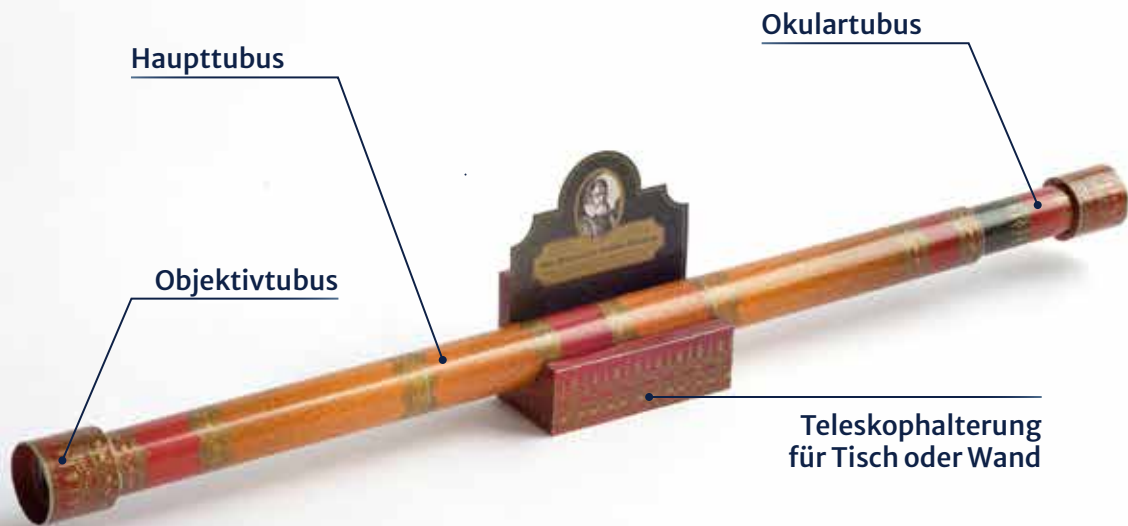


Das Historische Galileo-Teleskop



AstroMedia 

Das Historische Galileo-Teleskop

Bausatz für ein Kartonreplikat des einzigen erhaltenen von Galileo Galilei selbst angefertigten Teleskops.

Hans Lippershey, Brillenmacher aus dem holländischen Middelburg, erfand 1608 ein ca. 3-fach vergrößerndes Sehrohr. Es hatte auf der Augenseite eine konkave, nach innen gewölbte Linse (für Kurzsichtige) und zum Objekt hin eine konvexe, nach außen gewölbte Linse (für Weitsichtige). Ein Patent wurde ihm aber verweigert, da zu diesem Zeitpunkt auch schon andere Brillenmacher Fernrohre anboten. In kürzester Zeit verbreitete sich die Nachricht über diese Erfindung in ganz Europa, wurde aber eher als Kuriosität abgetan.

Galileo Galilei (1564–1642), Professor für Mathematik in Padua, war aber sofort fasziniert. Noch bevor die ersten holländischen Fernrohre in Italien eintrafen, hatte er sich ein eigenes Teleskop mit etwa 4-facher Vergrößerung gebaut. Er begann sofort die Leistung zu steigern und baute in der Folge Teleskope mit 8-facher, 13-facher, in späteren Jahren sogar bis zu 33-facher Vergrößerung. Die Linsen dazu schliiff er selbst.

Anfang des 17. Jahrhunderts stritten die Gelehrten noch darüber, ob die Erde im Zentrum der Welt steht oder ob es doch die Sonne ist, wie Kopernikus behauptet hatte. Einen Beweis für das eine oder das andere hatten sie aber nicht. Die Astronomen waren davon überzeugt, alle Planeten zu kennen und alle Fixsterne katalogisiert zu haben und dass auch die genaueste Beobachtung nichts Neues erbringen würde, von gelegentlichen Kometen und Novae abgesehen.



Mondoberfläche
gezeichnet von
Galileo Galilei
Aus dem *Sidereus*
Nuncius von 161

Es ist Galileis großes Verdienst, sein Fernrohr trotzdem auf den Himmel gerichtet zu haben. Was er da sah, war in der Tat erstaunlich: Der Mond war mit Kratern übersät, die Milchstraße löste sich in Abermillionen Sterne auf, die Venus zeigte Phasen, und vor allem: Der Planet Jupiter wurde von Monden umkreist. Schon 1610 veröffentlichte er in der Schrift *Sidereus Nuncius* (Sternenbote) seine sensationellen Entdeckungen aus diesem und dem Vorjahr. Das war der Beginn nicht nur einer neuen Astronomie, sondern eines neuen Weltbildes, das uns bis heute prägt.

Auch wenn das erste Fernrohr in Holland erfunden wurde: Galilei gebührt das Verdienst, es als wissenschaftliches Instrument erkannt und perfektioniert zu haben. Insofern ist die Bezeichnung „Galileisches Teleskop“ für ein Fernrohr dieser Bauart durchaus gerechtfertigt.

Die galileische Linsenordnung erzeugt ein aufrecht stehendes Bild, das ist ein großer Vorteil. Ihr Nachteil ist allerdings gravierender: Je höher die Vergrößerung, umso kleiner wird der sichtbare Bildausschnitt. Bei 30-facher Vergrößerung ist er so klein, dass sich ein Beobachter kaum noch sicher sein kann, was genau er da eigentlich sieht. Mit großer Hochachtung steht man deshalb vor den Entdeckungen, die Galilei trotzdem gemacht hat.

Galileis Zeitgenosse Johannes Kepler, der große Mathematiker und Astronom, schlug eine andere Linsenordnung vor: Beide Linsen, auch die kleinere Augenlinse, sollten konvex (nach außen gewölbt) sein. Der Nachteil, dass das Bild dann auf dem Kopf steht, spielt ja bei Himmelsbeobachtungen keine große Rolle und würde durch ein großes Gesichtsfeld und höhere Vergrößerungen mehr als aufgewogen. Mit Ausnahme von Operngläsern werden heute praktisch alle Linsenteleskope nach diesem Prinzip gebaut, bei Feldstechern mit einer Zusatzoptik, die das Bild wieder auf die Füße stellt.

