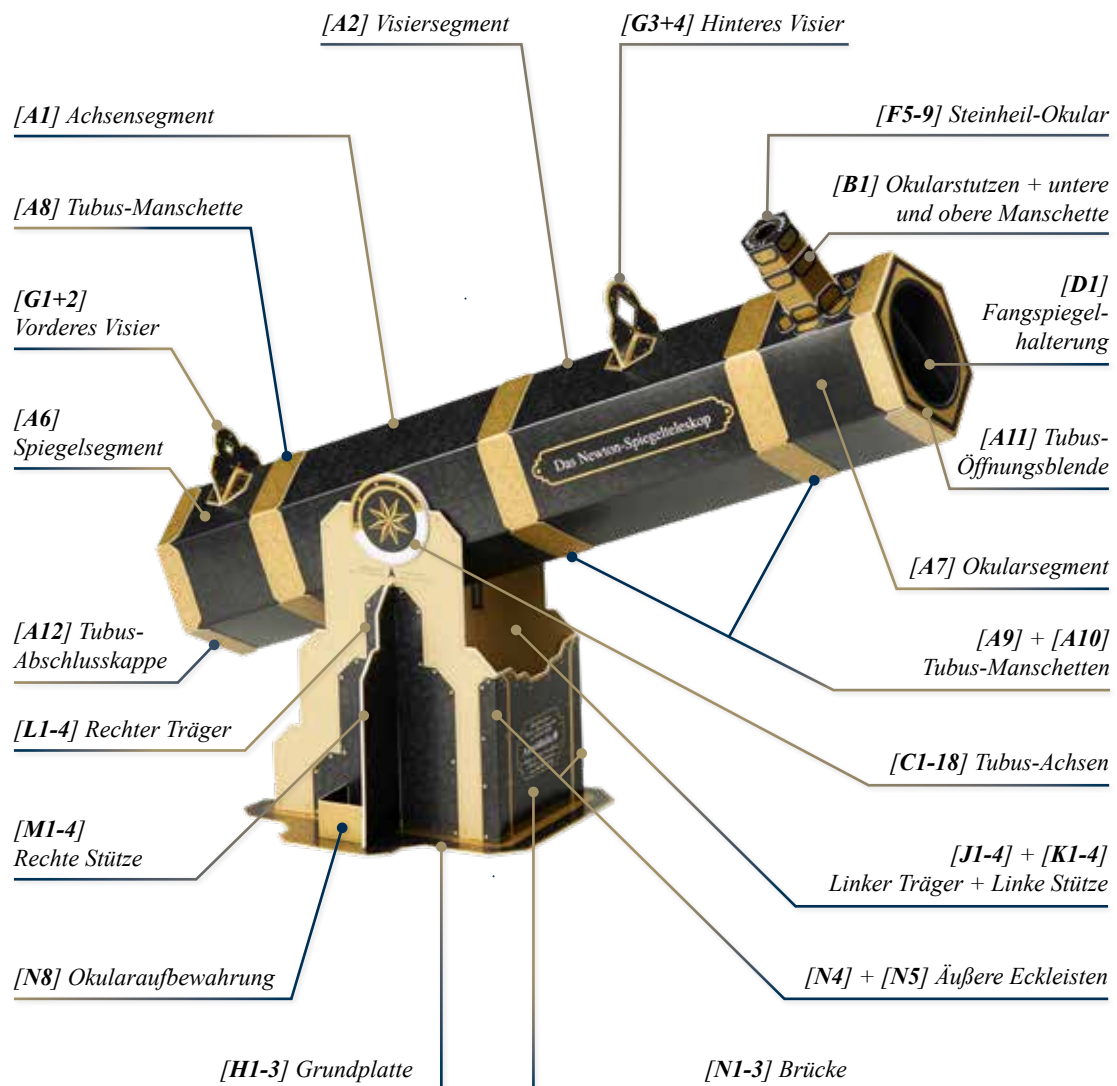


Das Newton-Spiegelteleskop



AstroMedia 

Astronomie zum Anfassen

Text: Klaus Hünig

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 3½-facher 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 gebündelten Lichtstrahlen 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 schliiff und polierte, hatten 25 bzw. 50 mm Durchmesser, eine Brennweite von 300 mm und konnten etwa 30-fach vergrößern. Damit war die Basis für eine völlig neue Generation von Teleskopen geschaffen, und fast alle lichtstarken Teleskope, auch das Hubble Weltraum-Teleskop, werden bis heute nach dem von Newton erfundenen Prinzip gebaut.



Sir Isaac Newton (4. Januar 1643 - 31. März 1727) war ein englischer Naturforscher und Verwaltungsbeamter.

Die Leistung des AstroMedia* Spiegelteleskops entspricht in etwa der von Newtons ersten selbstgebaute Instrumenten. Der Spiegel hat eine Brennweite (f) von 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 näher an der Spiegeloberfläche 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 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 Verzeichnungen 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.

Klaus Hünig

Tipps für einen erfolgreichen Zusammenbau:

1. Was für den Zusammenbau noch benötigt wird:

- Ein guter Alleskleber auf Lösungsmittelbasis. „Lösungsmittelfreier“ Alleskleber enthält Wasser und wellt den Karton.
- Eine Schere
- Ein scharfes Messer (Cutter-Messer) zum Heraustrennen der Teile, z.B. das AstroMedia Bastelmesser (Nr. 401.MES)
- Ein Teelöffel oder ein Falzbein zum Nachziehen der Falze
- Ein paar Gummiringe zum Halten beim Abbinden des Klebers
- Ein Zahnstocher o.ä. zur Versteifung des Okulartubus
- Ein paar Büroklammern und ca. 12 Papier- oder Dokumentenklammern zum provisorischen Fixieren. Falls nicht vorhanden genügen auch Wäscheklammern.
- Ein Geodreieck oder ein Lineal für die Ausrichtung des Hauptspiegels und, falls vorhanden, eine Glaskugel (Christbaumkugel) oder ein ähnlicher kugelförmiger Gegenstand, in dem sich die Sonne als Punkt abspiegeln kann.
- Nur für Freunde großer Perfektion: Ein schwarzer Filzstift, mit dem die Kartonkanten innen im Tubus oder in den Okularen geschwärzt werden können, und ein goldener Lackstift, um die weißen Kartonkanten der Montierung zu bemalen (Hinweise dazu im Text sind mit **Optional** gekennzeichnet).

