixstern diesen versehentlich aus dem Bildfeld verliert und nicht mehr wiederfindet, hat man damit die optische Achse des Systems bereits geringfügig verändert.**

Dann erscheinen in der Bildmitte Objekte, deren Licht unter einem gewissen Einfallswinkel zur optischen Achse in die Öffnung fällt. Da das Bildfeld der optimalen Abbildung jedoch auf etwa  $\pm 0.25^\circ$  begrenzt ist, können damit auch in der Bildfeldmitte optische Fehler auftreten (Koma und Astigmatismus), die sich dann nicht mehr optimal mit einer Feinjustage kompensieren lassen.

Bei einem fehljustierten Newton mit verkippten Hauptspiegel wäre dann beispielsweise in der Bildmitte im Okular ein Komafehler am Stern feststellbar.

**Beim Multi-Schiefspiegler tritt bei verkippter optischer Achse ein nicht mehr vollständig behebbarer Astigmatismus auf. Wenn ihnen also keine einwandfreie Feinjustage am Stern mehr gelingt, sollten sie zunächst die optische Achse mit dem Justierlaser und dem mitgelieferten Blendenset überprüfen und gegebenenfalls korrigieren.**

### **Die Überprüfung und Justage der optischen Achse geschieht beim Multi-Schiefspiegler wie folgt:**

Legen Sie das Teleskop mit der Unterseite flach auf einen Tisch.

Zunächst lockern Sie die oberen Gehäuseschrauben um einige Drehungen, nehmen die beiden Gummiabdichtungen heraus und können nun die obere Deckelplatte nach hinten herauschieben (beim WS 150).

Beim WS 140 ist dies nicht möglich, da der Tubus vollständig geschlossen ist.. Hier müssen Sie alle Schrauben auf Ober- und Unterseite herausschrauben. Also die Montierungsplatte unten abnehmen und auch die Anschlussplatte für den Sucher abschrauben. Zusätzlich noch den frontseitigen Gummiring abnehmen und auch das öffnungsseitige Tubusblech abschrauben. Dann lässt sich mit etwas Händedruck die

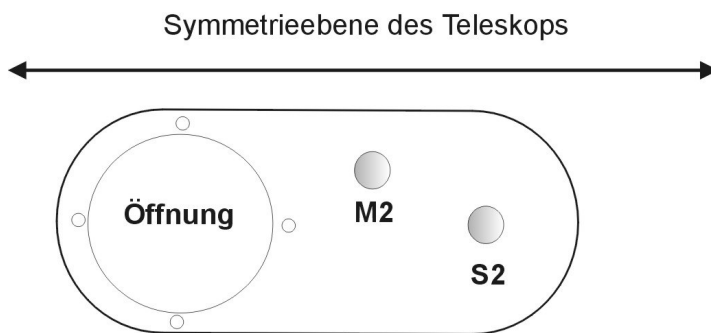
Tubushülle nach hinten vom Rahmen komplett abschieben. Damit sind nun alle Spiegel zugänglich.

Direkt auf den Hauptspiegel (Spiegel an der Rückfront, neben dem Okularauszug) wird die rote Blendenkappe 1 auf geschoben und die Blendenkappe 3 auf den Drittspiegel (neben dem Hauptspiegel). Drücken Sie die Kappen leicht in die Ringfassungen hinein, die kappen sollten die Spiegelflächen nahezu berühren. Die Strichmarke auf der Blende 3 soll in die horizontale Lage (Symmetrieebene) gedreht werden.

Die mitgelieferte Kunststoffplatte **mit 4 Löchern wird auf den Zweitspiegel** gelegt. Diese ist am oberen und unteren Rand mit Löchern versehen, die auf entsprechende Gewindestifte an der elliptischen Zweitspiegelblende aufgesteckt werden. Der Zweitspiegel befindet sich vorne direkt neben der Öffnung. Die beiden Stifte befinden sich oben und unten an der elliptischen Blende. **Die Verbindungslinie der Löcher ist damit parallel zu Tischfläche orientiert, die Lochreihe befindet sich damit in der Symmetrieebene des Geräts.**

Nun schrauben Sie mit einem kleinen Schraubendreher alle 8 Schrauben am vorderen Gehäuseblech ab und nehmen die Frontplatte ab (beim WS 150). Vorher sollte der vordere Gummiring vom Tubus abgezogen werden, er kann später wieder aufgesteckt werden. Damit wird nun auch die Justierschraube **S2 am Zweitspiegel** zugänglich.