Zu diesem historischen Nachbau:

Galilei hat weit über hundert Teleskope gebaut, erhalten geblieben sind aber nur zwei, die heute im Museo Galileo (Museo di Storia della Scienza) in Florenz und im Internet unter www.imss.fi.it zu besichtigen sind: Ein eher schlichtes Arbeitsteleskop mit 14-facher Vergrößerung und ein mit kostbarem goldgeprägtem Leder bezogenes, das mit Sicherheit von seiner Hand stammt. Es wurde wohl gegen Ende 1609 gebaut und war für Cosimo II in Florenz bestimmt. Dieses Teleskop diente als Vorlage für den Bausatz. Die Gesamtlänge und die Objektivbrennweite des Kartonnachbaus sind mit 78 cm jeweils 20 cm kürzer als das Original. Diese Abweichung beeinträchtigt die Authentizität des Kartonreplikats jedoch nicht, da ohnehin kein Teleskop Galileis dem anderen in Länge und optischer Leistung glich. Durch die Verkürzung wird das Teleskop etwas handlicher und die auf 12-fach reduzierte Vergrößerung erweitert das immer noch recht kleine Bildfeld ganz erheblich. Da die Okularlinse des Originals im 19. Jahrhundert ersetzt wurde, kann man die ursprüngliche Vergrößerung nur schätzen. Vermutlich lag sie um 20-fach. Mit diesem Historischen Galileo-Teleskop haben Sie die einmalige Gelegenheit, dem großen Forscher über die Schulter zu blicken und seine Entdeckungen mit den gleichen Mitteln nachzuvollziehen, die aus heutiger Sicht zwar bescheiden waren, in der Hand eines Galilei aber zum Schlüssel für eine neue Welt-sicht wurden.

Dieser Bausatz enthält:

- 6 Stanzbögen aus Karton 0,3 mm
- 1 Objektivlinse aus Glas, Ø 42 mm, Brennweite 780 mm, plankonvex (eine Seite flach, die andere nach außen gewölbt)
- 1 Okularlinse aus Glas, Ø 25 mm, Brennweite -65 mm plankonkav (eine Seite flach, die andere nach innen gewölbt)
- 1 Bogen A4 schwarzes Velourspapier zur Verringerung von Streulicht im Inneren des Teleskops

Das benötigen Sie für den Zusammenbau:

- Normaler Lösungsmittelhaltiger Alleskleber, z.B. Tesa oder Uhu Alleskleber, am besten in einer Flasche mit dünner Dosierungsspitze. Er kann für alle Teile verwendet werden. Benutzen Sie **keinen sogenannten lösungsmittelfreien Alleskleber auf Wasserbasis**, er weicht den Karton auf und führt zu unerwünschten Wellen und Kanten bei den rund gebogenen Flächen. Alleskleber auf Lösungsmittelbasis bindet auch viel schneller ab und haftet besser auf den mit Drucklack geschützten Oberflächen.
- Ein scharfes **Bastelmesser** („Cutter-Messer“, z.B. das AstroMedia Bastelmesser) oder ein Skalpell mit schlanker Spitze zum Durchtrennen der Haltestege.
- Etwas **Krepp-Klebeband** („Tesakrepp“), um die runden Außenhüllen in Position zu halten bis der Kleber trocken ist. Falls nicht vorhanden, kann man stattdessen auch etwa ein Dutzend Gummiringe nehmen.
- Eine kleine **Schere** zum Zuschneiden des Velourspapiers und eine Nagelschere zum Abschneiden von runden Überständen.
- Eine **Schneideunterlage**, z.B. feste Pappe (ohne Welle) oder Kunststoff oder Holz. Praktisch sind sogenannte „selbsteilende“ Schneidematten, bei denen sich Einschnitte wieder schließen.
- Ein **Rundholz**, ca. 20 cm lang und 1,5 bis 2 cm dick, z.B. ein dicker Filzstift, ein langer Kochlöffel oder ein dünner Besenstiel o.ä. Man kann auch ein dünneres Rundholz (o. einen runden Bleistift) so lange mit Papier umwickeln, bis er die gewünschte Dicke hat. Mit diesem Wickelkern werden die Außenhüllen durch Aufwickeln rund gebogen.
- Etwas **feines Sandpapier** (oder z.B. die AstroMedia Sandblatt-Bastelfeile), um überstehende Kartorränder abzuschleifen.
- Etwas **Spiritus** o.ä. zum Reinigen der Glaslinsen.
- Ein ca. 3 x 10 cm **großes Stück sehr dünnes Papier**, z.B. aus einem Werbeprospekt, zur Verbindung der beiden Innenteile des Haupttubus.
- Ein **Lineal** zum Zuschneiden des Velourspapiers

Mit dem Wort **Option** sind in der Bauanleitung Schritte gekennzeichnet, die in Richtung Perfektion gehen, aber nicht unbedingt notwendig sind. Dafür benötigen Sie:

- Einen **goldenen Lackstift** und **normale rote, braune und schwarze Filzstifte**, um die weißen Kanten des Kartons einzufärben, die sonst nach dem Zusammenbau noch sichtbar wären.
- Zwei **Unterlegscheiben aus Metall oder Kunststoff**, Innendurchmesser ca. 8 mm, falls Sie die Teleskop-Halterung an der Wand aufhängen wollen. Man kann sich auch aus Sperrholz oder starkem Karton entsprechende Scheiben herstellen. Mit ihnen werden die Löcher zum Aufhängen in der Rückwand verstärkt.

Bitte vor Beginn durchlesen:

Tipps für einen erfolgreichen Zusammenbau

1 Die Bauanleitung wurde in 44 kleine Schritte mit ausführlicher Beschreibung gegliedert. Das sieht auf den ersten Blick nach viel Text aus, erleichtert aber in hohem Maße den erfolgreichen Zusammenbau, weil es ihn übersichtlich macht. Bitte lesen Sie jeden Schritt vorher ganz durch und gönnen Sie sich genügend Zeit.

2 Die meisten Arbeitsschritte wiederholen sich mehrfach in ähnlicher Form. Sie werden merken, dass der Zusammenbau nach den ersten Schritten fast selbsterklärend ist.

3 Jedes Teil ist zumindest auf der Rückseite mit seinem Namen gekennzeichnet sowie einer Teilenummer, die aus einem Buchstaben und einer Nummer besteht, z.B. **A2**. Die Buchstaben in den Teilenummern sind innerhalb einer Baugruppe gleich. Lösen Sie am besten immer nur die Teile heraus, die Sie gerade benötigen.

4 Reißen Sie die Teile nicht aus dem Karton, sondern durchtrennen Sie die kleinen Haltestege mit einem Messer. So werden die Kanten ganz glatt.

5 Alle Falzlinien sind durch kleine Nutlinien vorbereitet. Sie werden entweder „nach vorne“ gefalzt, also zu mir hin, wenn ich auf die Vorderseite des Stanzbogens blicke, oder „nach hinten“, also weg von mir.