- ### 2.
- Die Bauanleitung ist in viele kleine Schritte gegliedert. Das sieht nach viel Text aus, macht den Zusammenbau aber übersichtlicher und einfacher. 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. Im Internet findet sich ein mit vielen Fotos bebildeter Baubericht unter <http://michelswunderland.de/solderiron/telescope.html>. (Möglicherweise wird dort noch der Zusammenbau der Vorgängerversion gezeigt, die mit dieser aktuellen zwar nicht ganz identisch, ihr aber doch sehr ähnlich ist.)

3. Sie können die Teile direkt aus dem Karton herausbrechen, die Kanten werden aber sauberer, wenn Sie vor dem Herauslösen erst die kleinen Haltestege durchschneiden. Lösen Sie immer nur die Teile heraus, die Sie gerade benötigen.
4. Wo der Karton gefalzt werden muss, ist er genutet. Die genuteten Linien werden teils nach hinten, teils nach vorne gefalzt. „Nach hinten falzen“ bedeutet: Ich falze weg von mir, wenn ich auf die eingeprägte Nut blicke, „nach vorne falzen“ bedeutet: Ich falze zu mir hin. Damit ein Falz ganz glatt wird, kann man ihn nach dem Knicken mit dem Daumnagel, einem Teelöffel oder einem Falzbein noch einmal nachziehen.
5. Jedes Kartonteil hat einen Namen und eine Teilenummer, die sich aus einem Buchstaben für den Bauabschnitt und einer Zahl für die Reihenfolge innerhalb des Abschnitts zusammensetzt. Die Teilenummer steht immer in einem weiß gefüllten Rechteck, z.B. so: **A8** (Abschnitt A, Teil 8).
6. Die Klebeflächen der Kartonteile sind grau bedruckt und tragen ein Hinweissymbol mit der Nummer des Teils, das hierher geklebt werden soll, z.B. **F2**. Das Symbol  zeigt dagegen an, dass das Teil an dieser Stelle mit sich selber verklebt wird.
7. 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. Wenden Sie diese Methode aber nicht bei Spiegeln und Linsen an, es könnten sich sonst Klebstofffäden bilden.
8. Wenn überstehende Kanten stören, können Sie sie nach dem Trocknen mit Schleifpapier oder mit einer feinen Feile versäubern, z. B. der AstroMedia Sandblatt-Bastelfeile (Nr. 400.SBF).
9. Hinweis zu den Spiegeln: Hauptspiegel und Fangspiegel haben auf ihrer Vorderfläche eine aufgedampfte Aluminiumschicht, die trotz einer Schutzschicht naturgemäß viel empfindlicher ist als bei einer Hinterglasverspiegelung. Berühren Sie deshalb nach Möglichkeit die Verspiegelung nicht mit den Fingern und reinigen Sie sie bei Bedarf nur mit einem Wattebausch und etwas Alkohol (Spiritus). Die Aluminiumschicht des kleinen rechteckigen Fangspiegels liegt unter einer Schutzfolie, die erst nach der Montage entfernt wird.

Die Bauanleitung

Dieser Bausatz enthält:

- 12 gestanzte Kartonbögen Format A4
- 1 Hauptspiegel Ø 70 mm / f +450 mm
- 1 Fangspiegel 15,5 x 22,0 mm
- 5 St. Acrylglas-Linsen: 3 x f+30 mm, 1 x f+49 mm und 1 x f+65 mm (f focus / Brennweite)

A(1): Der Tubus

i *Der Tubus (lat. für Röhre) enthält das eigentliche Spiegelteleskop (s.a. die Querschnittszeichnung auf S. 12). 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 miteinander verbunden werden.*

Schritt 1 Das **Achsensegment** [A1, Bg. 1] ist eines der beiden großen Segmente. Auf ihm werden später die Achsscheiben aufgeklebt, an denen sich der Tubus auf und ab schwenken lässt. Lösen Sie das Achsensegment 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.

Optional: Die innen liegende Kante der Klebelasche mit einem Filzstift schwärzen.

Schritt 2 Das **Visiersegment** [A2, Bg. 2] ist das zweite große Segment. Auf ihm wird später das hintere Visier aufgeklebt. Falzen Sie es und kleben Sie es wie das Achsensegment zu einer Röhre zusammen.

Optional: Innen liegende Kartonkante schwärzen.

Schritt 3 Lösen Sie die 3 **Innenblenden** [A3, Bg. 6], [A4, Bg. 7] und [A5, Bg. 8] 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 nach außen und die schwarze Rückseite nach innen zeigt.

Optional: Kanten schwärzen.

B: Der Okularstutzen



Der Okularstutzen ist eine fest mit dem Okularsegment des Tubus verbundene sechseckige Röhre, in welche die Okulare eingeführt werden. Er wird so montiert, dass der Blick direkt auf den Fangspiegel fällt, der ihn dann wiederum auf den Hauptspiegel lenkt.

Schritt 10

Lösen Sie den **Okularstutzen** [B1, Bg. 5] aus dem Karton. Falzen Sie die 6 längeren Nute nach hinten, so dass sich eine kurze, sechskantige Röhre bildet, 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 zu einer Nutlinie gehen. Falzen Sie diese Fußlaschen nach vorne bzw. außen, also nicht ins Innere der Röhre hinein.

Optional: Kanten schwärzen.

Schritt 11

Stecken Sie zunächst noch 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 die Öffnungsblende kleben“ steht. Durch die abgeschrägte Form dieser Laschen wird gewährleistet, dass dort später die Fangspiegelhalterung [D1, Bg. 5] 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 Geodreieck oder der Ecke eines dieser Kartonbögen überprüfen.

Die Tubusfläche, aus der der Okularstutzen ragt, muss nun noch durch einen auf 46 mm abgelängten **Zahnstocher** verstärkt werden. Er wird quer zur Tubusachse innen auf die gestrichelte graue Linie geklebt.

Optional: Zahnstocher schwärzen.

Falzen Sie die lange Nut der **Unteren Okularstutzen-Manschette** [B2, Bg. 5] 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 **Oberen Okularstutzen-Manschette** [B3, Bg. 5] ebenfalls nach hinten und kleben Sie sie um die Öffnung des Okularstutzens.