**Positionen der Justierknöpfe an der Vorderseite  
des WolterScope 140/150/250  
(Zur Einstellung der optischen Achse,  
Frontplatte abschrauben)**



4 Gewindelöcher zum Anbringen der  
Plexiglasscheibe mit dem Justierlaser

- Laserspot auf rückseitigen Tri-Spiegel beobachten
- mit M2 vertikal verkippen
- mit S2 waagrecht verstellen.

Es müssen nun nacheinander jeweils 2 Justageschrauben an den 3 Spiegeln eingestellt werden. Dabei sind **M1, M2, M3** oberhalb der mittleren Ebene angeordnet (bewirken vertikale Verkipnungen) und **S1, S2, S3** befinden sich genau in der mittleren Teleskopebene (bewirken eine seitliche Drehung der Spiegel).

An der Eintrittsöffnung wird nun die Kappe mit dem Laserpointer aufgesteckt. Der Justierlaser sollte zentral in den Flansch eingeschoben und vorsichtig mit den 6 Klemmschrauben festgestellt werden. Der Einschaltknopf des Laser soll dabei unterhalb der grösseren Kunststoffschraube liegen. Wenn Sie diese Schraube etwas anziehen, wird damit der Laser eingeschaltet.

Nun werden die 6 Stellschrauben am Justierlaser so eingestellt, dass der Laserspot genau aus dem kleinen Loch in der Eintrittsblende austritt und die zentrale Bohrung in Blende **1** mittig auf dem Hauptspiegel trifft. Damit wird der Laserstrahl zum Zweitspiegel reflektiert. Der Reflex vom Hauptspiegel kommend befindet sich am weitesten von der Öffnung entfernt und soll genau in das **Loch 2** der Zweitspiegelblende führen.

Liegt der Reflex ober- oder unterhalb so stellen Sie ihn mit **M2 am Hauptspiegel** zunächst in die mittlere Ebene des Teleskops. Mit **S1** kann er dann seitlich verschoben werden, so dass er genau das **Loch 2** trifft. Der Strahl trifft dann den Spiegel 2 und wird durch **Loch 2a** zurückreflektiert. Von dort gelangt der Laserstrahl zum **Drittspiegel** und sollte diesen genau in der Bohrung von Blende 3 treffen. Erscheint der Laserspot dort ober- oder unterhalb von Blendenloch **3**, so drehen sie zunächst an der Justierschraube **M2 (neben der Öffnung am Zweitspiegel, siehe Abb. )**, um den Spot in die mittlere Ebene zu stellen. Mit **S2** kann der Spot dann seitlich verstellt werden, bis er Blendenloch **3** trifft.

Von dort wird der Strahl erneut auf den Zweitspiegel gelenkt. Dieser Reflex sollte ebenfalls in der mittleren Ebene liegen und in das **Loch 4 der Zweitspiegelkappe** fallen (steht näher zur Öffnung als Loch 2).

Liegt er ober- oder unterhalb, so lässt er sich durch Drehen an **M3** am Drittspiegel in die mittlere Ebene stellen. Mit **S3** kann er dann seitlich verschoben werden. Der Laserstrahl gelangt dann zum Zweitspiegel in das Loch 4 und wird durch Loch 4a wieder herausreflektiert. Nun sollte der Strahl von dort aus mittig durch den Okularauszug laufen, dies lässt sich mit einer Feinjustage an den Stellschrauben **S3 und M3** einstellen. Sie sollten dabei nicht direkt durch den Auszug schauen, damit der Laserstrahl nicht direkt ihr Auge trifft, sondern der mitgelieferten durchsichtigen Endkappe mit zentraler Bohrung in das Ende des Okularauszugs einsetzen. Sie können nun den Laserstrahl durch Drehen an **S3 und M3** so einstellen, dass er mittig durch die Bohrung aus dem Auszug austritt.

Schalten Sie nun den Laser aus und nehmen Sie alle Blenden wieder ab.