Haupttubus

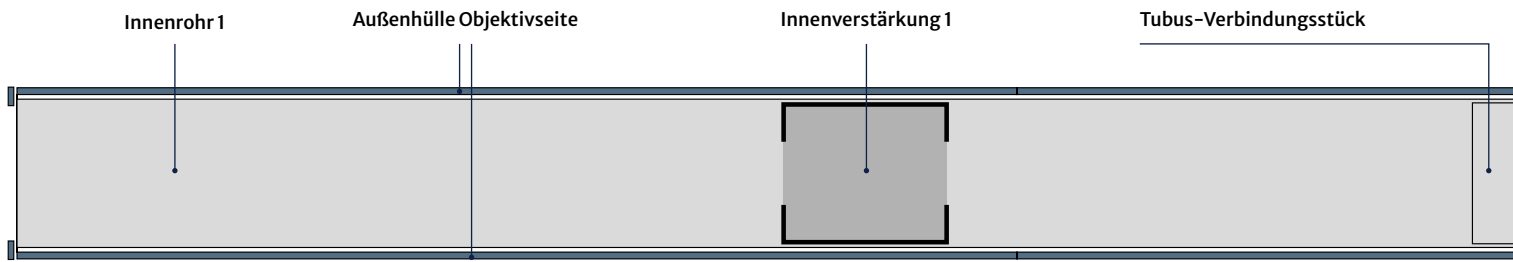


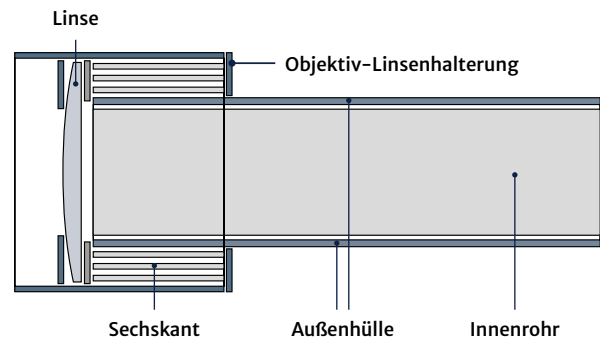
Abb. 1

6 Die Stellen, auf die etwas geklebt wird, sind grau bedruckt. Sie tragen ein Symbol, mit dem dasjenige Teil gekennzeichnet wird, das dorthin geklebt wird. Beispiel: bedeutet, dass das Teil A2 auf diese Fläche geklebt werden soll. Das Symbol besagt, dass das Teil an dieser Stelle mit sich selbst verklebt wird.

A. Der Objektivtubus

Das Teleskop besteht aus dem Objektivtubus, der die Objektivlinse für den Lichteinfall trägt, dem Okulartubus, der die Linse trägt, in welche das Auge hineinschaut, und dem 574 mm langen Haupttubus, der einen etwas größeren Durchmesser hat, so dass die beiden anderen Tuben in seine Enden hineinsteckbar sind. Alle drei sind nach dem selben Prinzip aufgebaut: Zunächst wird aus dem Karton ein sechskantiges Innenrohr gefalzt und geklebt und darum dann ein rund gebogenes Stück Karton als Außenhülle geklebt. In Verbindung mit weiteren innen und außen angebrachten Stützelementen ergibt das eine stabile, im Querschnitt wabenähnliche Konstruktion (s. Abb. 1 mit dem Längsschnitt und den Querschnitt Abb. 2 und 3). Vom Objektivtubus wird zunächst nur das eckige Innenrohr mit der runden Außenhülle fertig gestellt, die Linsenhalterung wird erst später im Abschnitt E angebracht.

Objektivtubus



Tipp: Drücken Sie das Rohr mehrmals flach auf die Arbeitsfläche, mit der Klebestelle unten. Gut trocknen lassen und evtl. vorhandene Klebstoffäden entfernen.

Schritt 2 Lösen Sie die Innenverstärkungen 1 und 2 des Okulartubus [B2 + B3, Bogen 5] aus dem Karton und machen Sie auch die Löcher in der Mitte frei.

Option: Schwärzen Sie die weißen Kanten des Loches.

Der Objektivtubus hat nur eine Außenverstärkung, keine Innenverstärkung. Damit das Innenrohr beim Aufbringen der Außenhülle seine sechskantige Form behält und nicht zusammengedrückt werden kann, werden die beiden Innenverstärkungen des Okulartubus [B2] und [B3] „ausgeliehen“ und provisorisch in ihn eingesetzt.

Falzen Sie die sechs Laschen nach vorne und stecken Sie die Innenverstärkungen provisorisch und ohne Klebstoff ca. 1 cm tief in die beiden Enden des Objektivtubus, mit dem Sechseck zuerst, so dass die Laschen am Rand bündig sind. Sie werden nach dem nächsten Schritt wieder entfernt.

Schritt 3 Lösen Sie die Außenhülle des Objektivtubus [A2, Bogen 5] aus dem Karton.

Option: Schnittkanten der farbig bedruckten Flächen mit Filzstift passend einfärben. Ziehen Sie die Außenhülle zunächst mit der farbigen Seite oben über eine Tischkante, so dass sie sich zu wölben beginnt, und rollen Sie sie dann vorsichtig und knickfrei auf den Wickelkern (das Rundholz, den verdickten Bleistift usw., s.o.), um ihr eine Rundung zu geben, natürlich mit der bedruckten Seite außen.

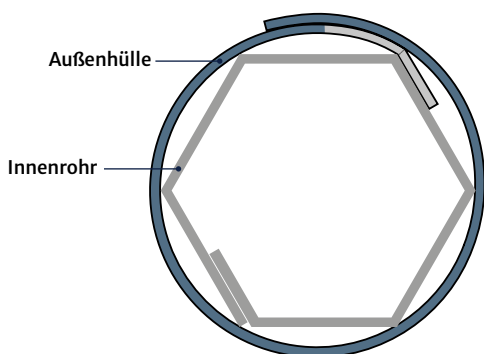
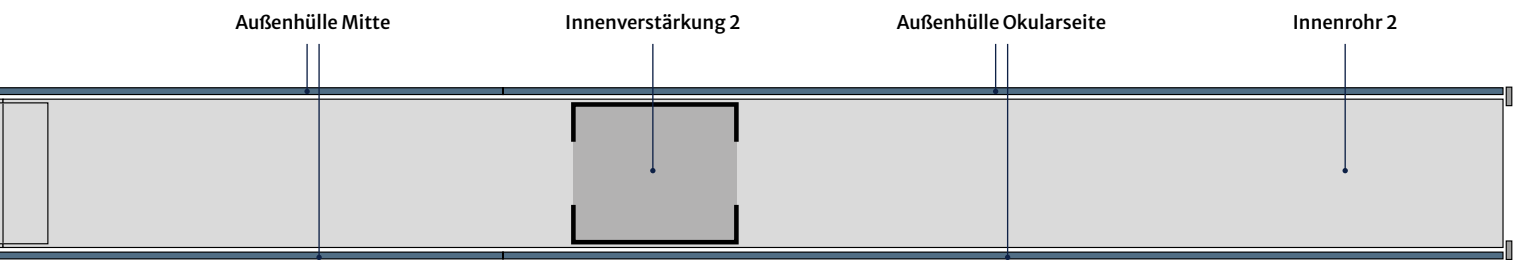