Schritt 4

Stecken Sie die Innenblende [A3] zunächst ohne Klebstoff mit dem Sechseck voran in dasjenige Ende des Achsenssegments [A1], bei dem auf einer der sechs Seiten der Hinweis „Hierhin kommt die Markierung -111- des Visiersegments“ 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 etwa 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 zunächst nur 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 „Hierhin kommt die Markierung -111- des Visiersegments“ 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 oder ein passendes Werkzeug (z.B. einen Kochlöffel) in das Visiersegment und drücken Sie die Laschen der Innenblende mehrmals an, bis sie fest angeklebt sind.

Schritt 6

Stecken Sie die zwei anderen Innenblenden [A4 und A5] in die beiden Öffnungen des Tubus [A1+A2], 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 etwa die halben Klebelaschen aus dem Tubusende ragen. Kleben Sie die beiden Innenblenden in dieser Position fest.

Schritt 7

Falzen Sie das **Spiegelsegment** [A6, Bg. 3] und kleben Sie es zu einem kurzen sechskantigen Rohr zusammen, das den selben Durchmesser hat wie der bis jetzt aus Visiersegment und Achsenssegment bestehende Tubus.

Optional: Kanten schwärzen.

Schritt 8

Stecken Sie das Spiegelsegment auf die Klebelaschen der Innenblende, die aus dem Achsenssegment-Ende des Tubus herausragen. Dabei soll die Kante mit der Aufschrift „Markierung -222-“ genau gegenüber der Aufschrift „Hierhin kommt die Markierung -222- des Spiegelsegments“ 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, Bg. 3] 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.

Es wird jetzt noch nicht an den Tubus angeklebt.

A(2): Der Tubus (Fortsetzung)

Schritt 12 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 „Hierhin kommt die Markierung -333- des Okularsegments“ 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.

Jetzt hat der Tubus seine endgültige Länge von 439 mm erreicht.

Schritt 13 Falzen Sie alle Nute der 3 **Tubus-Manschetten** [A8, Bg. 1], [A9, Bg. 2] und [A10, Bg. 3] 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.

C: Die Tubus-Achsen

i Die runden Achsenblöcke, um die sich der Tubus in den Lagern der Träger dreht, bestehen aus 4 Lagen Karton, so wie die Träger auch. Sie sitzen jeweils auf einer etwas größeren Achsenbasis aus 3 Lagen und haben eine zweilagige ebenfalls etwas größere Abdeckung. Dadurch entsteht so etwas wie ein Rad mit einem umlaufenden tiefen Schlitz, der dann auf dem Träger wie auf einer runden Schiene sitzen kann.

Schritt 14 Kleben Sie die drei Scheiben der **linken Achsenbasis** [C1, Bg. 4], [C2, Bg. 4] und [C3, Bg. 4] wie angegeben zu einem dreilagigen Achsenblock aufeinander, ebenso die drei der **rechten Achsenbasis** [C4, Bg. 4], [C5, Bg. 6] und [C6, Bg. 6].

TIPP: Stoßen Sie die Blöcke vor dem Abbinden des Klebers mehrmals mit der Kante auf ihre Arbeitsfläche und drehen Sie sie dabei, damit die Scheiben kantengenau aufeinander sitzen.

Schritt 15 Kleben Sie die Scheiben 1, 2, 3 und 4 der **linken Achse** [C7, Bg. 9], [C8, Bg. 9], [C9, Bg. 10] und [C10, Bg. 10] kantengenau zu einem Achsenblock aufeinander, ebenso die 4 Scheiben der **rechten Achse** [C11, Bg. 11], [C12, Bg. 11], [C13, Bg. 12] und [C14, Bg. 12].

Schritt 16 Kleben Sie den linken vierlagigen Achsblock genau mittig auf die linke Achsenbasis, den rechten auf die rechte Achsenbasis. Gut trocknen lassen.

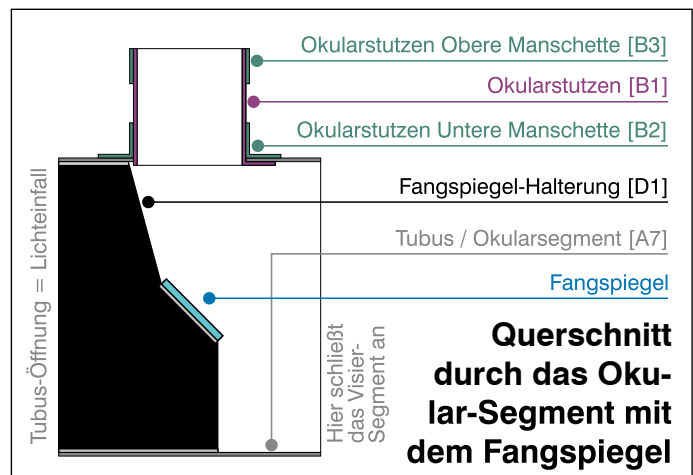
Schritt 17 Kleben Sie die linke Achsenbasis mit dem Achsenblock genau mittig auf die entsprechende Markierung auf dem Achsensegment des Tubus. Verfahren Sie mit der rechten Achsenbasis entsprechend.

Schritt 18 Kleben Sie die Teile 1 und 2 der **linken Achsen-Deckscheiben** [C15, Bg. 7] und [C16, Bg. 7] zusammen und nach dem Trocknen auf den linken Achsblock. Die „0“ der Gradskala soll dabei genau über dem kleinen weißen Markierungspfeil am Rand der benachbarten Tubusfläche 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 den Teilen 1 und 2 der **rechten Achsen-Deckscheibe** [C17, Bg. 8] und [C18, Bg. 8] entsprechend.

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

D: Der Fangspiegel

i 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 die **Fangspiegel-Halterung** [D1, Bg. 5] entlang der langen Nutlinie nach hinten, so dass die beiden Hälften der Rückseite 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 die beiden großen Flächen sorgfältig gegeneinander, wobei aber die 6 Laschen frei von Klebstoff bleiben. Pressen Sie die Fangspiegel-Halterung beim Trocknen, damit sie ganz gerade wird.

Optional: Kanten schwärzen.

