

**Schritt 44:** Schieben Sie den Linsenhalter [F8] mit der aufgeklebten Huygenslinse voran so tief in das offene Ende des Okularschafts [F5] hinein, dass die Klebelaschen mit dem Rand des Okularschafts genau bündig sind. Kleben Sie den Linsenhalter in dieser Position fest.

*Jetzt sind alle optischen Komponenten des Teleskops fertig und Sie können die beiden Okulare schon einmal ausprobieren. Sie sollten sich im Okularstutzen gut bewegen lassen, aber auch in jeder Position stehen bleiben können. Falls nötig kann man später kleine Stücke Papier ins Innere des Okularstutzens kleben, die für die erforderliche schwache Reibung sorgen.*

*Das Bild wird durch Verschieben des Okulars im Okularstutzen scharf gestellt: Für näher gelegene Landschaftsobjekte muss es weiter herausgezogen werden als für Himmelsobjekte. Hinweis für Brillenträger: Da beim Scharfstellen auch die Fehlsichtigkeit ausgeglichen wird, kann es in manchen Fällen nötig sein, die Okulare etwas zu verkürzen, damit sie sich tiefer als vorgesehen in den Okularstutzen schieben lassen.*

**Achtung:** Richten Sie das Teleskop nie ohne einen Sonnenfilter vor der Öffnung auf die Sonne!

*Erstaunlicherweise sieht man bei Verwendung eines Okulars nichts mehr vom Fangspiegel. Man kann sich das so erklären, dass das Licht eines weit entfernten Objekts durch die Teleskopöffnung auf jeden einzelnen Punkt des Hauptspiegels fällt und von dort auf den Fangspiegel geworfen wird. Wird ein Teil der Öffnung verdeckt, z. B. durch den Fangspiegel, bleibt das Bild unverändert. Es wird nur etwas lichtschwächer, weil es nur noch von einem Teil des Hauptspiegels erzeugt wird.*

#### Die Visiere

*Um das Teleskop schnell auf ein Ziel ausrichten zu können, hat es zwei Visiere, die mit einem Fachausdruck auch „Diopter“ genannt werden.*

**Schritt 45:** Lösen Sie die beiden Hälften des vorderen Visiers [G1] und [G2] aus dem Karton und machen Sie auch das kleine quadratische Loch frei. Falzen Sie die Fußflaschen nach vorne und kleben Sie die beiden Hälften mit den unbedruckten Seiten gegeneinander. Nach dem Trocknen wird das fertige Visier mit auseinander gespreizten Fußflaschen auf die markierte Stelle geklebt, mitten auf dem Spiegelsegment des Tubus, nicht weit vom Hauptspiegel.

**Schritt 46:** Verfahren Sie mit den beiden Hälften des hinteren Visiers [G3] und [G4] ebenso und kleben Sie es auf die markierte Stelle mitten auf dem Visiorsegment des Tubus.

**Achtung:** *Blicken Sie niemals durch die Visiere auf die Sonne!*

#### Die Montierung

*Bei jedem Teleskop, das in der freien Hand gehalten wird und dessen Vergrößerung über 8- bis 10fach liegt, beginnt das Bild zu zittern, weil die kleinen Bewegungen von Arm und Hand mitvergrößert werden. Deshalb wird der Tubus dieses Teleskops von einer Tischmontierung gehalten. Sie ist eine nach ihrem Erfinder „Dobson-Montierung“ genannte Vorrichtung, die dem Tubus eine beliebige horizontale Drehung und eine beliebige Neigung bis zum Zenit ermöglicht (auch „Azimutal-Montierung“ genannt). Sie besteht aus einer Grundplatte, dem rechten und linken Träger, die durch eine Brücke verbunden sind, und deren seitlichen Stützen. Die halbrunden Ausschnitte oben in den Trägern sind die Lager für die Achsen, die sich seitlich am Tubus des Teleskops befinden. Die Gradskalen auf den Achs-Abdeckungen zeigen Ihnen den Winkel an, in dem der Tubus gegen die Grundplatte der Montierung geneigt ist.*

**Schritt 47:** Kleben Sie die Ober- und Unterseite der Grundplatte [H1] und [H2] mit den unbedruckten Seiten gegeneinander. Damit sie ganz eben wird, sollte sie beim Trocknen gepresst werden.

**Schritt 48:** Falzen Sie beim Innenteil des rechten Trägers [J1] die Fußflaschen und das halbe Brücken-Innenteil nach vorne.

**Schritt 49:** Falzen Sie beim Außenteil des rechten Trägers [J2] die zwei Fußlaschen vorne und kleben Sie es passgenau auf die Rückseite des rechten Träger-Innenteils [J1]. Das halbe Brücken-Innenteil sowie die Fußlaschen bleiben dabei unbelklebt. Pressen Sie den Träger beim Trocknen, damit er ganz plan wird.

**Schritt 50:** Innenteil [J3] und Außenteil [J4] des linken Trägers sind identisch mit denen des rechten Trägers, nur spiegelbildlich. Falzen und kleben Sie sie in gleicher Weise zusammen wie den rechten Träger.

**Schritt 51:** Legen Sie die beiden Träger so nebeneinander, dass die beiden Hälften des Brücken-Innenteils spaltfrei und in gleicher Höhe aneinander stoßen und deren unbedruckte Seite oben liegt. Verbinden Sie sie dann mit einem Klebestreifen, so dass die beiden vereinigten Brückenteile die selbe Form annehmen wie das Außenteil der Trägerbrücke [J5] (ohne dessen Klebelaschen).

**Schritt 52:** Stellen Sie die beiden Träger mit gespreizten Fußflaschen auf die Klebemarkierungen der Grundplatte [J1+2]. Die innere Trägerbrücke zeigt dabei mit ihrer unbedruckten Seite nach außen, ebenso die grauen Klebemarkierungen auf den Trägern. Schieben Sie die Träger zurecht, bis sie parallel zueinander und mittig auf der Grundplatte stehen. Die Fußflaschen haben dann überall den gleichen Abstand zum Rand der Grundplatte, und nur die



Klebemarkierungen für das Vorderteil der Trägerbrücke und für die beiden Seitenstützen bleiben dabei noch frei. Kleben Sie die Träger in dieser Position auf der Grundplatte fest.

**Schritt 53:** Falzen Sie beim Außenteil der Trägerbrücke [J5] die Fußlasche nach vorne und die beiden seitlichen Laschen nach hinten. Kleben Sie das Außenteil der Trägerbrücke passgenau auf die unbedruckte Rückseite der beiden halben Brücken-Innenteile. Dabei wird der Klebestreifen verdeckt und die gestufte Oberkante des Außenteils der Trägerbrücke kommt mit der Oberkante der Innenteile zur Deckung. Seine Fußlasche wird auf die Markierung der Grundplatte geklebt, wobei die schrägen Enden im 45°-Winkel auf die schrägen Enden der Träger-Fußlaschen treffen und spaltfrei an sie stoßen. Die beiden seitlichen Laschen der Trägerbrücke umfassen rechts und links die Träger und werden dort auf die markierten Stellen geklebt.

**Schritt 54:** Falzen Sie beim Vorderteil der rechten Seitenstütze [K1] die beiden grauen Klebelaschen nach hinten, ebenso das dreieckige Teil, an dem die kleinere der Klebelaschen hängt. Alle anderen Nuten werden nach vorne gefalzt. Falzen Sie dann beim Rückteil der rechten Seitenstütze [K2] alle genuteten Linien nach vorne.

**Schritt 55:** Durch die 2 Längsfalze ist das Rückteil der rechten Seitenstütze [K2] in drei Streifen unterteilt, von denen einer eine gestufte Oberkante hat und um etwa ein Drittel kürzer ist als die beiden anderen. Das Vorderteil der rechten Seitenstütze [K1] hat einen genau so großen, jedoch spiegelbildlich gestuften Streifen, der unten eine kleine, schmale Klebemarkierung trägt und in dessen Verlängerung nach oben sich eine schmale Klebelasche befindet. Kleben Sie diese kürzeren, gestuften Streifen der beiden Teile kantengenau gegeneinander, wobei die Fußflaschen unverklebt bleiben. Die längliche, schmale Klebelasche des Vorderteils wird hinter den mittleren Streifen des Rückteils geklebt. Zuletzt werden Vorder- und Rückteil der Seitenstütze so zueinander gebogen, dass sie einen Winkel von etwa 60° bilden (wie in einem gleichseitigen Dreieck), und die kurze Klebelasche des kleinen Deckel-Dreiecks, an dem der spitze Zeiger hängt, wird hinter die Oberkante des Seitenstützen-Rückteils geklebt (siehe Abbildung oben).