Abb. 2

Schritt 1 Falzen Sie beim Innenrohr des Objektivtubus [A1, Bogen 1] alle Nutlinien nach vorne, so dass ein sechskantiges Rohr mit schwarzer Innenfläche entsteht. Kleben Sie die Rückseite der schmalen schwarzen Klebelasche auf die graue Klebefeld-Markierung der gegenüberliegenden Seite, so dass sie im Inneren des Rohres liegt.



Okulartubus

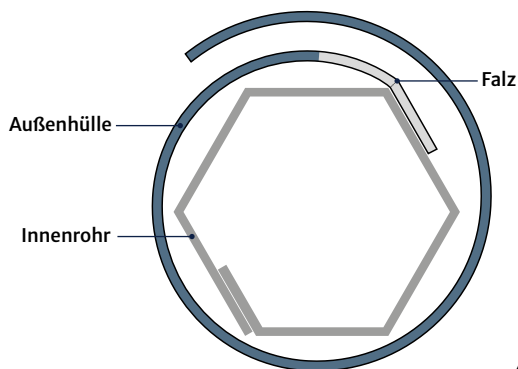
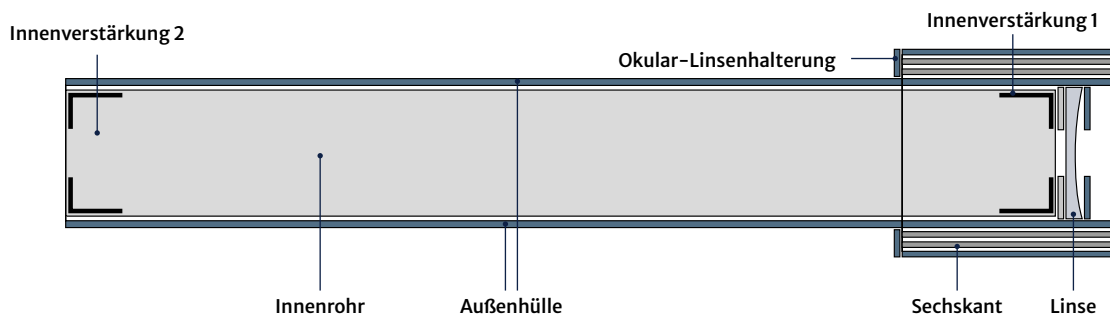


Abb. 3

Tipp: Falls Sie mehrere Wickelkerne mit unterschiedlichen Durchmessern haben, nehmen Sie zuerst den mit dem größten Durchmesser und gehen dann zu einem kleineren Durchmesser über. So wird es einfacher, eine gleichförmige Rundung ohne Knickstellen entstehen zu lassen. Beginnen Sie so, dass die durch eine Nutlinie gekennzeichnete Klebelasche am Wickelkern anliegt, und wickeln Sie dann noch einmal, diesmal mit der gegenüberliegenden Kante innen.

Falzen Sie die Klebelasche der Außenhülle zunächst vor und zurück, um sie etwas beweglich zu machen, und dann nach hinten. Kleben Sie sie so auf die gekennzeichnete Stelle, dass der Falz genau auf der Kante liegt (s. Abb. 3) und die Hülle an keiner Seite des Innenrohres übersteht. Gut trocknen lassen und dann einmal zur Probe um das Innenrohr wickeln (s. Abb. 2). Beachten Sie, dass das Ende die andere Seite um ca. 1 cm überlappt.

Schritt 4

Rollen Sie bei Bedarf die Hülle noch einmal nach, damit insbesondere das Ende gut gekrümmt ist und satt aufliegt. Bestreichen Sie dann die fünf freiliegenden Kanten des Innenrohres reichlich mit Klebstoff und wickeln Sie die Hülle vorsichtig so um das Innenrohr, dass sie auf der Außenseite keinen Klebstoff abbekommt. Die Hülle bildet dabei eine zylindrische Rundung, die auf den Kanten des Innenrohres aufliegt und sie dabei völlig verschwinden lässt, nur ihr Ende ist noch nicht angeklebt. Achten Sie darauf, dass an den Tubus-Enden die Kanten des Innenrohres und die Kanten der Hülle exakt bündig sind. Fixieren Sie die Hülle mit Krepp-Klebeband oder ziehen Sie Gummiringe über die Hülle, damit sie beim Trocknen auf den Kanten allseitig aufliegt und zugleich ganz rund bleibt. Gut trocknen lassen. Entfernen Sie dann das Krepp-Klebeband bzw. die Gummiringe.

Tipp: Von der bedruckten Karton-Oberfläche löst sich Krepp-Klebeband problemlos, aber an der Kante muss man Acht geben, dass die Oberfläche dort nicht aufgerissen wird.

Schritt 5

Biegen Sie das Ende der Hülle vorsichtig hoch, streichen Sie Klebstoff auf die letzte Kante des Innenrohres (die schon vom Klebefalz bedeckt ist) und unter die Kante der Hülle und fixieren Sie sie erneut. Jetzt ist die Außenhülle vollständig festgeklebt. Entfernen Sie nach dem Trocknen die beiden Innenverstärkungen aus dem Innenrohr. Der Objektivtubus behält jetzt auch so seine runde Form.

B. Der Okulartubus

Auch vom Okulartubus wird zunächst nur das Innenrohr mit der Außenhülle fertig gestellt, weil er bei der dann folgenden Montage des Haupttubus als provisorische Innenstütze benötigt wird. Die Linsenhalterung wird erst später in Abschnitt F angebracht. Anders als beim Objektivtubus ist hier die runde Außenhülle etwas länger als das eckige Innenrohr, das dadurch an einem Ende von der Außenhülle um ca. 10 mm überragt wird.