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 silbern reflektierende Vorderseite des Fangspiegels ist mit einer bläulichen Folie geschützt, die zunächst nicht entfernt wird. Falls auch die Rückseite eine Folie hat, entfernen Sie diese.

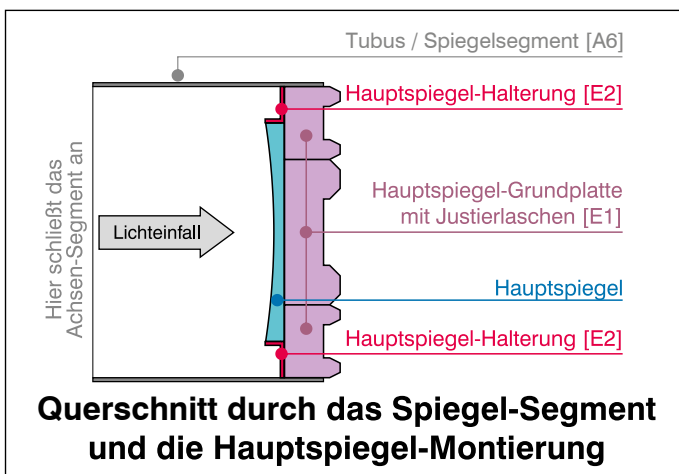
Kleben Sie den Fangspiegel mit der folienfreien, nicht verspiegelten Seite auf die beiden 45°-Laschen. Entfernen Sie nach dem Trocknen die Folie, indem Sie sie zunächst an einer Ecke mit einem Messer anheben und dann ganz abziehen. Achten Sie beim Trocknen darauf, dass sich die Laschen mit dem Fangspiegel 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 das Tubus-Ende mit dem Okularstutzen ein. 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 größeren Fußlaschen tun dasselbe auf der Innenfläche der gegenüber liegenden Seite. Schieben Sie die Fangspiegel-Halterung so weit hinein, bis ihre Fuß- und Kopflaschen genau bündig mit der Tubuskante sind, 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. Die Fangspiegel-Halterung wird zunächst noch nicht festgeklebt, erst wenn der Hauptspiegel montiert ist.

E(1): Der Hauptspiegel

i Der Hauptspiegel hat eine Brennweite von $f + 450 \text{ mm}$, d.h. er bündelt alle Lichtstrahlen, die parallel auf ihn auftreffen und von ihm durch den Tubus hindurch zurück geworfen werden, in einem Punkt, der 450 mm von seiner Oberfläche entfernt ist. Das wäre etwa 28 mm vor der Tubusöffnung, wenn nicht der Fangspiegel dieses Lichtbündel auffangen und seitwärts in den Okularstutzen leiten würde. Der Hauptspiegel wird nicht direkt in den Tubus geklebt, sondern auf eine Montierung, damit er vor dem Verkleben justiert werden kann.



TIPP: 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, Bg. 5]** nach hinten. An den Ecken jeder Lasche befinden sich weiße überstehende Griffstücke. Sie erleichtern die Ausrichtung des Spiegels und werden abgeschnitten, wenn die Justierung des Spiegels und Verklebung der Laschen abgeschlossen ist.

Schritt 24 Lösen Sie die **Hauptspiegel-Halterung [E2, Bg. 4]** 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.

Optional: Kanten schwärzen.

Falzen Sie nach dem Trocknen die Zahnlaschen wieder 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 trocknen lassen.

TIPP: 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 25 Für die Justierung ist es nötig, genau in der Mitte des Hauptspiegels ein kleines Markierungskreuz anzubringen. Seine optische Qualität nimmt dadurch keinen Schaden, weil wegen des Fangspiegels auf einer Fläche von ca. 15 mm Durchmesser ohnehin kein Licht auf seine Mitte fallen kann. Bestimmen Sie den Mittelpunkt mit einem Geodreieck oder Lineal und kennzeichnen Sie ihn mit einem dünnen Stift.

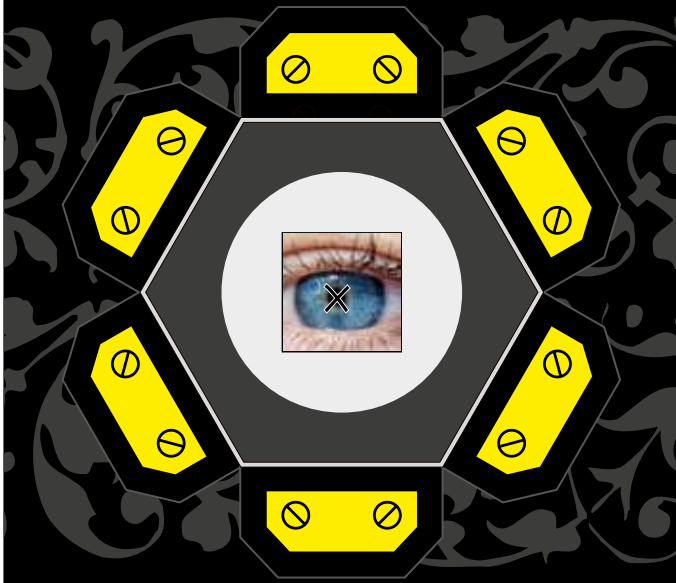
TIPP: Alternativ können Sie auch eine kleine runde Scheibe aus dunklem Papier, wie sie von einem Locher erzeugt wird, genau in die Mitte des Spiegels kleben.

Schritt 26 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 geraden mittleren 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 12 Büro- oder Wäscheklammern.

Schritt 27 Vergewissern Sie sich, dass die Teleskopöffnung nicht versehentlich auf die Sonne gerichtet ist, und blicken Sie durch den Okularstutzen. Der Blick tritt jetzt nicht mehr aus dem Tubusende aus, sondern fällt dort auf den Hauptspiegel, der ihn wiederum gebündelt zurück und aus der anderen 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.

E(2): Die Basisjustierung

- i** Für Landschaftsbeobachtungen bei Tag sowie Beobachtungen von Mondkratern und Sonnenflecken (**ACHTUNG:** 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 Sie den späteren Abschnitt **P: Die Feinjustierung** überspringen können.



Schritt 28 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). 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.