**Schritt 56:** Stellen Sie die rechte Seitenstütze [K1+2] nach dem Trocknen zunächst probeweise ohne Klebstoff an ihre Stelle außen am rechten Träger. Die Fußflaschen der Seitenstütze passen genau auf die Klebemarkierung der Grundplatte zwischen den Fußlaschen des rechten Trägers. Sie stoßen dabei spaltfrei mit ihren Kanten sowohl aneinander als auch an die Kanten der Träger-Fußlaschen. Die Streifen der Seitenstütze, die auf den Träger geklebt werden, passen auf die dafür vorgesehenen Klebemarkierungen, ebenso wie die dreieckige Zeigerspitze, die auf den tiefsten Punkt des rund ausgeschnittenen Achslagers weist. Kleben Sie die Seitenstütze in dieser Position fest.

**Schritt 57:** Vorder- und Rückteil der linken Seitenstütze [K3 und K4] sind spiegelbildlich zu denen der rechten Seitenstütze, ansonsten aber identisch. Falzen und kleben Sie sie zusammen wie in Schritt 54 bis Schritt 55 und kleben Sie die fertige Seitenstütze dann wie in Schritt 56 an ihren Platz außen am linken Träger.

#### Die Okular-Aufbewahrung

*Da immer nur ein Okular auf einmal benutzt wird, wird für das andere eine Aufbewahrungsmöglichkeit benötigt, ebenso für den Deckel, mit dem der Okularstutzen verschlossen wird, wenn kein Okular in ihm steckt.*

**Schritt 58:** Falzen Sie beim Hals des Okularstutzendeckels [B4] alle Nuten nach hinten und kleben Sie ihn zu einem sechskantigen Rohr zusammen. Kleben Sie ihn anschließend mit seinen Laschen mittig auf die Rückseite des Okularstutzendeckels [B5]. Stecken Sie den fertigen Deckel auf den Okularstutzen, so bleibt der Fangspiegel vor Staub geschützt.

**Schritt 59:** Falzen Sie bei der rechten Okular-Aufbewahrung [L1] alle Nuten nach hinten und nur die mit Schrauben verzierte Klebelasche nach vorne. Halten Sie die Okular-Aufbewahrung so, dass die abgeschrägten Enden der Klebelaschen oben sind und kleben Sie die schraubenverzierte Lasche auf die entsprechende Markierung am rechten Träger links von der Seitenstütze, die andere auf die Markierung am hervorspringenden Teil der Seitenstütze.

**Schritt 60:** Verfahren Sie mit der linken Okular-Aufbewahrung [L2] ebenso, nur spiegelbildlich auf der anderen Seite der Montierung.

**Schritt 61:** Setzen Sie jetzt die Achsen Ihres Teleskops vorsichtig und ohne die Klammern an den Spiegelhalterungen zu verrutschen in die Achslager der Montierung ein. Das Ende mit dem Hauptspiegel liegt dabei über der offenen Seite der Montierung, und der Okularstutzen ragt schräg nach oben. Wenn Sie nach einigen Beobachtungen mit den Okularen feststellen, dass Sie mit der Basisjustierung des Hauptspiegels schon ein gutes Ergebnis erzielt haben, können Sie den folgenden Abschnitt der Feinjustierung überspringen und gleich bei der Endmontage in Schritt 65 weitermachen.

#### Die Feinjustierung (nur bei Bedarf)

*Planeten erscheinen bei Vergrößerung als kleine Scheiben, Fixsterne bleiben aber immer Lichtpunkte, wie stark man sie auch vergrößert. Die Qualität eines Teleskops lässt sich daher an der Abbildung solcher Lichtpunkte erkennen und mit ihrer Hilfe optimieren, was im Rahmen der Möglichkeiten, die eine Kartonkonstruktion bieten kann, auch für dieses Teleskop gilt.*

*Wenn Sie mit dem Ergebnis der Basisjustierung Ihres Teleskops noch nicht zufrieden sind, insbesondere nach dem Blick auf einen Stern oder den leuchtenden Punkt einer weit entfernten nächtlichen Lichtquelle, können Sie mit den folgenden Schritten versuchen, die Justierung des Hauptspiegels zu verbessern. Sie benötigen dafür eine ruhige Hand und nicht wenig Geduld, denn je feiner die Justierung werden soll, umso kleiner sind die dafür nötigen Veränderungen an den Justierlaschen. Da kann es durchaus vorkommen, dass sogar die Korrektur einer Korrektur nachkorrigiert werden muss ...*

**Schritt 62:** Für die optimale Justierung des Hauptspiegels müsste man das Teleskop eigentlich auf einen Stern ausrichten, nur ist es schwierig, im Dunkeln Korrekturen an den Justierlaschen vorzunehmen. Um bei Tageslicht arbeiten zu können, nimmt man stattdessen einen „künstlichen Stern“ in Form einer verspiegelten Christbaumkugel o.ä. zur Hilfe, die in etwa 40 m Entfernung vom Teleskop im Sonnenlicht aufgehängt wird, am besten vor einem eher dunklen Hintergrund. Wenn man mit der Sonne im Rücken auf die Kugel blickt, sieht man ihre Reflexion auf der Kugeloberfläche als einen hellen Lichtpunkt. Sie benötigen keinen Sonnenfilter-Vorsatz, um ihn durch das Teleskop betrachten zu können.

**Schritt 63:** Richten Sie das Teleskop zunächst mit dem 28mm-Okular so auf die Christbaumkugel, dass der Lichtpunkt in der Mitte des Bildes steht, und prüfen Sie, ob er auch nach sorgfältigem Scharfstellen des Okulars ein Punkt bleibt. Wenn sein Licht nach einer Seite hin verschmiert wird, muss der Hauptspiegel mit sehr kleinen Bewegungen der Justierlaschen nachgestellt werden, bis das bestmögliche Ergebnis erreicht ist. Prüfen Sie dann, ob das Ergebnis mit dem anderen Okular ebenso befriedigend ist.

**Schritt 64:** Um ganz sicher zu gehen, können Sie die Spiegeljustierung auch noch einmal bei einem Nachteinsatz überprüfen, indem Sie das Teleskop auf einen hellen Stern oder zumindest auf eine sehr ferne Lichtquelle richten. Vergessen Sie aber nicht, dass Sie von einer handgebauten Kartonkonstruktion und Okularen mit Acrylglas-Linsen nicht die gleiche Abbildungsqualität erwarten können wie von einem viel teureren, mit Präzisionsmaschinen zusammengebauten feinoptischen Industrieprodukt.

#### Die Endmontage

*Nach dem Abschluss der Basis- bzw. Feinjustierung können nun die Spiegel dauerhaft fixiert und die letzten Kartonelemente aufgeklebt werden.*

**Schritt 65:** Kleben Sie die Fangspiegel-Halterung [D1] in ihrer justierten und mit Klammern fixierten Position fest. Heben Sie dazu nach und nach eine der vier Laschen an, streichen Sie Klebstoff darunter und fixieren Sie sie dann gleich wieder mit einer Klammer. Überprüfen Sie immer wieder wie in Schritt 29, ob der Blick durch den Okularstutzen auch wirklich auf die Mitte des Fangspiegels fällt. Korrigieren Sie notfalls, indem Sie die Laschen vor dem Trocknen ein winziges Stück vor oder zurück schieben.

**Schritt 66:** Falzen Sie alle Laschen der Tubus-Öffnungsblende [D2] nach hinten. Setzen Sie sie dann vorne als Abschluss auf den Tubus, direkt vor den Fangspiegel, und kleben Sie die Laschen außen am Rand des Tubus fest.