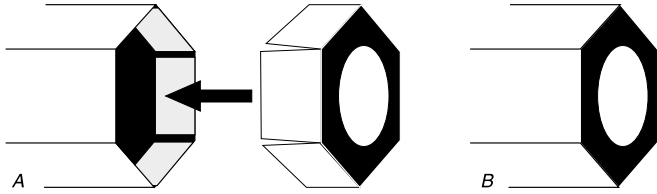


Abb. 4

Schritt 8

Verfahren Sie nun mit der Außenhülle des Okulartubus genau so, wie schon in Schritt 4 mit der des Objektivtubus: Bestreichen Sie die Kanten des Innenrohrs mit Klebstoff und wickeln Sie die Hülle so um das Innenrohr, dass sie auf den Kanten festkleben kann und dabei außen rund bleibt. Achten Sie darauf, dass am einen Ende die Kanten von Innenrohr und Hülle exakt miteinander abschließen, während am anderen Ende die gerundete Hülle übersteht. Fixieren Sie die Hülle beim Trocknen. Kleben Sie zuletzt auch die Endkante der Hülle fest und lassen Sie sie wieder fixiert gut trocknen.

C. Das Innenrohr des Haupttubus

Auch der Haupttubus wird aus einem sechskantigen Innenrohr und einer runden Hülle zusammengebaut. Er hat jedoch einen etwas größeren Durchmesser und wird wegen seiner größeren Länge aus zwei Teilen zusammengesetzt.

Schritt 6

Kleben Sie das sechskantige Innenrohr des Okulartubus [B1, Bogen 1] in gleicher Weise zusammen wie beim Objektivtubus. Kleben Sie dann in die Enden des Okulartubus die beiden Innenverstärkungen [B2] und [B3], die vorher als provisorische Stützen im Objektivtubus gedient hatten. Die Klebelaschen mit ihrer grauen Rückseiten liegen dabei im Inneren des Tubus an und das geschwärzte Sechseck schließt außen genau mit dem Tubusrand ab (s. Abb. 4). Drücken Sie die Laschen an der Tubuswand fest, z.B. mit einem Bleistift, den Sie durch das Loch im Sechseck führen.

Schritt 9

Lösen Sie die beiden Innenrohre des Haupttubus [C1, Bogen 1] und [C2, Bogen 2] aus ihren Stanzbögen. Legen Sie sie mit der schwarzen Seite nach oben so aneinander, dass die kurzen Enden mit den grauen Klebeflächen spaltfrei und kantengenau aneinander stoßen. Achten Sie darauf, dass die Nutlinien ohne Versatz von einem zum anderen Teil durchlaufen. Kleben Sie dann zur Verbindung entweder Klebefilm oder ein ca. 3 x 10 cm großes Stück sehr dünnes Papier auf die markierte Stelle. Es muss nicht geschwärzt sein, weil es später durch das schwarze Velourspapier verdeckt werden wird.

Schritt 7

Lösen Sie die Außenhülle des Okulartubus [B4] aus dem Karton.

Option: Schnittkanten passend einfärben.

Beachten Sie, dass an einer Seite der Klebelasche ein 10 mm breites, grau bedrucktes Stück durch einen Schnitt von der Klebelasche abgetrennt ist und nicht mit umgeknickt wird. Um diese 10 mm wird die Außenhülle das Innenrohr an einer Seite überragen. Beachten Sie, dass an einer Seite der Klebelasche ein 10 mm breites, grau bedrucktes Stück durch einen Schnitt von der Klebelasche abgetrennt ist und nicht mit umgeknickt wird. Um diese 10 mm wird die Außenhülle das Innenrohr an einer Seite überragen. Biegen Sie die Außenhülle rund wie in Schritt 3, falzen Sie die Klebelasche erst vor und zurück und dann nach hinten und kleben Sie sie so auf die gekennzeichnete Stelle des Innenrohrs, dass der Falz genau auf einer der Kanten liegt und das mit schwarzem Leder bedruckte Ende der Außenhülle genau mit dem Ende des Innenrohrs abschließt. Auf diese Weise steht der 10 mm breite graue Rand am anderen Ende über.

Schritt 10

Falzen Sie dieses zusammengesetzte Innenrohr entlang der Nutlinien und kleben Sie es zu einer 57,4 cm langen sechskantigen Röhre zusammen.

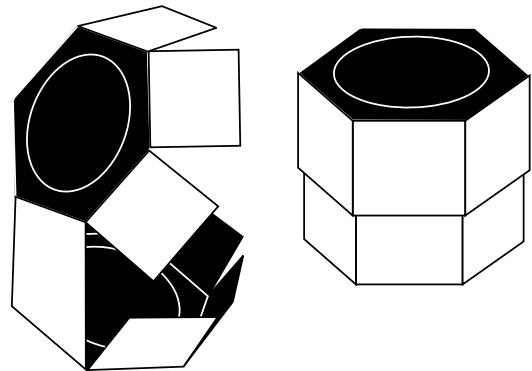


Abb. 5

Schritt 11 Entfernen Sie die beiden runden Ausschnitte aus der Innenverstärkung 1 des Haupttubus [C3, Bogen 5] und falzen Sie alle Laschen nach vorne. Kleben Sie die fünf ganz schwarzen Laschen mit ihren Rückseiten so auf die grauen Klebeflächen der anderen fünf Laschen, dass ein kleiner sechskantiger Block entsteht (s. Abb. 5). Seine Innenfläche und die beiden Sechsecke außen sind schwarz. Verfahren Sie dann mit der Innenverstärkung 2 des Haupttubus [C4, Bogen 5] ebenso. Gut trocknen lassen.

Schritt 12 Schieben Sie eine der Innenverstärkungen ohne Verwendung von Klebstoff gut 15 cm tief in das Innenrohr des Haupttubus, z.B. mit Hilfe eines Zollstabs oder des Okulartubus.

Tipp: Damit sich die Innenverstärkung im Innenrohr festklemmt und nicht hin und her rutschen kann, biegen Sie ihre sechs Seitenwände ein wenig nach außen.

Schritt 13 Schneiden Sie vom Velourspapier ein ca. 11 cm breites Stück ab, das dann 21 x 11 cm misst, und rollen Sie es mit der schwarzen Seite innen zu einer knickfreien Röhre.

Tipp: Die Röhre wird nicht zusammengeklebt, damit sie sich im Innentubus wieder weiten und an dessen Wände anschmiegen kann. Stecken Sie diese Röhre dann in das andere Ende des Innenrohrs und schieben Sie es so weit hinein, bis es etwa in seiner Mitte liegt. Schieben Sie dann die andere Innenverstärkung hinterher. Jetzt liegt die Velourspapier-Röhre lose in der Mitte des Tubus, zwischen den beiden Innenverstärkungen, und wird das Streulicht im Inneren des Tubus stark vermindern.