Schritt 29 Wenn Ihre Pupille nicht in der Mitte des Fangspiegels erscheint, kann das verschiedene Ursachen haben: Der Fangspiegel steht möglicherweise nicht genau mittig unter dem Okularstutzen. In diesem Fall muss die Fangspiegel-Halterung ein ganz kleines Stück in der Tubusöffnung vor oder zurück geschoben und dann wieder mit den Klammern fixiert werden. Oder der Fangspiegel bildet keinen genauen 45°-Winkel mit der Längsachse des Tubus. In diesem Fall werden nur die Kopf- oder die Fußlaschen der Fangspiegel-Halterung verschoben.

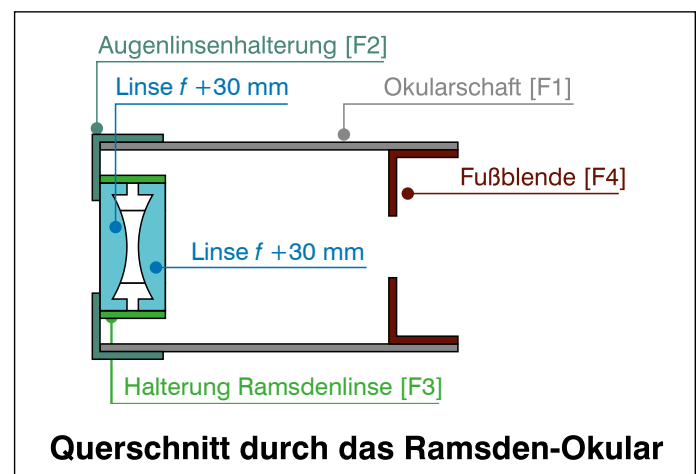
F: Die Okulare

- i** Der Hauptspiegel bündelt das Licht, das auf seine Fläche fällt, in seinem Brennpunkt, und es entsteht dort ein so genanntes virtuelles Bild. Das lässt sich mit einem Okular betrachten, das dabei wie eine Art Lupe funktioniert. Je nach seiner Brennweite wird dieses Bild dabei unterschiedlich stark vergrößert. Zu diesem Bausatz gehören zwei Okulare unterschiedlicher optischer Bauart mit den Brennweiten $f +15$ mm (Ramsden-Okular) und $f +28$ mm (Steinheil-Okular). Ihre Vergrößerung errechnet sich aus der Hauptspiegel-Brennweite geteilt durch die jeweilige Okular-Brennweite und beträgt damit für das Ramsden-Okular 30-fach und für das Steinheil-Okular 16-fach. Beide Okulare haben hochwertige Linsen aus Acrylglas. Sie sind alle plankonvex (auf einer Seite flach, auf der anderen nach außen gewölbt).

Schritt 30 Drei der fünf beiliegenden 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 eine Linse nach der anderen mit der gewölbten Seite auf ein Bild oder einen gedruckten Text, betrachten Sie sie aus ca. 30 bis 40 cm Entfernung und heben Sie die Linse langsam hoch. Je höher Sie sie heben, umso stärker wird das Bild zunächst vergrößert. Wenn es 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 in gleicher Entfernung am schnellsten umschlägt, sind die mit $f +30$ mm, die vierte ist die mit $f +49$ 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 sich die Linsen zurechtlegen.

F(1): Das Ramsden-Okular $f +15$ mm

- i** Das Okular mit 15 mm Brennweite besteht aus zwei Linsen mit jeweils $f 30$ mm und ist nach seinem Erfinder, dem englischen Optiker Jesse Ramsden (1735-1800) benannt. 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 (s. Abbildung).



Querschnitt durch das Ramsden-Okular

Schritt 31 Falzen und kleben Sie den **Okularschaft +15 mm** [F1, Bg. 5] zu einer sechskantigen Röhre, schwarze Seite innen.

Optional: Kanten schwärzen.

Schritt 32 Lösen Sie die **Augenlinsen-Halterung für das 15 mm-Okular** [F2, Bg. 4] 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 Augenlinsen-Halterung. Tragen Sie dazu etwas Klebstoff auf, aber nicht zu viel und nur im Bereich des grauen Ringes, damit beim Aufsetzen der flachen Linsenseite kein Klebstoff in die Sichtöffnung quillt. Setzen Sie die Augenlinse genau mittig über die Pupille. Gut trocknen lassen.

TIPP: Verwenden Sie für die Linsen keinesfalls Sekundenkleber, weil dessen Lösungsmittel die Oberfläche trüben kann.

Schritt 33 Die **Halterung**, mit der die zweite Linse (Ramsdenlinse) vor der Augenlinse befestigt wird, besteht aus einem schmalen Streifen Karton [F3, Bg. 3]. Falzen Sie alle Nute nach hinten und kleben Sie den Kartonstreifen zu einem sechseckigen Ring zusammen.

Optional: Kanten schwärzen.

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 Linsenhalterung stoßen. Entfernen Sie die Halterung wieder, bringen Sie vorsichtig ein paar Klebstofftropfen neben dem Rand der Augenlinse an und schieben Sie die Halterung erneut darauf. Gut trocknen lassen.

Schritt 34 Nehmen Sie eine zweite Linse mit $f + 30$ mm, das wird 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 von 1,5 mm zwischen ihnen durch die Halterung vorgegeben ist. Entfernen Sie die Ramsdenlinse noch einmal aus der Halterung (*TIPP: Zahnstocher oder Stecknadel zwischen Halterung und Linse stecken und Linse heraushebeln*), bringen Sie vorsichtig ein wenig Klebstoff an der Kanteninnenseite der Halterung an und setzen Sie die Linse erneut ein. Achten Sie darauf, dass kein Klebstoff ins Sichtfeld gelangt. Gut trocknen lassen.