Dann wird die Frontplatte eingesetzt, wieder angeschraubt und der Gummiring auf die Tubuskante geschoben. Schrauben Sie anschliessend den oberen Tubusdeckel wieder auf, die Gummidichtung erst nach Aufschieben der Deckelplatte einsetzen und dann die Schrauben festziehen. Beim Ws 140 wird der ganze Tubus aufgeschoben, dabei darauf achten das die Bohrlöcher mit den entsprechenden Löchern im Rahmen fluchten.

**Damit haben Sie mit hoher Genauigkeit den optischen Strahlverlauf und die optische Achse wiederhergestellt. Die Methode ist dabei so genau, dass auch der astigmatische Bildfehler bereits sehr klein ist.**

**Prüfen Sie dann später am Fixstern, ob eine Feinjustage des Astigmatismus überhaupt noch erforderlich ist. Dafür sind gegebenenfalls dann noch sehr kleine Schraubendrehungen (weniger als jeweils  $\frac{1}{4}$  Drehung an den 3 rückseitigen Stellschrauben (S1, M1, S3, Haupt- und Drittspiegel), sowie an M2**

(vorderer Zweitspiegel) erforderlich. Die Feinjustage erfolgt in 2 Schritten und ist in der obigen Justieranleitung bzw. in der Kurzanleitung genau beschrieben.

## **Ergänzung:**

### **Alternative Feinjustage mit einem Ronchi-Gitter (nur für die Optik-Experten)**

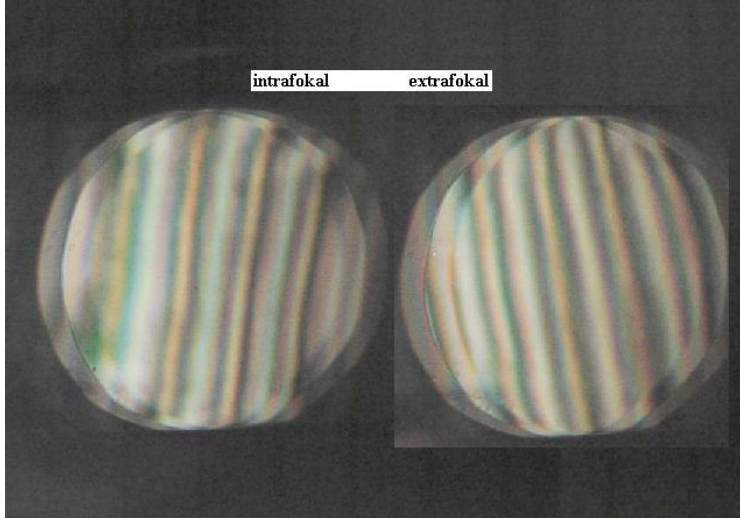
Die Feinjustage der Multi-Schiefspiegler an einem Stern kann auch mit einem hochwertigen Ronchi-Gitter erfolgen. Empfohlen wird ein Glasgitter mit 5-10 Linienpaaren/mm. Das Gitter sollte sich an der Außenseite einer 1.25" Stechhülse befinden, die sich dann am Okularauszug befestigen lässt. Vorher wird ein heller Stern mit einem Okular in die Bildmitte gestellt und sollte dort mit der Nachführung mehrere Min. gehalten werden. Wenn Sie den Stern durch das Gitter betrachten (Auge dicht an das Gitter bringen), sehen Sie die Gitterstreifen auf dem Lichtkreis des unscharf eingestellten Sterns. Der Stern wird dazu um einige mm defokussiert. Bewegen Sie den Auszug durch den Fokus, so verringert sich die Zahl der Linien, bis diese im Fokus ganz verschwinden und auf der anderen Seite des Fokus wieder erscheinen. Die sichtbare Linienzahl nimmt mit zunehmender Distanz vom Fokus rasch zu. Für den Test auf Astigmatismus sollten Sie den Abstand so einstellen, dass intra- oder extrafokal nur einige Linien (4-6) sichtbar sind.