**Schritt 67:** Kleben Sie nun die Laschen der justierten Hauptspiegel-Halterung fest. Wenn Sie wollen, können Sie die Laschen auch nur mit zwei Klebepunkten fixieren. Das macht es leichter, die Spiegelhalterung wieder auszubauen, falls ein Austausch des Hauptspiegels oder eine Nachjustierung notwendig werden sollte. Lösen Sie zunächst bei nur einer der Laschen die Klammer, geben Sie Klebstoff darauf und fixieren Sie sie erneut mit der Klammer. Prüfen Sie mit einem kurzen Blick durch den Okularstutzen, ob sich auch nichts verschoben hat, und kleben Sie dann die **übernächste** Lasche in gleicher Weise fest, dann wieder die **übernächste** und dann die drei verbliebenen.

**Schritt 68:** Falzen Sie alle Laschen der Tubus-Abschlussplatte [E3] nach hinten. Vergewissern Sie sich ein letztes Mal, dass der Spiegel richtig sitzt, und schneiden Sie dann die überstehenden Griffe der Justierlaschen ab. Kleben Sie die Abschlussplatte hinter dem Hauptspiegel auf die Öffnung im Tubus, ggf. wieder nur mit zwei Klebepunkten auf jeder Lasche.

***Herzlichen Glückwunsch! Jetzt sind Sie bereit für Ihr „First Light“, wie die Astronomen den Zeitpunkt der ersten Beobachtung mit einem neuen Teleskop nennen.***

***Wir wünschen Ihnen viele interessante Stunden mit Ihrem selbst gebau-**ten Spiegelteleskop, das ja vielleicht nur der erste Schritt zu einem größeren Instrument ist. Wenn Sie uns interessante Erfahrungen beim Zusammenbau oder bei der Benutzung mitteilen möchten, die wir ggf. in künftige Auflagen mit einarbeiten oder im Internet veröffentlichen können, freuen wir uns über Ihre Zuschrift.*

**AstroMedia\* Versand, Zuckerdamm 15, 23730 Neustadt in Holstein. Tel. 04561 / 524 77 74, Fax 04561 / 524 77 75, service@astromedia.de**

<p><b>Tipps zum Gebrauch Ihres Newton-Spiegelteleskops:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Das Bild des Spiegelteleskops steht zwar nicht wie bei einem Feldstecher aufrecht, dennoch lassen sich mit ihm auch Landschaft und Natur beobachten. Richten Sie den Tubus auf das Objekt aus, indem Sie es durch die Visiere anpeilen.</li> <li>Um Sonnenflecken beobachten zu können, brauchen Sie den <b>Sonnenfilter-Vorsatz</b> (Nr. 210.NSF). Richten Sie in diesem Fall das Teleskop keinesfalls mit einem Blick durch die Visiere auf die Sonne aus, sondern bewegen Sie den Tubus, bis der Schatten des hinteren Visiers genau auf das vordere Visier fällt. Die Zahl der Sonnenflecken schwankt in einem Rhythmus von etwa 11 Jahren und wird nach 1999 wahrscheinlich 2011 sein nächstes Maximum erreichen.</li> <li>Das lohnenswerteste Nachtobjekt ist zweifellos der Mond. Die Mondkrater sehen Sie am besten bei zu- oder abnehmendem Mond in der Nähe der Schattenlinie („Terminator“), wo das Sonnenlicht streifend auf die Mondoberfläche trifft und gut sichtbare Schlagschatten entstehen.</li> <li>Bei guter Justierung der Spiegel kann man auch die Jupiternonde und andeutungsweise den Saturnring sehen.</li> <li>Mit dem Fotostativ-Adapter von AstroMedia (Best.-Nr. 259.FSA) können Sie den Tubus auch auf jedes Foto- oder Videostativ montieren, was viele Beobachtungen vereinfachen kann.</li> </ol>
---

## Der Sonnenfilter-Vorsatz



Unserlässlich für die Beobachtung von Sonnenflecken und Planetendurchgängen, sicher und optimal auf Ihr Newton-Spiegelteleskop abgestimmt.

### *weitere interessante Bausätze:*

Das Kopernikus-Planetarium	Der Jakobsstab
Das Historische Galileo-Teleskop	Der Sonnenkompass
Das Kleine Galileo-Teleskop	Das Westentaschen-Teleskop
Der Sonnen-Projektor	Das Kepler-Teleskop
Johannes Keplers Weltgeheimnis	Das Galileo-Teleskop
Der Kleine Sternenhimmel	Das Liliput Klappfernglas
Der Sextant	Die Kompass-Sonnenuhr
Die Drehbare Pracht-Sternkarte	Die Digital-Sonnenuhr
Das Sonnen-Teleskop	Die Ring-Sonnenuhr
Die Kompass-Sonnenuhr	Das Nelson-Teleskop
Die Regiomontanus-Sonnenuhr	Die Wahre-Zeit-Uhr
Die Sternenuhr	Das Sonnen-Teleskop
Die Sonnen-Sicht-Brille	Die Postkarten-Sonnenuhr
Der Große Sternenhimmel	Der Postkarten-Sternenhimmel
Das Kleine Tischplanetarium	Das Handspektroskop

*Gerne senden wir Ihnen unseren kostenlosen Katalog!*

<p><b>AstroMedia</b><span>*</span></p> <p><b>Zuckerdamm 15 • 23730 Neustadt in Holstein</b>  <b>Tel. 04561 - 524 77 74 • Fax 04561 - 524 77 75</b>  <b>service@astromedia.de • www.astromedia.de</b></p>
--

# Das Newton-Spiegelteleskop

Linsenteleskope gibt es seit 1609, als der holländische Brillenmacher Jan Lippershey aus einer Zerstreuungs- und einer Sammellinse ein erstes Fernrohr mit aufrecht stehendem Bild und etwa 3½facher Vergrößerung als Kuriosum auf den Markt brachte. Galileo Galilei (1564-1642) verbesserte es und machte damit als Erster astronomische Beobachtungen. Heute werden fast alle Linsenfernrohre nach einem anderen, von Johannes Kepler (1571-1630) erdachten Prinzip gebaut, das auf zwei Sammellinsen beruht und ein zwar auf dem Kopf stehendes, dafür aber viel schärferes und größeres Bild erzeugt, was für Himmelsbeobachtungen ja das wichtigste ist.

Beim Bau großer Teleskope bringen Linsen jedoch zwei Probleme mit sich: Zum einen werden die Lichtstrahlen, die sie bündeln, zugleich auch wie in einem Prisma gebrochen, was zu Farbsäumen und damit zu Unschärfen führt und nur durch großen Aufwand korrigiert werden kann, zum anderen werden Teleskope immer unhandlicher, je größer und damit schwerer die Linsen werden.

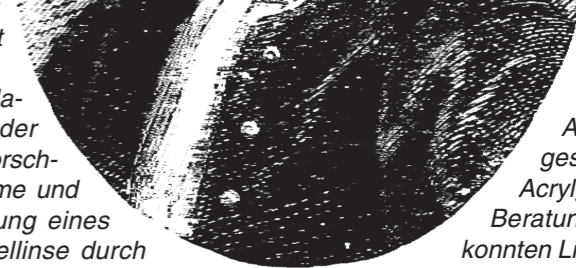
Isaac Newton (1643–1727), der als Naturforscher und Mathematiker an der Universität Cambridge / England forschte und lehrte, kannte diese Probleme und löste sie 1668 durch seine Erfindung eines Teleskops, in welchem die Sammellinse durch einen Sammelspiegel ersetzt wird. Das Licht wird nun gebündelt reflektiert und durch einen kleinen, schräg stehenden flachen Spiegel seitlich heraus in ein Okular gelenkt. Newtons erste Spiegel, die er mit eigens dafür gebauten Werkzeugen selbst schliff und polierte, hatten 25 bzw. 50 mm Durchmesser, eine Brennweite von 300 mm und konnten etwa 30fach vergrößern. Damit war die Basis für eine völlig neue Generation von Teleskopen geschaffen, und fast alle lichtstarken Te-

leskope, auch das Hubble Weltraum-Teleskop, werden bis heute nach dem von Newton erfundenen Prinzip gebaut.