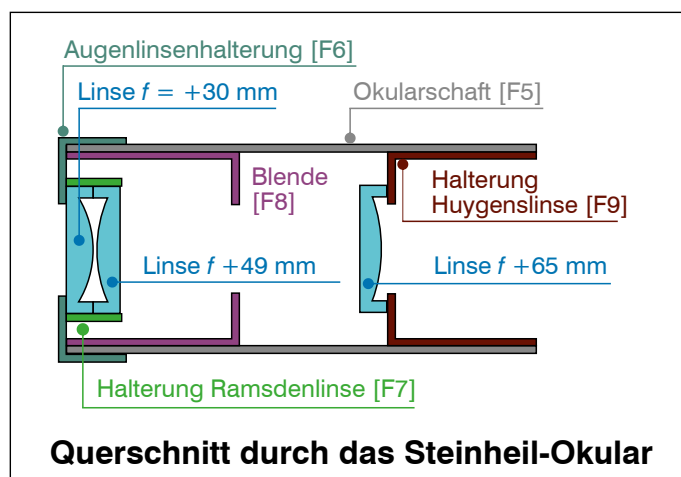
Schritt 35 Lösen Sie die kleine Kartonscheibe aus der **Fußblende für das 15 mm-Okular** [F4, Bg. 5] und falzen Sie die sechs Klebelaschen nach vorne. Schieben Sie das Teil zunächst zur Probe mit der sechseckigen Blende voran so tief in dasjenige Ende des Okularschafts [F1], auf dessen Außenseite sich 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 36 Kleben Sie die sechs Laschen der Augenlinsen-Halterung so auf das andere Ende des Okularschafts mit den Klebemarkierungen, dass der Verbund aus Augen- und Ramsdenlinse im Inneren liegt und sich die 6 Klebelaschen außen an den Okularschaft anschmiegen. Gut trocknen lassen.

Damit ist das Ramsden-Okular fertig.

F(2): Das Steinheil-Okular f 28 mm

i Das dreilinsige Okular mit f 28 mm folgt der Bauweise eines Okulars des 1855 in München gegründeten Unternehmens Steinheil & Söhne und hat eine besonders gute Farbkorrektur und Randschärfe. Direkt vor der Augenlinse mit f 30 mm befindet sich eine Ramsden-Linse mit f 49 und davor noch eine sogenannte Huygens-Linse mit f 65 mm, deren Wölbung wieder zum Lichteinfall hin weist (s. Abbildung).



Schritt 37 Falzen und kleben Sie den **Okularschaft +28 mm** [F5, Bg. 5] zu einer sechskantigen Röhre, mit der schwarzen Seite innen.

Optional: Kanten schwärzen.

Schritt 38 Lösen Sie die kleine Scheibe aus der **Augenlinsen-Halterung** [F6, Bg. 4], falzen Sie alle 6 Laschen nach hinten und kleben Sie die letzte der 3 Linsen $f + 30$ mm mit der flachen Seite über das Loch auf der Rückseite, genau wie bei dem anderen Okular. Gut trocknen lassen.

Schritt 39 Falzen Sie bei der Halterung der **Ramsden-Linse** [F7, Bg. 3] alle Nute nach hinten, kleben Sie sie erst zu einem sechseckigen Ring zusammen und dann über die Augenlinse, so dass der Ring auf der Augenlinsen-Halterung aufstößt.

Optional: Kanten schwärzen.

Schritt 40 Legen Sie die Linse $f + 49$ mm, die Ramsden-Linse, mit der flachen Seite auf Ihre Arbeitsfläche und stecken und kleben Sie sie in den sechseckigen Ring. Augenlinse und Ramsden-Linse sitzen dann ohne Abstand direkt aufeinander.

Schritt 41 Entfernen Sie die kleine Kartonscheibe aus der **Blende** [F8, Bg. 5] und falzen Sie alle Laschen nach vorne. Stecken Sie die Blende mit dem Sechseck voran so in die vordere Öffnung des Okularschafts, dass die Laschen mit dem Rand des Schafts bündig sind. Auf den Klebeflächen steht das entsprechende Klebesymbol. Kleben Sie die Blende dann in dieser Position fest.

Optional: Kanten schwärzen.

Schritt 42 Lösen Sie die Kartonscheibe aus der **Halterung für die Huygens-Linse** [F9, Bg. 5] und falzen Sie alle sechs Laschen nach hinten. Kleben Sie die letzte Linse mit f +65 mm mit ihrer Wölbung nach unten auf das schwarze Sechseck. Der umlaufende Steg der Linse kommt auf den grauen Kreis. Schieben Sie nach dem Trocknen die Halterung mit der Linse voran in das andere Ende des Okularschafts, bis die Laschen mit dem Rand des Schafts bündig sind, und kleben Sie sie so fest.

Schritt 43 Kleben Sie als letztes die Halterung der Okularlinse mit den beiden darauf fixierten Linsen auf das vordere Ende des Okularschafts.

Jetzt sind alle optischen Komponenten des Teleskops fertig und Sie können die beiden Okulare schon einmal ausprobieren.

Hier ein paar Tipps:

- Die Okulare 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.
- **Wichtig: Richten Sie das Teleskop nie auf die Sonne ohne einen Sonnenfilter vor der Öffnung!** Verwenden Sie z.B. den auf dieses Teleskop abgestimmten Sonnenfilter von Astro-Media mit der seit Jahrzehnten bewährten Original BAADER Sonnenfilterfolie (Artikel Nr. 210.NSF).
- 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.

G: Die Visiere

i Um das Teleskop schnell auf ein Ziel ausrichten zu können, hat es zwei Visiere, die mit einem Fachausdruck auch „Diopter“ genannt werden. Sie werden auf die beiden markierten Stellen auf dem Tubus geklebt.

Schritt 44 Lösen Sie die **Teile 1 und 2 des vorderen Visiers** [G1, Bg. 4] und [G2, Bg. 4] aus dem Karton und machen Sie auch das kleine quadratische Loch frei. Falzen Sie die Fußlaschen nach vorne und kleben Sie die beiden Hälften mit den unbedruckten Seiten gegeneinander. Nach dem Trocknen wird das fertige vordere Visier mit auseinander gespreizten Fußlaschen auf das Spiegelsegment des Tubus geklebt.

Optional: Kanten schwärzen.

Schritt 45 Verfahren Sie mit den beiden **Teilen des hinteren Visiers** [G3, Bg. 4] und [G4, Bg. 4] ebenso und kleben Sie es auf die markierte Stelle auf dem Visiersegment des Tubus.