D: Die Außenhülle des Haupttubus

Die Außenhülle des Haupttubus besteht aus 3 gleich breiten Teilen, die ähnlich, aber nicht identisch bedruckt sind. Das mittlere Teil überdeckt die Nahtstelle zwischen den beiden Hälften des Innenrohrs.

Schritt 14 Lösen Sie die Außenhülle für die Objektiveite des Haupttubus [C5, Bogen 3] aus dem Karton, runden Sie sie mit Hilfe des Wickelkerns und falzen Sie die Klebelasche erst vor und zurück und dann nach hinten.

Option: Schnittkanten passend einfärben.

Legen Sie die Außenhülle zur Probe ohne Kleber so um das Innenrohr, dass die Klebelasche auf der gekennzeichneten Stelle liegt und das rote Leder genau mit dem Ende des Innenrohres abschließt: So soll die Hülle festgeklebt werden. Wenn das sechskantige Ende des Innenrohres nicht stabil genug erscheint, stecken Sie einfach das graue Ende des Okulartubus ein Stück weit hinein. Kleben Sie dann

die Klebelasche wie schon bei den Außenhüllen von Objektiv- und Okulartubus auf das Innenrohr. Achten Sie vor allem gut darauf, dass die Kante der Außenhülle exakt mit der Kante des Innenrohres abschließt.

Schritt 15 Runden Sie das Mittelteil der Haupttubus-Außenhülle [C6, Bogen 3], falzen Sie die Klebelasche und legen Sie es zunächst nur probeweise und ohne Klebstoff um das Innenrohr. **Option:** Schnittkanten passend einfärben.

Verfahren Sie dann mit diesem mittleren Teil in gleicher Weise wie mit dem ersten. Beachten Sie dabei, dass die beiden Teile fugenlos aneinander anstoßen sollen.

Schritt 16 Runden und falzen Sie dann das dritte Segment, die Außenhülle für die Okularseite des Haupttubus [C7, Bogen 4].

Option: Schnittkanten passend einfärben.

Bringen Sie es erst probeweise, dann mit Klebstoff in Position. Sollte das sechskantige Ende des Innenrohres zu unstabil sein, stecken Sie wieder provisorisch den Okulartubus hinein. Das Ganze gut trocknen lassen.

Schritt 17 Zur Fertigstellung werden auf die beiden Enden, an denen die Kartonkonstruktion noch offen sichtbar ist, ringförmige Abdeckungen geklebt. Lösen Sie die beiden Haupttubus-Kantenabdeckungen 1 [C8, Bogen 5] und 2 [C9, Bogen 6] aus dem Karton. Legen Sie sie probeweise auf die Enden des Haupttubus: Sie stehen zunächst außen einige Millimeter über und können so auch eine unregelmäßige Rundung noch abdecken. Bestreichen Sie an einem Ende des Haupttubus die offen sichtbaren Kartonkanten des Innenrohres und der Außenhülle mit nicht zu wenig Klebstoff und setzen Sie eine der ringförmigen Abdeckungen stumpf darauf.

Tipp: Zum leichteren Zentrieren können Sie den Ring zunächst auf das graue Ende des Okular- oder Objektivtubus als Hilfswerkzeug schieben, diesen dann ein Stück weit in das Haupttubus-Ende stecken und den Kartonring auf die mit Klebstoff bestrichenen Kanten schieben. Vorsicht: Es soll natürlich nur die Kantenabdeckung festkleben, nicht das Hilfswerkzeug!

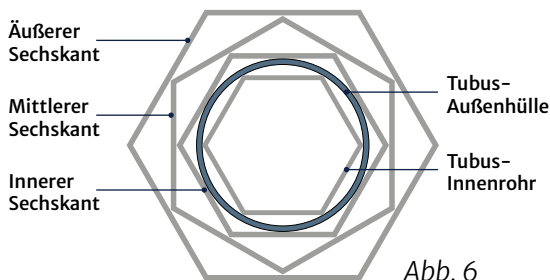
Nach dem Trocknen wird der Überstand der Kantenabdeckung mit einer kleinen Schere abgeschnitten.

OPTION: Schnittkanten passend einfärben.

Verfahren Sie dann mit der anderen Kantenabdeckung am anderen Ende des Haupttubus genauso. Der Haupttubus ist damit fertig gestellt.

E. Die Linsenhalterung des Objektivtubus

Die Linsenhalterung hat vor allem die Aufgabe, den Durchmesser des Objektivtubus zu vergrößern, damit die Objektivlinse mit ihren 42 mm Durchmesser darin Platz hat. Dies wird durch drei unterschiedlich große Sechskant-Rohrabschnitte erreicht, die aufeinander geschoben und versetzt miteinander verklebt werden. Von vorne sieht das aus wie in Abb. 6. Zum Schluss wird dann eine rund gebogene Außenhülle herum geklebt. Zum Schutz der Objektivlinse steht die Außenhülle etwas über, weshalb sie breiter ist als die Sechskant-Teile. Wie bei Galilei wird allerdings nur der innere Teil der Linse optisch genutzt.



Schritt 18 Lösen Sie den inneren Sechskant der Objektiv-Linsenhalterung [A3, Bogen 2] aus dem Karton, falzen Sie alle Nutlinien nach hinten und kleben Sie die grau markierte Klebelasche hinter das gegenüber liegende Ende. Es entsteht ein sechskantiger Rohrabschnitt. Verfahren Sie mit dem mittleren [A4, Bogen 2] und dem äußeren Sechskant [A5, Bogen 2] ebenso.

Schritt 19 Schieben Sie den inneren Sechskant [A3] ohne Klebstoff probeweise so auf die graue Klebefläche an dem einen Ende des Objektivtubus, dass Tubus und Sechskant bündig sind.

Tipp: Verwechseln Sie bitte nicht den nur 97 mm langen Objektivtubus mit dem mehr als doppelt so langen Okulartubus, der erst im nächsten Abschnitt zusammengebaut wird!

Die Mitten der Sechskantflächen liegen nun auf dem Tubus auf und berühren ihn dabei jeweils entlang einer Linie. An diesen Berührungslinien soll der Sechskant festgeklebt werden.