Die Leistung des AstroMedia\* Spiegelteleskops entspricht in etwa der von Newtons ersten selbstgebauten Instrumenten. Der Spiegel hat eine Brennweite f = 450 mm („f“ für lateinisch „focus“ ist die gängige Abkürzung für die Brennweite). Seine Krümmung ist sphärisch, d.h. gleichmäßig rund wie die einer Kugeloberfläche. Ein sphärischer Hohlspiegel hat zwar

den Nachteil, dass sich die vom Rand reflektierten Lichtstrahlen etwas weiter entfernt vom Spiegel treffen als die vom Innenbereich reflektierten, weil die so entstehende Unschärfe aber sehr gering und ein solcher Spiegel viel einfacher zu schleifen ist, werden sie bei kleineren Teleskopen dennoch eingesetzt. In Teleskope mit größerer Öffnung und stärkerer Vergrößerung werden aufwändig hergestellte Spiegel mit parabolischer Krümmung eingebaut, bei denen sich alle Lichtstrahlen genau in einem Punkt treffen.

Der Hauptspiegel aus geschliffenem und poliertem Glas mit einer aufgedampften Reflexionsschicht aus Aluminium wurde speziell für diesen AstroMedia\* Bausatz berechnet und hergestellt. Die Okulare sind mit Optiken aus Acrylglas ausgestattet. Dank der freundlichen Beratung durch Wolfgang Busch, Ahrensburg, konnten Linsenanordnungen gefunden werden, mit denen Farbfehler und Verzerrungen im Rahmen des Möglichen vermieden werden. Zwar kann ein Teleskop aus Karton selbstverständlich nicht mit einem vielfach teureren Massivinstrument konkurrieren, aber mit diesem Bausatz haben Sie die Gelegenheit, in Newtons Fußstapfen alle Schritte des Zusammenbaus selbst durchzuführen, und am Ende werden Sie von dem Ergebnis ebenso überrascht sein wie Newton selbst von seinem ersten Spiegelteleskop.



Möglichen vermieden werden. Zwar kann ein Teleskop aus Karton selbstverständlich nicht mit einem vielfach teureren Massivinstrument konkurrieren, aber mit diesem Bausatz haben Sie die Gelegenheit, in Newtons Fußstapfen alle Schritte des Zusammenbaus selbst durchzuführen, und am Ende werden Sie von dem Ergebnis ebenso überrascht sein wie Newton selbst von seinem ersten Spiegelteleskop.

## Tipps für einen erfolgreichen Zusammenbau

- Bitte lesen Sie jeden Schritt vor Beginn seiner Ausführung ganz durch und lassen Sie sich ausreichend Zeit. Sie werden dafür mit einem umso schöneren und präziseren Spiegelteleskop belohnt.
- Schneiden Sie vor dem Herauslösen der Teile erst die kleinen Haltestege durch z. B. mit dem AstroMedia\*Bastelmesser (Nr. 404.MES). Lösen Sie immer nur die Teile heraus, die Sie gerade benötigen.
- Wo der Karton gefalzt werden muss, ist er genutet. Die genuteten Linien bedeuten: Ich falze weg von mir, wenn ich auf die eingeprägte Nut blicke. "Nach vorne falzen" bedeutet: Ich falze zu mir hin. Damit ein Falz auch ganz glatt wird, kann man ihn nach dem Knicken mit der Rückseite des Daumennagels oder dem Falzbein noch einmal nachziehen.
- Auf den Vorderseiten der Kartonplatten sind in der Regel die Stellen, auf die etwas geklebt wird, durch graue Flächen gekennzeichnet. Benutzen Sie einen Alleskleber auf Lösungsmittelbasis. Lösungsmittelfreier Kleber auf Wasserbasis weilt den Karton und trocknet langsamer. Verwenden Sie keinen Sekundenkleber für die Linsen, er beschädigt das Acrylglas.
- Wenn kleine Klebestellen schneller trocknen sollen: Bestreichen Sie eine Seite nicht zu dünn mit Klebstoff, drücken Sie die Teile zusammen, so dass sich der Kleber auf beiden Seiten flächig verteilt, und ziehen Sie sie wieder auseinander. Blasen Sie 2 bis 3 mal darüber und drücken Sie die Teile passgenau und kräftig zusammen - die Klebung hält sofort. **Aber größte Vorsicht bei den Spiegeln und Linsen: Hier nicht auseinander ziehen, es könnten sich sonst Klebstofffäden bilden.**
- Sie benötigen auch etwas Klebefilm, eine Schere, ein paar Gummiringe, einen Zahnstoher, ein paar Büroklammern und etwa 10 Wäscheklammern.

# Bauanleitung:

**Inhalt dieses Bausatzes:** 9 gestanzte Kartonbögen Format A4, 1 Hauptspiegel Ø 70 mm / *f* = 450 mm, 1 Fangspiegel 15,5 x 22,0 mm, 3 Linsen *f* = 30 mm und je 1 Linse *f* = 49 mm und 65 mm.

### Der Tubus und der Okularstutzen

*Der Tubus (lat. für „Röhre“) ist das eigentliche Spiegelteleskop. Im Inneren seines geschlossenen Endes sitzt der große runde Hauptspiegel, im offenen anderen Ende sitzt der kleine rechteckige Fangspiegel, der das vom Hauptspiegel reflektierte und gebündelte Bild seitlich nach außen in den Okularstutzen lenkt. Der Tubus setzt sich aus zwei größeren und zwei kleineren Segmenten zusammen, die durch die verlängerten Klebelaschen der drei Innenblenden verbunden werden.*

**Schritt 1:** Das Achsenssegment [A1 auf Bogen 1/9] ist eines der beiden großen Segmente. Auf ihm werden später die Achssscheiben aufgeklebt, mit denen sich der Tubus auf und ab schwenken lässt. Lösen Sie das Achsenssegment aus der Kartonplatte und falzen Sie alle Nute nach hinten. Kleben Sie die lange Klebelasche hinter die gegenüber liegende Kante, so dass sich eine sechseckige Röhre bildet.

**Schritt 2:** Das Visiersegment [A2 auf Bogen 1/9] ist das zweite große Segment. Auf ihm wird später das hintere Visier aufgeklebt. Falzen Sie es und kleben Sie es wie das Achsenssegment zu einer Röhre zusammen.

**Schritt 3:** Lösen Sie die 3 Innenblenden [A3], [A4] und [A5] aus dem Karton und entfernen Sie den runden Blendenausschnitt in der Mitte. Die Laschen um das Sechseck haben auf ihrer grauen Vorderseite in der Mitte eine weiß ausgesparte, durchgezogene Markierungslinie. Falzen Sie alle Laschen nach hinten, so dass die Seite mit der Markierungslinie außen und die schwarze Rückseite innen liegt.

**Schritt 4:** Stecken Sie eine der Innenblenden zunächst ohne Klebstoff mit dem Sechseck voran in dasjenige Ende des Achsenssegments [A1], bei dem auf einer der sechs Seiten der Hinweis *Hier stößt die Markierung -111- des Visiersegments an* steht. Schieben Sie die Blende so tief in die sechseckige Röhre hinein, bis die Markierungslinien der 6 Laschen genau an der Kante der Röhre liegen. Jetzt schauen alle Laschen zur Hälfte aus der Öffnung des Achsenssegments heraus. In dieser Position soll die Blende festgeklebt werden. Ziehen Sie sie dazu noch einmal heraus, bestreichen Sie den Rand der Röhre innen mit Klebstoff, setzen Sie die Blende erneut ein und drücken Sie die Laschen fest.