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

Die Montierung (H bis O)

i Bei jedem Teleskop, das in der freien Hand gehalten wird und dessen Vergrößerung über 8- bis 10-fach liegt, beginnt das Bild zu zittern, weil die kleinen unwillkürlichen Bewegungen von Arm und Hand mitvergrößert werden. Deshalb wird der Tubus dieses Teleskops von einer Tischmontierung gehalten. Diese Art Montierung ist unter dem Namen „Dobson-Montierung“ bekannt, nach ihrem Erfinder, dem Amerikaner John Lowry Dobson, und ermöglicht dem Tubus eine beliebige horizontale Drehung und eine beliebige Neigung bis zum Zenit (auch „Azimutal-Montierung“ genannt). Sie besteht aus der Grundplatte mit sieben rechteckigen Schlitten und dem linken und rechten Träger, verbunden durch eine Brücke, sowie deren seitlichen Stützen. Diese tragen Zapfen an ihrer Unterseite, mit denen sie in den Schlitten der Grundplatte einrasten. 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.

H: Die Grundplatte

Schritt 46 Kleben Sie **Ober-, Mittel- und Unterteil der Grundplatte** [H1, Bg. 6], [H2, Bg. 7] und [H3, Bg. 8] wie dort angegeben zusammen. Achten Sie darauf, dass die Kanten und die Schlitzte genau übereinander liegen. Damit die Grundplatte ganz eben wird, sollte sie beim Trocknen gepresst werden.

Optional: Die Kante mit Gold bemalen.

J: Der linke Träger

i Beide Träger bestehen jeweils aus 4 Lagen Karton, was ihnen eine Dicke von gut 1,6 mm und die Stabilität von dünnem Sperrholz gibt. Sie haben einen vertikalen gestanzten Schlitz, in welchen die Stütze einrastet, und sie haben an der Unterseite zwei Zapfen, die ihrerseits in die Schlitzte der Grundplatte einrasten.

Schritt 47 Lösen Sie die beiden **Innenteile 1 und 2 des linken Trägers** [J1, Bg. 10] und [J2, Bg. 10] aus dem Karton, auch die rechteckigen Schlitzte, und schneiden Sie die mit einem Scherensymbol markierten Ecken ab. Kleben Sie dann die beiden Teile kantengenau mit den Rückseiten gegeneinander. Kleben Sie dann die Vorderseite [J3, Bg. 9] und die Rückseite des linken Trägers [J4, Bg. 9] auf das zweilagige Innenteil. Dort, wo bei den Innenteilen die abgeschnittenen Ecken fehlen, werden die Ecken der Außenteile direkt zusammengeklebt, so dass an diesen Stellen der Karton nur zweilagig und damit nur halb so dick ist. Das erleichtert das Einsetzen der Tubus-Achsen in das Lager des Trägers.

Optional: Die obere und die seitlichen Kanten sowie die Kanten der beiden Zapfen mit Gold bemalen.

Schritt 48 Prüfen Sie, ob die Zapfen an der Unterseite des Trägers in die Schlitzte links auf der Grundplatte passen. Wenn nicht, legen Sie den Träger auf Ihre Arbeitsfläche und fahren mit einem Löffel unter starkem Druck über die untere Kante der Zapfen. Wiederholen Sie dies auch auf der anderen Seite. Damit wird die Unterkante der Zapfen etwas dünner und lässt sich leichter in die Schlitzte einführen. Prüfen Sie, ob sich der Träger komplett in den Schlitz hineinschieben lässt und mit seiner Unterkante ohne Spalt auf der Grundplatte aufsitzt. Bestreichen Sie die ganze Unterkante und die Zapfen des Trägers mit Klebstoff und kleben Sie ihn in dieser Position fest, wobei Sie ihn fest auf der Grundplatte andrücken.

K: Die linke Stütze

i Durch die Stütze wird der Träger in sich stabilisiert und zugleich in einem rechten Winkel zur Grundplatte fixiert.

Schritt 49 Entfernen Sie die beiden **Innenteile der Stütze** [K1, Bg. 10] und [K2, Bg. 10] aus dem Kartonsbogen und kleben Sie sie kantengenau mit den Rückseiten zusammen. Kleben Sie dann darauf die **Außenteile** [K3, Bg. 9] und [K4, Bg. 9].

Optional: Die obere und äußere Kante sowie die Kanten der beiden Zapfen mit Gold bemalen.

Schritt 50 Prüfen Sie auch hier, ob sich die Zapfen in die Grundplatte und in den Träger schieben lassen und drücken Sie sie, falls nötig, etwas zusammen. Die Stütze muss ohne Spalt auf der Grundplatte aufsitzen und zugleich auch an der Außenwand des linken Trägers anliegen. Bestreichen Sie dann beide Kanten und Zapfen mit Klebstoff und kleben Sie die Stütze an Grundplatte und Träger fest. Drücken Sie die Stütze fest an die Grundplatte und an den Träger, bis der Kleber abgeunden hat.

L: Der rechte Träger

Schritt 51 Verfahren Sie mit dem rechten Träger genauso wie in Abschnitt J mit dem linken: Schneiden Sie bei den **Innenteilen des rechten Trägers** [L1, Bg. 12] und [L2, Bg. 12] die Ecken an den Öffnungen der Achslager ab, kleben Sie die beiden Teile zusammen und kleben Sie auf dieses Innenteil die beiden **Außenteile des rechten Trägers** [L3, Bg. 11] und [L4, Bg. 11].

Optional: Die obere und seitlichen Kanten sowie die Kanten der beiden Zapfen mit Gold bemalen.

Schritt 52 Drücken Sie auch hier, falls nötig, die Kanten der Zapfen etwas zusammen, damit sie in die Schlitzte der Grundplatte passen, und kleben Sie den rechten Träger auf die Grundplatte, indem Sie ihn ebenfalls fest auf der Grundplatte andrücken.

M: Die rechte Stütze

Schritt 53 Verfahren Sie mit der rechten Stütze genau so wie in Abschnitt K mit der linken: Kleben Sie die beiden **Innenteile der rechten Stütze** [M1, Bg. 12] und [M2, Bg. 12] kantengenau mit ihren Rückseiten zusammen. Kleben Sie dann darauf die **Außenteile** [M3, Bg. 11] und [M4, Bg. 11].

Optional: Die obere und äußere Kante sowie die Kanten der beiden Zapfen mit Gold bemalen.

Schritt 54 Prüfen Sie, ob die Zapfen in die Schlitzte von Grundplatte und Träger passen und kleben Sie die Stütze an Grundplatte und Träger fest. Drücken Sie die Stütze fest an, bis der Kleber abgeunden hat.