**Beobachten Sie die Orientierung/Richtung der Linien, wenn sie beispielweise den Auszug langsam von intra- nach extrafokal verstellen.**

**Wenn Astigmatismus vorliegt, zeigt sich eine Verkippung zwischen den Intra- und extrafokalen Linien, wie in der Abbildung dargestellt.** Die Verkippung ist mehr oder weniger stark ausgeprägt, je nach Größe des Bildfehlers. Die Verkippung ist auch davon abhängig, in welcher Richtung das Gitter relativ zum Auszug gedreht ist.

**Um zunächst schrägliegenden Astigmatismus nachzuweisen, soll das Gitter möglichst genau senkrecht (oder parallel) zur Symmetrieachse des Teleskops stehen.**

**Eine dann sichtbare Verkippung ist ein empfindlicher Indikator für schrägen Astigmatismus.** Sie können jetzt die Feinjustage mit den **Stellschrauben M2, M1** entsprechend der Justageanleitung (1.Schritt) vornehmen. Der Stern sollte immer wieder in die Mitte des Auszugs gestellt werden. Die Justage ist beendet, wenn keine Verkippung der Gitterlinien bei Verstellen des Auszugs (von intra- nach extrafokal bzw. umgekehrt) mehr beobachtet wird.



Aufnahme und Test von W. Rohr, Hassfurt. Das Ronchi-Gitter besitzt 13 Linienpaare/mm und war senkrecht zur Symmetrieebene des Teleskops orientiert. Die Schräglage intra/extrafokal und deren gegensinnige Neigung (Drehung um  $90^\circ$  beim Durchgang durch den Fokus) zeigen geringen schief liegenden Astigmatismus an (mit M1, M2 korrigieren). Die Schräglage kann auch in die andere Richtung zeigen (Bezeichnung „intra- und extrafokal“ am Bild vertauschen).













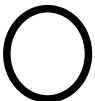
**Drehen Sie nun das Gitter in einem Winkel von  $45^\circ$  zur Symmetrieebene bzw. zur Vertikalen des Teleskops.**

Dabei wird nun der noch vorhandene **senkrechte /waagerechter Astigmatismus** sichtbar, der anhand der **Stellschrauben S1, S3** korrigiert werden kann. Dieser Fehler bewirkt dabei eine Verkippung der intrafokalen Linien relativ zu den extrafokalen, die mehr oder weniger von der  $45^\circ$  Position abweicht. Die Justage (anhand der Anleitung, 2. Schritt) anhand von S1, S3 erfolgt nun solange, bis keine relative Verkippung der Linien mehr feststellbar ist.

Insbesondere bei größerer Luftunruhe lässt sich die Verkippung der Linien am Ronchigitter einfacher feststellen, als die Beurteilung einer leicht elliptischen Sternenform und bietet damit ein präzises Hilfsmittel zur Justage.

## Kurzanleitung:

Feinjustage von Astigmatismus anhand eines defokussierten Sterns im Okular:

<b>Anblick im Okular, Sternenscheibe infokal:</b> (Auszug vom schärfsten Punkt einige mm nach innen drehen)	<b>Korrektur mit folgender Stellschraube/Drehrichtung</b>  - Steckschlüssel weniger als 45° drehen	<b>Stern in Bildmitte einstellen mit folgender Stellschraube/Drehrichtung</b>  - Steckschlüssel weniger als 45° drehen
	<b>M2</b> (Zweitspiegel-vorne-oben) - Gegen die Uhr 	<b>M1</b> (Hauptspiegel-hinten-oben) - mit der Uhr  noch gering mit <b>S3</b> den Stern wieder in die Bildmitte verschieben
	<b>M2</b> (Zweitspiegel-vorne-oben) - mit der Uhr 	<b>M1</b> (Hauptspiegel-hinten-oben) - Gegen die Uhr  noch gering mit <b>S3</b> den Stern wieder in die Bildmitte verschieben
	<b>S1</b> (Hauptspiegel-Mitte) - gegen die Uhr 	<b>S3</b> (Tri-Spiegel-Mitte) - mit der Uhr 
	<b>S1</b> (Hauptspiegel-Mitte) - mit der Uhr 	<b>S3</b> (Tri-Spiegel-Mitte) - gegen die Uhr 
	So belassen - wenn intra- und extrafokale Sternscheibe gleich aussehen.	Eventuell mit höherer Vergrößerung kontrollieren.