**Schritt 5:** Warten Sie, bis die Laschen der Innenblende gut angetrocknet sind, und stecken Sie dann zur Probe ohne Klebstoff das Visiersegment [A2] mit demjenigen Ende auf die Blendenlaschen, auf dem der Hinweis *Markierung -111-* steht. Dabei soll dieser Hinweis genau gegenüber dem entsprechenden Hinweis auf dem Achsenssegment *Hier stößt die Markierung -111- des Visiersegments an* zu liegen kommen. Bestreichen Sie dann das Ende des Visiersegments innen mit Klebstoff und stecken Sie es erneut auf die Blendenlaschen. Es ist sehr wichtig, dass die Kanten der beiden Segmente spaltfrei aneinander stoßen, damit der Tubus keinen Knick bekommt. Legen Sie ihn auf Ihre Arbeitsfläche, führen Sie eine Hand in das Visiersegment und drücken Sie die Laschen der Innenblende mehrmals an, bis sie fest angeklebt sind. Zum Trocknen evtl. aufrecht hinstellen und von oben leicht beschweren.

**Schritt 6:** Stecken Sie die zwei anderen Innenblenden in die beiden Öffnungen des Tubus [A1+2], und zwar genau so wie bei der ersten Innenblende: Mit dem sechseckigen Innenteil zuerst und so tief, dass der Markierungsstrich der Klebelaschen genau auf der Tubuskante sitzt und somit die halben Klebelaschen aus dem Tubusende ragen. Kleben Sie die beiden Innenblenden in dieser Position fest.

**Schritt 7:** In das Spiegelsegment [A6] wird später der Hauptspiegel eingesetzt. Auf ihm wird dann auch das vordere Visier [G1+2] sitzen. Falzen Sie das Spiegelsegment und kleben sie es zu einem kurzen sechskantigen Rohr zusammen, das den selben Durchmesser hat wie der bis jetzt aus dem Visiersegment und dem Achsenssegment bestehende Tubus.

**Schritt 8:** Stecken Sie das Spiegelsegment [A6] auf die Klebelaschen der Innenblende, die aus dem Achsenssegment-Ende des Tubus herausragen. Dabei soll die Kante mit der Aufschrift *Markierung -222- Spiegelsegments an* zu liegen kommen. Kleben Sie das Spiegelsegment in dieser Position an den Laschen der Innenblende fest und achten Sie wieder gut auf einen spaltfreien Anschluss und einen knickfreien Verlauf des Tubus.

**Schritt 9:** Lösen Sie das Okularsegment [A7] aus dem Karton, auch den sechseckigen Ausschnitt, in den der Okularstutzen geklebt werden wird. Falzen Sie es und kleben sie es zu einem kurzen sechskantigen Rohr zusammen. Noch nicht an den Tubus ankleben.

**Schritt 10:** Lösen Sie den Okularstutzen [B1 auf Bogen 2/9] aus dem Karton. Falzen Sie die 6 längeren Nute nach hinten, so dass er eine kurze, sechskantige Röhre bilden kann, und kleben Sie die graue Klebelasche hinter die gegenüber liegende Seite. Zwischen den Fußlaschen des Okularstutzens,

von denen 2 schräg angeschnitten sind, befinden sich kurze Einschnitte, die bis zur Nutlinie gehen. Falzen Sie diese Fußlaschen nach vorne bzw. außen, also nicht ins Innere der Röhre hinein.

**Schritt 11:** Stecken Sie zunächst ohne Klebstoff den Okularstutzen [B1] von innen durch das sechseckige Loch im Okularsegment des Tubus [A7], und zwar mit demjenigen Ende voran, an dem sich keine Fußlaschen befinden. **Wichtig:** Die beiden schräg angeschnittenen, dreieckigen Fußlaschen des Okularstutzens müssen unbedingt zu dem Ende des Okularsegments zeigen, an dessen Kante die Aufschrift *Hierhin kommt die Öffnungsblende* steht. Damit wird gewährleistet, dass dort später die Fangspiegelhalterung [D1] einwandfrei eingeklebt werden kann. Kleben Sie dann den Okularstutzen in dieser Position fest, indem Sie ihn zunächst wieder herausziehen, die Fußlaschen auf ihrer Außenseite mit Klebstoff bestreichen, ihn wieder korrekt einsetzen und dann das ganze Okularsegment flach zusammendrücken, bis die Fußlaschen fest angeklebt sind. Vergewissern Sie sich dabei, dass der Okularstutzen genau rechtwinklig aus dem Okularsegment herausragt, weil sonst der Blick schräg auf den Fangspiegel fallen würde. Sie können das z. B. mit einem Geo-Dreieck oder der Ecke eines dieser Kartonblätter überprüfen. Die Tubusfläche, aus der der Okularstutzen ragt, muss nun noch durch einen passend abgelängten Zahnstocher verstärkt werden. Er wird quer zur Tubusachse von innen auf die Tubuswand und evtl. auch auf die Klebelaschen des Okularstutzens geklebt, und zwar auf der Seite, wo die Klebelaschen des Okularstutzens **nicht** angeschrägt sind.

**Schritt 12:** Falzen Sie die lange Nut der Unteren Okularstutzen-Manschette [B2] nach vorne und die 5 kurzen Nuten nach hinten. Es entsteht eine Kette von 6 aneinander hängenden Manschettengliedern, an denen jeweils noch ein Einzelglied hängt. Legen Sie diese Kette so um den Fuß des Okularstutzens, dass die Einzelglieder sich abspreizen und flach auf den markierten Flächen des Okulartubus liegen. Kleben Sie die Manschette in dieser Position fest. Falzen Sie dann die Nute der Obere Okularstutzen-Manschette [B3] ebenfalls nach hinten und kleben Sie sie um die Öffnung des Okularstutzens.

**Schritt 13:** Stecken Sie das Okularsegment [A7] mit dem montierten Okularstutzen auf die Klebelaschen der letzten freien Innenblende, die aus dem Visiersegment-Ende des Tubus herausragen. Dabei soll die Kante mit der Aufschrift *Markierung -333-* genau gegenüber der Aufschrift *Hier stößt die Markierung -333- des Okularsegments an* zu liegen kommen. Die zwei abgeschrägten Fußlaschen des Okularstutzens zeigen dann zum offenen Ende des Tubus. Kleben Sie das Okularsegment in dieser Position an den Laschen der Innenblende fest und achten Sie gut auf einen spaltfreien Anschluss.

**Schritt 14:** Falzen Sie alle Nute der 3 Tubus-Manschetten [A8], [A9] und [A10] nach hinten. Wickeln Sie dann die Manschetten an den markierten Flächen um den Tubus, also immer dort, wo zwei Segmente aneinander stoßen, so dass die Nahtstellen überdeckt werden. Kleben Sie die Manschetten in dieser Position fest.

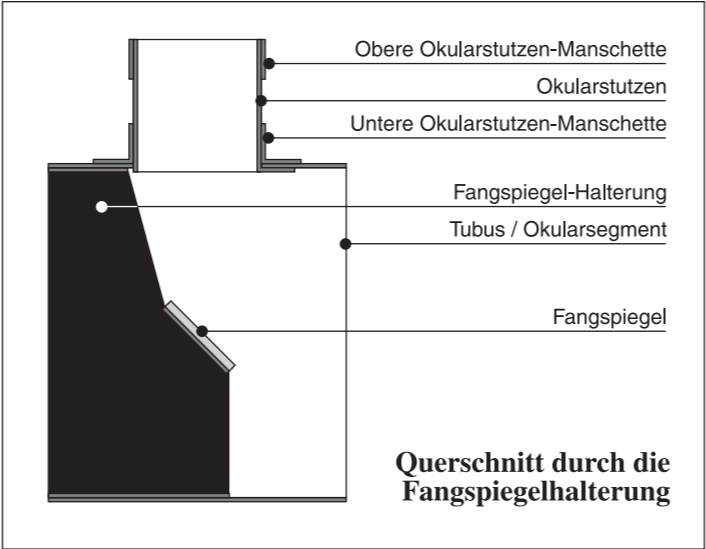
**Schritt 15:** Kleben Sie die scheibenförmigen rechten Achsen [C3] und [C4] exakt zu einem zweilagigen Achsenblock aufeinander, ebenso die beiden linken Achsen [C5] und [C6]. Prüfen Sie nach dem Trocknen, ob die Kanten schön rund sind. Eventuell müssen Sie sie vorsichtig nachschleifen.