N: Die Brücke

i Die Brücke besteht aus drei Lagen Karton. Sie verbindet die beiden Träger an ihrer Vorderseite und stabilisiert sie dadurch zusätzlich. Sie wird zunächst nur stumpf mit den Trägern verklebt und diese Verklebung dann auf der Außenseite mit Eckleisten überdeckt und gesichert. Optional können auch auf der Innenseite Eckleisten angebracht werden, diese haben aber nur eine dekorative, keine konstruktive Funktion.

Schritt 55 Kleben Sie **Vorderseite** [N1, Bg. 6], **Mittelteil** [N2, Bg. 7] und **Rückseite** [N3, Bg. 8] der Brücke wie angegeben zusammen.

Optional: Die obere Kante sowie die Kante des Zapfens mit Gold bemalen.

Prüfen Sie nach dem Trocknen, ob die Brücke zwischen die Träger und ihr Zapfen in den Schlitz der Grundplatte passt. Falzen Sie dann die beiden **Außen-Eckleisten** [N4, Bg. 9] und [N5, Bg. 10] nach hinten und legen Sie sie bereit.

Schritt 56 Kleben Sie die Brücke an ihren Platz zwischen den Trägern, mit der schwarz bedruckten Seite außen. Damit sich kein Klebstoff auf sichtbaren Flächen verschmiert, bringen Sie diesen am besten links und rechts an den Kanten der Träger an sowie an der Unterseite der Brücke. Setzen Sie dann die Brücke von innen her zunächst in ihren Schlitz und richten Sie sie dann auf, so dass sie bündig ist mit den Kanten der beiden Träger. Wenn außen etwas Kleber austritt, macht das nichts. Drücken Sie die Brücke fest auf die Grundplatte und die beiden Träger und achten Sie dabei darauf, dass sie bündig mit den Kanten der Träger abschließt.

Schritt 57 Kleben Sie dann anschließend die beiden **äußeren Eckleisten** [N4, Bg. 9] und [N5, Bg. 10] über die Kanten, die die Brücke mit den Trägern bildet.

***Optional:** Wenn Sie wollen, können Sie auch noch die **inneren Eckleisten** [N6, Bg. 11] und [N7, Bg. 12] nach vorne falzen und von innen in die Ecken zwischen der Brücke und den Ständern kleben, auch wenn das aus Stabilitätsgründen nicht nötig ist. Deshalb sind dort auch keine grauen Klebeflächen angebracht.*

O: Die Okular-Aufbewahrungen

Schritt 58 Falzen Sie bei den **Okularaufbewahrungen 1** [N8, Bg. 3] und **2** [N9, Bg. 3] die mittlere Nut nach hinten und die beiden Klebelaschen an den Enden nach vorne. Kleben Sie dann beide Teile mit ihren Klebelaschen an den entsprechenden Markierungen im Winkel zwischen den Trägern und den Stützen fest. Sie bilden jeweils eine quadratische Einfassung, in der Sie das nicht benötigte Okular aufbewahren können.

Damit ist die Montierung fertig. Setzen Sie jetzt die Achsen Ihres Teleskops vorsichtig und ohne dass die Klammern an den Spiegelhalterungen 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 beiden Okularen feststellen, dass das Teleskop nach seiner Basisjustierung jetzt schon gute Ergebnisse liefert, können Sie den folgenden Abschnitt der Feinjustierung überspringen und gleich mit dem Abschnitt **Q: Die Endmontage** weitermachen.

P: Die Feinjustierung

i 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 59 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. Seine Lichtstärke ist im Vergleich zur Sonne so gering, dass Sie keinen Sonnenfilter-Vorsatz benötigen, um ihn durch das Teleskop betrachten zu können.

Schritt 60 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 61 Um ganz sicher zu gehen, können Sie die Spiegeljustierung auch noch einmal bei einemachteinsatz 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.

Q: Die Endmontage

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

Schritt 62 Kleben Sie die Fangspiegel-Halterung vorne in der Tubusöffnung fest, ohne dabei ihre justierte und mit Klammern fixierte Position zu verändern. Entfernen Sie dazu immer nur eine der Klammern, heben Sie die Lasche an, streichen Sie Klebstoff darunter und fixieren Sie sie dann gleich wieder mit einer Klammer. Verfahren Sie so mit allen 4 Klebelaschen. Überprüfen Sie immer wieder wie im Abschnitt **E(2): Die Basisjustierung**, 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 63 Falzen Sie alle Laschen der **Tubus-Öffnungsblende** [A11, Bogen 4] 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.

***Optional:** Die Innenkante des runden Ausschnitts schwärzen.*

Schritt 64 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 Klammern, geben Sie Klebstoff darauf und fixieren Sie sie erneut. 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 65 Falzen Sie alle Laschen der **Tubus-Abschlusskappe** [A12, Bogen 4] 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 des Tubus, ggf. wieder nur mit zwei Klebepunkten auf jeder Lasche.

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

Wir wünschen Ihnen viele interessante Stunden mit Ihrem selbst gebauten 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 an service@astromedia.de.

Beobachtungstipps für Ihr Newton-Spiegelteleskop:

1. 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.
2. Um Sonnenflecken beobachten zu können, benötigen Sie vor der Tubusöffnung den Sonnenfilter-Vorsatz Artikel Nr. 210.NSF oder einen anderen zuverlässigen Sonnenfilter. 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 einen Visiers genau auf das andere Visier fällt. Die Zahl der Sonnenflecken schwankt in einem Rhythmus von etwa 11 Jahren und wird nach 2013 wahrscheinlich 2024 ihr nächstes Maximum erreichen.
3. 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 der Kraterspitzen entstehen.
4. Bei guter Justierung der Spiegel kann man auch die Jupitermonde und andeutungsweise auch den Saturnring sehen. Über die aktuelle Sichtbarkeit der Planeten am Sternenhimmel informieren Sie sich am besten im Internet.
5. Mit dem Fotostativ-Adapter von AstroMedia (Artikel Nr. 259. FSA) können Sie den Tubus (ohne die Montierung) auch auf jedes Foto- oder Videostativ montieren, was viele Beobachtungen vereinfachen kann.