Schritt 20 Schieben Sie ihn dazu zunächst noch weiter auf den Tubus, bis die grau markierte Fläche ganz freiliegt. Bringen Sie dann in Verlängerung der Berührungslinien nicht zu dünne Streifen von Klebstoff auf die graue Fläche auf und verdrehen Sie den Sechskant um 30°, so dass die Berührungslinien jetzt gerade zwischen den Klebstoffstreifen liegen. Schieben Sie den Sechskant wieder in seine erste Position, bis er mit dem Tubus bündig ist, wobei der Klebstoff noch nicht (oder nur kaum) mit ihm in Berührung kommt, und drehen Sie ihn wieder zu-

rück: Jetzt sitzen die Seitenmitten des Sechskants genau auf den Klebstoffstreifen. Prüfen Sie, ob der Sechskant auch genau mit dem Tubus abschließt, z.B. durch Aufsetzen auf Ihre Arbeitsplatte, und ob er von vorne betrachtet auch wirklich ein regelmäßiges Sechseck bildet. Falls nötig kann man seine Form durch Drücken und Verschieben korrigieren.

Schritt 21 Schieben Sie nach dem Trocknen den mittleren Sechskant [A4] zunächst ohne Klebstoff über den inneren und verdrehen Sie ihn, bis seine Seitenmitten genau über den Kanten des inneren Sechskants liegen (s. Abb. 7). So soll er festgeklebt werden. Entfernen Sie ihn dazu noch einmal und biegen Sie seine Seitenflächen etwas nach innen, damit er dann ganz stramm sitzt. Bestreichen Sie die Kanten des inneren Sechskants reichlich mit Klebstoff, schieben Sie den mittleren darüber und verdrehen Sie ihn, bis er mit seinen Seiten mittig auf den Kanten des inneren sitzt. Stellen Sie wieder sicher, dass er von vorne ein regelmäßiges Sechseck darstellt und genau mit dem Tubusende und dem inneren Sechskant abschließt. Gut trocknen lassen.

Schritt 22 Verfahren Sie dann mit dem äußeren Sechskant [A5] genau so.

Schritt 23 Runden Sie die Außenhülle der Linsenhalterung des Objektivtubus [A6, Bogen 5] durch Aufrollen auf den Wickelkern und falzen Sie die weiße Klebelasche vor und zurück und nach hinten.

Option: Kanten passend einfärben.

Die Außenhülle ist breiter als die drei Sechskant-Teile, so dass sie vorne übersteht. Die Klebelasche verläuft nicht über die ganze Breite, sondern ist durch einen Schnitt vom Rest abgetrennt, der nicht mit umgefaltet wird, ähnlich wie bei der Außenhülle des Okulartubus. Kleben Sie in der schon mehrfach praktizierten Weise zunächst die Klebelasche auf den äußeren Sechskant und stellen Sie dabei sicher, dass sie zur Tubusmitte hin genau mit den drei Sechskant-Teilen abschließt und nach vorne hin übersteht.

Schritt 24 Runden Sie die Innenverkleidung der Außenhülle [A7, Bogen 4] mit Hilfe des Wickelkernes, allerdings so, dass die bedruckte Seite innen liegt, und kleben Sie sie bündig innen auf den Überstand der Außenhülle.

Option: Sichtbare Kanten vorher passend einfärben.

Durch den Überstand ist ein vertiefter Raum entstanden, der im nächsten Schritt die Objektivlinse aufnehmen wird. Kleben Sie dann mit reichlich Klebstoff die Kantenabdeckung der Objektivlinsenhalterung [A8, Bogen 5] auf die Kartonkanten auf

der anderen Seite. Auch diese Kantenabdeckung ist außen größer als benötigt, der Überstand wird nach dem Trocknen abgeschnitten.

Option: Nach dem Abschneiden die Kanten passend einfärben.

Schritt 25 Reinigen Sie beide Seiten der 42 mm großen Objektivlinse. Werfen Sie einen seitlichen Blick auf die Linsenoberflächen, so dass sich etwas in ihnen spiegelt: Die eine Seite ist plan (eben, Spiegelbilder erscheinen normal), die andere konvex (nach außen gewölbt, Spiegelbilder erscheinen leicht verkleinert). Legen Sie die Objektivlinse zunächst ohne Klebstoff mittig und mit der planen Seite unten auf die Objektiv-Linsenbasis [A9, Bogen 2]. Kleben Sie sie dann in dieser Position auf der Linsenbasis fest. Achten Sie darauf, dass kein Klebstoff ins Sichtfeld der Linse gelangt.

Kleben Sie dann nach dem Trocknen die Linse mit der Basis voran in die Vertiefung der Linsenhalterung mit genügend Klebstoff auf die Kanten der Karton-Sechsecke. Falls nötig, verschieben Sie die Linse vorsichtig, damit ihre Mitte auch genau in der Tubusmitte liegt. Gut trocknen lassen.

Schritt 26 Kleben Sie als Letztes die äußere Objektiv-Linsenblende [A10, Bogen 5] auf die Linse. Prüfen Sie vorher, ob sie in den Überstand der Außenhülle passt und schneiden Sie, falls nötig, am Außenrand einen umlaufenden Span ab.

Der Haupttubus wurde bereits zur Verringerung von Streulicht bereits mit Velourspapier ausgekleidet. Das ist auch für den Objektivtubus nötig (und im nächsten Abschnitt für den Okulartubus).

Schritt 27 Zerschneiden Sie das verbliebene Stück Velourspapier in zwei gleich große 21 x ca. 9,2 cm große Teile. Kürzen Sie dann das eine davon auf 17 x 9,2 cm, runden Sie es mit der schwarzen Seite innen zu einer 17 cm langen Röhre und stecken Sie es in den Objektivtubus. Es ragt um etwa 10 cm aus ihm heraus.

Schritt 28 Stecken Sie den Objektivtubus mit der herausragenden Velourspapierröhre voran in dasjenige Ende des Haupttubus, wo zwischen den Goldornamenten etwas mehr rotes Leder zu sehen ist. Er soll so tief darin stecken, dass vom schwarzen Leder des Tubus nur etwa 1 cm zu sehen ist. Sie können ihn, wenn Sie wollen, im Haupttubus festkleben. Die Scharfstellung wird später alleine über den Okulartubus erfolgen. Sollte er zu locker stecken, können Sie das nicht sichtbare Ende vorher mit einem Papierstreifen umkleben.

F. Die Linsenhalterung des Okulartubus

Die Linsenhalterung des Okulartubus hat einen kleineren Durchmesser als die des Objektivtubus, deshalb genügen hier zwei Sechskant-Teile.

Schritt 29 Lösen Sie den inneren und den äußeren Sechskant der Okular-Linsenhalterung [B5, Bogen 2] und [B6, Bogen 2] aus dem Karton, falzen und kleben Sie sie wie im vorigen Abschnitt zu sechskantigen Rohrabschnitten.

Schritt 30 Kleben Sie den inneren Sechskant [B5] auf das grau markierte Ende des Okularrohres und folgen Sie dabei derselben Methode wie beim Objektivtubus. Kleben Sie nach dem Trocknen darüber den äußeren Sechskant [B6].