**Schritt 16:** Kleben Sie den rechten doppellagigen Achsblock genau mittig auf die rechte Achsenbasis [C1], den linken auf die linke Achsenbasis [C2]. Wenn Sie sich nicht sicher sind, ob Sie die Mitte treffen, können Sie eine Stecknadel durch die Punktmarkierungen in der Mitte des Achsenblocks und in der Mitte der Achsenbasis stecken und sie so beim Aufeinanderkleben justieren. Gut trocken lassen.

**Schritt 17:** Kleben Sie den Verbund aus rechter Achsenbasis und Achsenblock mit der unbedruckten Seite genau mittig auf die entsprechende Markierung auf dem Achsenssegment des Tubus. Verfahren Sie mit der linken Achsenbasis entsprechend.

**Schritt 18:** Bestreichen Sie den rechten Achsblock mit Klebstoff und kleben Sie darauf die rechte Achsen-Deckscheibe [C7]. Die „0“ der Gradskala soll dabei genau über dem kleinen Markierungspfeil am Rand der benachbarten Tubusseite stehen und die negative Gradzahl „-80“ in Richtung Okularstutzen zeigen. Zwischen Achsenbasis und Deckscheibe, die sich genau decken, entsteht auf diese Weise ein umlaufender Schlitz. In ihn werden später die Arme der Achslager oben an den Trägern der Montierung eingreifen. Verfahren Sie mit der linken Achsen-Deckscheibe [C8] entsprechend.

*Jetzt ist der Tubus fertig und bereit zur Aufnahme der optischen Elemente.*



### Der Fangspiegel

*Der 15,5 x 22,0 mm große Fangspiegel lenkt das vom Hauptspiegel gebündelte Licht seitlich aus dem Tubus in den Okularstutzen. Er wird dafür von der Fangspiegel-Halterung genau mittig im Tubus gehalten, in einem 45°-Winkel zu dessen Achse und direkt unterhalb des Okularstutzens. Deshalb muss die Fangspiegel-Halterung [D1] besonders sorgfältig gefalzt und eingeklebt werden.*

**Schritt 19:** Falzen Sie das Hauptteil der Fangspiegel-Halterung [D1] entlang der langen Nutlinie nach hinten, so dass die beiden Hälften mit der unbedruckten Seite genau bündig aufeinander zu liegen kommen. Falzen Sie die zwei kleinen, rechteckigen, schrägstehenden Laschen nach vorne, ebenso die zwei breiten Fußlaschen und die zwei schmaleren Kopflaschen. Kleben Sie das Hauptteil sorgfältig zusammen, wobei aber die Laschen frei von Klebstoff bleiben. Pressen Sie die Fangspiegel-Halterung beim Trocknen, damit sie ganz gerade wird.

**Schritt 20:** Falzen Sie die beiden kleinen, schräg stehenden Laschen kräftig auseinander. Sie bilden dann mit ihren Rückseiten eine rechteckige Platte für den Fangspiegel, die im 45°-Winkel zur Falzkante der Fangspiegelhalterung steht. **Achtung:** Die reflektierende Seite des Fangspiegels ist mit einer bläulichen Folie geschützt. Kleben Sie ihn mit der **folienfreien Seite** auf die beiden 45°-Laschen. Entfernen Sie die Folie erst nach dem Trocknen, indem Sie sie zunächst an einer Ecke mit einem Messer anheben und dann ganz abziehen. Achten Sie beim Trocknen darauf, dass sich die Laschen mit dem Fangspiegel nicht nach der einen oder der anderen Seite neigen, sondern ganz gerade und rechtwinklig auf der Fangspiegel-Halterung sitzen.

**Schritt 21:** Falzen Sie die beiden breiteren Fußlaschen und die etwas schmaleren Kopflaschen der Fangspiegel-Halterung kräftig auseinander. Setzen Sie sie ohne Klebstoff in den Tubus ein, und zwar in das Ende mit dem Okularstutzen. Der Spiegel geht dabei voran, seine reflektierende Seite zeigt ins Tubusinnere. Die Kopflaschen der Fangspiegel-Halterung schieben sich dabei unter den Rand der Seite, aus welchem der Okularstutzen ragt, und füllen diese fast auf der ganzen Breite aus. Die breiteren Fußlaschen tun das selbe auf der Innenfläche der gegenüber liegenden Seite. Schieben Sie die Fangspiegel-Halterung so weit hinein, bis ihre Fuß- und Kopflaschen genau bündig sind mit der Tubuskante, und sichern Sie die Laschen mit 4 Büroklammern.

**Schritt 22:** Werfen Sie nun einen Blick in den Okularstutzen. Wenn die Fangspiegel-Halterung richtig sitzt, fällt der Blick auf die Mitte des im 45° Winkel stehenden Fangspiegels und wird von diesem rechtwinklig abgelenkt, zum Spiegelsegment-Ende des Tubus hinaus. Durch die Innenblenden ist das Bild rund. Voraussetzung ist natürlich, dass der Fangspiegel nicht nach rechts oder links geneigt ist sondern rechtwinklig auf seiner Halterung steht. Da Karton ein sehr fehlertolerantes Material ist, genügt ein kleiner Druck in die andere Richtung, und er steht wieder richtig. Kleben Sie die Fangspiegel-Halterung zunächst noch nicht fest.

### Der Hauptspiegel

*Der Hauptspiegel hat eine Brennweite von f = 450 mm, d.h. er bündelt alle Lichtstrahlen, die parallel auf ihn auftreffen und von ihm durch den Tubus hindurch zurück geworfen werden, in einem Punkt 450 mm von seiner Oberfläche entfernt. Das wäre etwa 28 mm vor der Tubusöffnung, wenn nicht der Fangspiegel dieses Lichtbündel seitwärts in den Okularstutzen leiten würde. Die Oberfläche des Hauptspiegels ist trotz der aufgedampften Schutzschicht aus Quarz empfindlich gegen Kratzer und Klebstoffäden. Gehen Sie deshalb auch bei den folgenden Schritten langsam und umsichtig vor.*

**Schritt 23:** Falzen Sie die sechs Justierlaschen der Hauptspiegel-Grundplatte [E1] nach hinten. An den Ecken jeder Lasche befinden sich überstehende Griffe. Sie erleichtern die Ausrichtung des Spiegels und werden erst nach erfolgter Justierung und Fixierung der Laschen abgeschnitten.

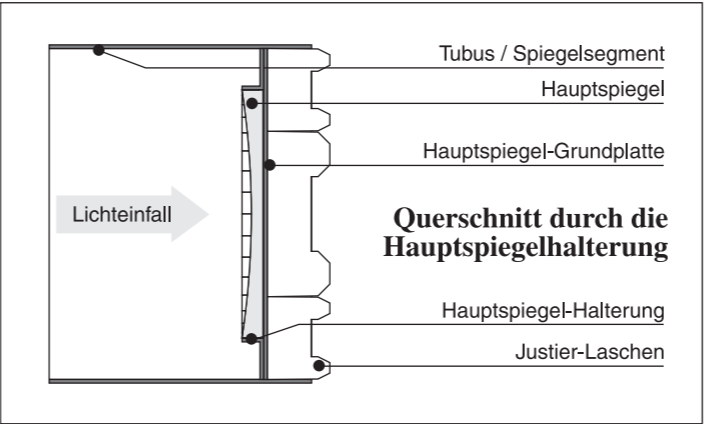
**Schritt 24:** Lösen Sie die Hauptspiegel-Halterung [E2] aus dem Karton und falzen Sie die 36 nach innen gerichteten Zahnlaschen entlang der runden Nutlinie nach vorne. Achten Sie dabei darauf, dass der schmale, verbleibende sechseckige Rand nicht verknickt wird. Kleben Sie dann diesen sechseckigen Rand genau mittig auf die markierte Klebefläche der Grundplatte [E1]. Die Zahnlaschen bleiben dabei ohne Klebstoff. Pressen Sie das Teil beim Trocknen, damit es ganz flach wird.

**Schritt 25:** Falzen Sie nach dem Trocknen die Zahnlaschen ganz hoch, so dass sie eine Art offenen runden Zaun bilden. Bestreichen Sie sie auf ihrer Innenseite mit Klebstoff, ebenso das von ihnen eingeschlossene runde Feld. Setzen Sie den Hauptspiegel hinein, mit seiner ebenen, unverspiegelten Rückseite unten. Fassen Sie dabei den Spiegel nur am Rand an und vermeiden Sie jede Berührung mit der gewölbten verspiegelten Oberfläche. Legen Sie einen Gummiring mit leichter Spannung um die Zahnlaschen, so dass sie gleichmäßig angedrückt werden. Pressen Sie den Spiegel beim Trocknen auf einer ebenen Fläche, indem Sie ein weiches Tuch o.ä. auf ihn legen und darauf z.B. ein Buch. Es ist wichtig, dass der Spiegel ganzflächig und eben auf dem Karton aufliegt. Gut trocken lassen. Kleine Klebstoffreste am Spiegelrand wirken sich nicht auf die Optik aus, da ein außen umlaufender Bereich von 5 mm Breite optisch nicht genutzt wird.

**Schritt 26:** Für die Justierung ist es nötig, genau in der Mitte des Hauptspiegels ein Markierungskreuz anzubringen. Die optische Qualität nimmt dadurch keinen Schaden, weil wegen des Fangspiegels ohnehin auf einer Fläche von ca. 15 mm Durchmesser kein Licht in die Mitte des Hauptspiegels gelangen kann. Bestimmen Sie den Mittelpunkt mit einem Geo-Dreieck oder Lineal und kennzeichnen Sie ihn mit einem dünnen Stift. Alternativ können Sie auch eine kleine runde Scheibe aus dunklem Papier, wie sie von einem Locher erzeugt wird, genau in die Mitte des Spiegels kleben.

**Schritt 27:** Setzen Sie die Hauptspiegel-Halterung ohne Klebstoff mit dem Spiegel voran von hinten in den Tubus ein. Schieben Sie sie so tief hinein, bis die mittleren, geraden Abschnitte der Justierlaschen genau bündig sind mit dem Rand des Tubus und nur die 12 Griffe heraus schauen. Damit ist der Hauptspiegel grob vorjustiert. Sichern Sie diese Position des Hauptspiegels provisorisch mit Büro- oder Wäscheklammern.

**Schritt 28:** Vergewissern Sie sich, dass die Teleskopöffnung nicht auf die Sonne gerichtet ist, und blicken Sie durch den Okularstutzen. Der Blick tritt jetzt nicht mehr aus dem Tubusende aus, sondern fällt auf den Hauptspiegel, der ihn wiederum gebündelt zurück und aus der Tubusöffnung hinaus lenkt. In der Mitte sehen Sie den Fangspiegel. Weil Sie im Winkel von 45° auf ihn blicken, sieht er quadratisch aus, obwohl er ja eigentlich rechteckig ist.



### Die Basisjustierung

*Für Landschaftsbeobachtungen bei Tag sowie Beobachtungen von Mondkratern und Sonnenflecken (nur mit Sonnenfilter-Vorsatz) ist die nachstehend beschriebene Basisjustierung im Allgemeinen ausreichend. Mit etwas Glück und Geschick ist sie auch für die nächtliche Beobachtung von Lichtpunkten, z. B. von Jupitermonden, so gut, dass die ab Schritt 62 geschilderte Feinjustierung übersprungen werden kann.*

**Schritt 29:** Blicken Sie durch den Okularstutzen auf den Fangspiegel. Wenn alle Teile genau verarbeitet wurden, bildet der Hauptspiegel einen perfekten Kreis, mit dem eckigen Fangspiegel genau in seiner Mitte. Entfernen Sie sich nun mit dem Auge so weit, bis der Fangspiegel die Öffnung des Okularstutzens fast ganz auszufüllen scheint. Bleiben Sie dabei mit dem Auge senkrecht über dem Okularstutzen. Wenn Fang- und Hauptspiegel korrekt ausgerichtet sind, sollte die Pupille Ihres Auges in der Mitte des Fangspiegel-Quadrats erscheinen, und die Mittenmarkierung des Hauptspiegels in der Mitte Ihrer Pupille (Siehe Abbildung nächste Seite) Probieren Sie aus, welche der Justierlaschen um ein ganz kleines Stück heraus- oder hereingeschoben werden muss, bis die beiden Spiegel, Ihre Pupille und die Mittenmarkierung in der gewünschten Weise zentriert sind. Nach der Zentrierung sollte die Hauptspiegelhalterung etwa ebenso tief im Tubus stecken wie vorher. Je genauer Fangspiegel, Pupille und Mittenmarkierung aufeinander zentriert sind, umso besser ist die Justierung des Hauptspiegels („Kollimation“ in der Fachsprache der Optiker). Sichern Sie die Laschen dann wieder mit Klammern.



Fangspiegel-Halterung verschoben.

### Die Okulare

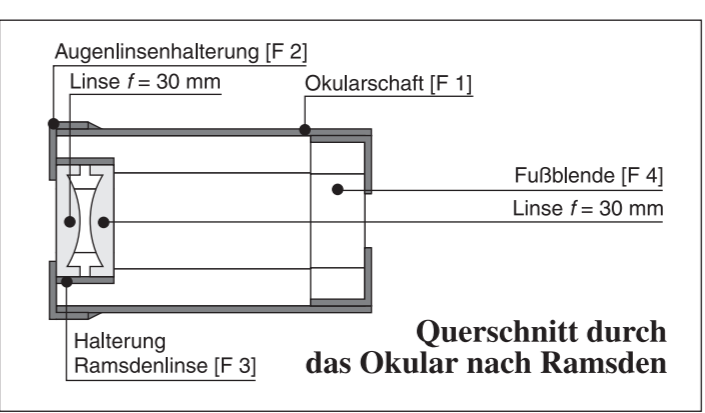
*Die beiden Okulare haben unterschiedliche Brennweiten, nämlich f = 15 und f = 28 mm, wodurch unterschiedliche Vergrößerungen möglich werden. Die Vergrößerung errechnet sich aus der Hauptspiegel-Brennweite geteilt durch die jeweilige Okular-Brennweite und beträgt damit 450:15 = 30fach und 450:28 = 16fach. Die Linsen aus Acrylglas sind alle plankonvex (auf einer Seite flach, auf der anderen nach außen gewölbt).*

*Das 15 mm-Okular besteht aus zwei Linsen mit f = 30 mm und ist ein nach seinem Erfinder so genanntes Ramsden-Okular. Bei ihm wird der Farbfehler der Augenlinse dadurch verringert, dass kurz vor ihr eine zweite Linse steht, die Ramsden-Linse. Diese zeigt mit der gewölbten Seite zur Augenlinse und mit der flachen zum einfallenden Licht.*

*Das dreilinsige 28 mm-Okular nach Steinheil hat eine besonders gute Farbkorrektur und Randschärfe. Vor der Augenlinse mit f = 30 mm befindet sich eine Ramsden-Linse mit f = 49 und davor noch eine sogenannte Huygens-Linse mit 65 mm, deren Wölbung wieder zum Lichteinfall hin weist.*

**Schritt 31:** Nur drei der fünf beliebigen Linsen haben die gleiche Brennweite von *f* = 30 mm, die vierte hat *f* = 49 mm und die fünfte *f* = 65 mm. Da sich alle sehr ähnlich sehen und den gleichen Durchmesser haben, müssen Sie deshalb zunächst herausfinden, welche Linse welche Brennweite hat. Legen Sie dazu jede Linse der Reihe nach mit der gewölbten Seite auf ein bedrucktes Stück Papier und betrachten Sie sie aus ca. 30 bis 40 cm Entfernung. Heben Sie die Linse langsam hoch. Wenn das immer stärker vergrößerte Bild plötzlich unscharf wird und auf dem Kopf zu stehen beginnt, entspricht der Abstand der Linse zum bedruckten Papier in etwa ihrer Brennweite. Die eine Linse, die sich am höchsten heben lässt, ist die mit *f* = 65 mm, die drei, bei denen das Bild am schnellsten umschlägt, sind die mit *f* = 30 mm. Alternativ können Sie die Linsen auch in die Sonne halten und wie ein Brennglas verwenden: Der Abstand zwischen Linse und Brennpunkt ist die Brennweite. Notieren Sie die Brennweiten auf kleine Zettel o. ä., auf die Sie die Linsen dann legen.

**Schritt 32:** Falzen und kleben Sie den Okularschaft 15 mm [F1] zu einer sechskantigen Röhre, schwarze Seite innen (falls nicht schon in Schritt 10 vorgezogen).



**Schritt 33:** Lösen Sie die Augenlinsen-Halterung für das 15 mm-Okular [F2] aus dem Karton und auch die kleine Kartonscheibe aus der Mitte, so dass eine Pupille entsteht. Falzen Sie die 6 Klebelaschen nach hinten und nehmen Sie dann eine der Linsen mit *f* = 30 mm, das wird die Augenlinse. Kleben Sie sie mit ihrer **flachen** Seite auf die schwarze Rückseite der Halterung, genau mittig über die Pupille. Achten Sie wieder darauf, dass kein Klebstoff ins Gesichtsfeld quellen kann. Gut trocken lassen.

**Schritt 34:** Die Halterung der Ramsdenlinse für das 15 mm-Okular [F3] besteht aus einem schmalen Streifen Karton. Falzen Sie alle Nute nach hinten und kleben Sie den Kartonstreifen zu einem sechseckigen Ring zusammen. Schieben Sie ihn nach dem Trocknen zur Probe über die aufgeklebte Augenlinse. Er muss etwas stramm sitzen und an allen Seiten mit der Kante auf die Linsen-

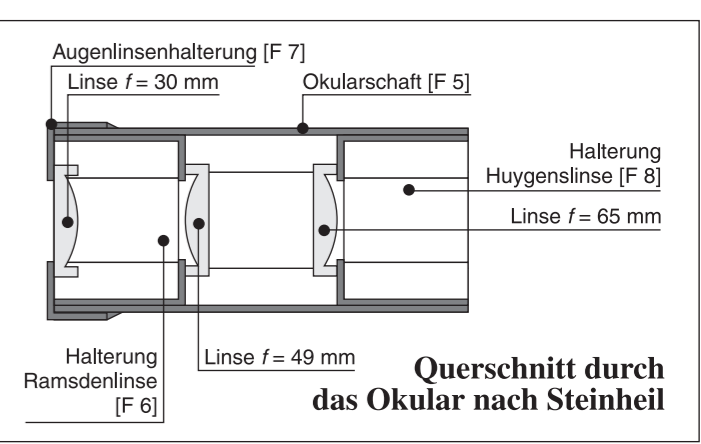
halterung stoßen. Entfernen Sie die Halterung wieder, bringen Sie vorsichtig ein paar Klebstofftropfen außen am Rand der Augenlinse an und schieben Sie die Halterung erneut darauf. Gut trocken lassen.

**Schritt 35:** Nehmen Sie eine zweite Linse mit *f* = 30 mm, das ist die Ramsdenlinse. Legen Sie sie mit der **flachen** Seite auf Ihre Arbeitsfläche. Stülpen Sie zur Probe das offene Ende der ringförmigen Halterung so über die Linse, dass sie genau bündig in der Halterung steckt. Augenlinse und Ramsdenlinse stehen sich dann mit ihren gewölbten Seiten gegenüber, wobei der Abstand zwischen Ihren flachen Außenseiten durch die ringförmige Halterung vorgegeben ist. Entfernen Sie die Ramsdenlinse noch einmal aus der Halterung, bringen Sie vorsichtig ein paar Tropfen Klebstoff an der Kanteninnenseite der Halterung an und setzen Sie die Linse erneut ein. Achten Sie darauf, dass kein Klebstoff ins Sichtfeld gelangt. Gut trocken lassen.

**Schritt 36:** Lösen Sie die kleine Kartonscheibe aus der Fußblende für das 15 mm-Okular [F4] und falzen Sie die sechs Klebelaschen nach vorne. Schieben Sie das Teil zunächst zur Probe mit der sechseckigen Blende voran so tief in dasjenige Ende des Okularschafts [F1], auf dessen Außenseite sich keine Markierungen für Klebelaschen befinden, bis die Klebelaschen mit dem Rand des Okularschafts genau bündig sind. Jetzt bildet die Fußblende mit ihren Laschen eine kleine, innen schwarze und unten offene Kammer. Die Blende ist dadurch gut 7 mm vom Rand entfernt. Kleben Sie die Blende in dieser Position fest.

**Schritt 37:** Kleben Sie die sechs Laschen der Augenlinsen-Halterung so auf das andere Ende des Okularschafts mit den Klebmarkierungen, das der Verbund aus Augun- und Ramsdenlinse im Inneren liegt und sich die 6 Klebelaschen außen an den Okularschaft anschmiegen. Gut trocken lassen.

*Damit ist das erste Okular fertig.*



**Schritt 38:** Falzen und kleben Sie den Okularschaft 28 mm [F5] zu einer sechskantigen Röhre, mit der schwarzen Seite innen (falls nicht schon in Schritt 10 vorgezogen).

**Schritt 39:** Lösen Sie die Halterung für die Ramsdenlinse des 28 mm-Okulars [F6] aus dem Karton und entfernen Sie die kleine Kartonscheibe. Falzen Sie die 6 Klebelaschen nach vorne, so dass sie eine 6seitige offene Kammer bilden. Die Wände der Kammer sind nur innen schwarz, ihr Boden mit dem Loch ist jedoch sowohl auf seiner Innen- wie auf seiner Außenseite schwarz. Nehmen Sie dann die Linse mit *f* = 49 mm zur Hand, das wird die Ramsdenlinse. Legen Sie sie mit der **gewölbten** Seite auf die **Außenseite** des sechseckigen Kammerbodens und kleben Sie sie mit dem Steg, der die Linsenwölbung umgibt, mittig über dem Loch fest. Gut trocken lassen.

**Schritt 40:** Schieben Sie den Linsenhalter [F6] zunächst ohne Klebstoff mit der Ramsdenlinse voran so tief in das obere Ende des Okularschafts [F5] hinein, bis die Klebelaschen mit dem Rand des Okularschafts genau bündig sind. Das obere Ende erkennen Sie an den außen aufgedruckten grauen Klebefeldern für die Augenlinsen-Halterung. Kleben Sie den Linsenhalter in dieser Position fest.

**Schritt 41:** Lösen Sie die kleine Scheibe aus der Augenlinsen-Halterung [F7] und falzen Sie die sechs Klebelaschen nach hinten. Nehmen Sie die letzte der drei Linsen mit *f* = 30 mm, das wird die Augenlinse des 28 mm-Okulars. Kleben Sie sie mit ihrer **flachen** Seite auf die schwarze Rückseite der Halterung, genau mittig über die Pupille. Achten Sie wieder darauf, dass kein Klebstoff ins Gesichtsfeld quellen kann. Gut trocken lassen.

**Schritt 42:** Setzen Sie die Halterung mit der aufgeklebten Augenlinse auf dasjenige Ende des Okularschafts, in dem sich schon die Ramsdenlinse befindet. Augun- und Ramsdenlinse wenden sich dabei ihre gewölbten Seiten zu. Kleben Sie die Laschen der Augenlinsen-Halterung am Okularschaft fest.

**Schritt 43:** Lösen Sie die kleine Scheibe aus der Halterung für die Huygenslinse des 28 mm-Okulars [F8]. Falzen Sie die 6 Klebelaschen nach vorne, so dass wieder eine 6seitige, offene, schwarze Kammer entsteht. Nehmen Sie dann die Linse mit *f* = 65 mm zur Hand, das wird die Huygenslinse. Legen Sie diese Linse mit der **gewölbten** Seite auf die **Außenseite** des sechseckigen Kammerbodens und kleben Sie sie mit dem Steg, der die Wölbung umgibt, mittig über dem Loch fest. Gut trocken lassen.