Schritt 31 Runden Sie die Außenhülle der Okular-Linsenhalterung [B7, Bogen 5] mit Hilfe des Wickelkerns und falzen Sie die Klebelasche.

Option: Kanten passend einfärben.

Kleben Sie die Lasche auf den äußeren Sechskant und kleben Sie dann die Außenhülle der gleichen Weise fest wie schon vorher die anderen.

Schritt 32 Streifen Sie die ringförmige hintere Kantenabdeckung der Okular-Linsenhalterung [B8, Bogen 5] auf den Okulartubus und kleben Sie sie mit viel Klebstoff auf die offen sichtbaren Kartonkanten hinten an der Okularhalterung. Schneiden Sie nach dem Trocknen den Überstand ab.

Option: Kanten passend einfärben.

Schritt 33 Runden Sie die Innenverkleidung der Okular-Linsenhalterung [B9, Bogen 5] mit dem Wickelkern, mit der bedruckten Seite innen, und kleben Sie sie innen in die überstehende Außenhülle des Okulartubus. Beachten Sie, dass die Kanten vorne bündig sein müssen.

Schritt 34 Reinigen Sie die Okularlinse und legen Sie sie mit der flachen Seite mittig auf die Okular-Linsenbasis [B10, Bogen 2]. Die nach innen gewölbte Seite liegt dann oben. Kleben Sie sie in dieser Position auf der Linsenbasis fest. Kleben Sie dann nach dem Trocknen die Linse mit der Linsenbasis auf die Kanten der Kartonsechsecke in der Vertiefung. Verschieben Sie die Linse vorsichtig, falls nötig, damit ihr Mittelpunkt genau in der Mitte der Tubusöffnung sitzt. Gut trocknen lassen.

Schritt 35 Prüfen Sie, ob sich die äußere Linsenblende [B12, Bogen 6] leicht auf die Linse setzen lässt bzw. ob an der Außenkante eventuell noch etwas abgeschnitten werden muss.

Option: Kanten passend einfärben.

Kleben Sie sie dann vorsichtig mit ein paar kleinen Klebstofftropfen am Außenrand der Linse fest.

Schritt 36 Kleben Sie die vordere Kantenabdeckung der Okular-Linsenhalterung [B11, Bogen 5] vorne auf die Linsenhalterung und schneiden Sie auch hier den Überstand nach dem Trocknen ab.

Option: Kanten passend einfärben.

Schritt 37 Rollen Sie das verbliebene Stück Velourspapier zu einer 21 cm langen Röhre und schieben Sie sie bis zum Anschlag in den Okulartubus.

Mit dem Okulartubus ist nun das Teleskop fertig gestellt und Sie können einen ersten Blick hindurch werfen.

Zum Scharfstellen wird der Okulartubus durch vorsichtiges Drehen in ganz kleinen Schritten vor und zurückgeschoben. Seien Sie nicht darüber enttäuscht, dass der Bildausschnitt so klein ist! Genau das ist eine unvermeidliche Eigenschaft von Fernrohren mit dieser Linsenanordnung.

Galileo Galilei musste vor 400 Jahren bei seinen Teleskopen mit höherer Vergrößerung sogar mit einem noch kleineren Bild auskommen. Dennoch hat er mit ihnen bahnbrechende Entdeckungen gemacht, allerdings mit Hilfe eines Stativs, so dass sich die ansonsten unmerklichen Zitterbewegungen der Hand nicht mitvergrößerten.

Tipp: Wenn Sie das Teleskop mit ein paar Gummiringen oder mit Tesakrepp auf dem Fotostativ-Adapter (rund) von AstroMedia (Best. Nr. 258.FSR) befestigen, können Sie es auf jedem handelsüblichen Fotostativ anbringen.

**Blicken Sie mit dem Teleskop niemals direkt in die Sonne!
Ihre Augen können einen dauerhaften Schaden erleiden.**

G. Die Teleskop-Halterung

Die Halterung besteht aus 6 Teilen: Der Rückwand [D1, Bogen 6] (an der auch der Boden und die untere Vorderseite hängt), der Vorderseite [D6, Bogen 6] (mit der Innenwölbung, die das Teleskop aufnimmt), den beiden Verstärkungsringen [D2, Bogen 2] und [D3, Bogen 2], die zwischen Rückwand und Vorderseite geklebt werden, und den beiden Seitenteilen [D4, Bogen 6] und [D5, Bogen 6]. Die Halterung kann auf einem Tisch oder Regalbrett stehen oder an der Wand hängen. In letzterem Fall müssen die Löcher für die Aufhängung vor dem Zusammenbau auf der Innenseite verstärkt werden, damit sie nicht aufreißen.

Schritt 38 Lösen Sie die Rückwand der Halterung [D1] aus dem Karton und schreiben Sie Ihren Namen in das dafür vorgesehene Feld.

Option: Kanten passend einfärben.

Schritt 39 Wenn Sie die Halterung zum Hängen vorbereiten wollen, lösen Sie die beiden vorgestanzten Scheiben aus dem roten Leder, so dass Löcher für die Aufhängung entstehen. Kleben Sie dann Lochscheiben aus Metall o.ä. auf die Rückseite um die Löcher, damit der Karton nicht ausreißen kann. Die Löcher in den Lochscheiben sollten groß genug für die Nägel oder Schrauben in der Wand sein und müssen mit dem oberen Rand der Kartonlöcher genau abschließen. Falls Sie keine Wandmontage vorsehen wollen, belassen Sie die gestanzten Kartonscheiben in ihren Löchern und kleben Sie von der Rückseite ein Stückchen Klebefilm darüber, damit sie nicht herausfallen können.

Schritt 40 Falzen Sie alle Nutlinien der Rückwand nach hinten. Es entstehen die eigentliche Rückseite (mit dem Buchstaben „B“ gekennzeichnet), der Boden („A“), die untere Vorderseite („C“) und zwei schmale Stege („D“ und „E“).

Schritt 41 Lösen Sie die beiden Rückwand-Verstärkungsringe [D2] und [D3] aus dem Karton – es sind die letzten Teile von Bogen 2. Biegen Sie die beiden Streifen rund und kleben Sie sie mit ca. 5 mm Überlappung zu Ringen zusammen, die dann einen Durchmesser von knapp 30 mm haben und 10,5 mm breit sind. Bestreichen Sie die Kanten der Ringe auf einer Seite mit viel Klebstoff und kleben Sie sie stumpf auf die Rückseite der Rückwand um die beiden Aufhängungslöcher. Auf ihre vorderen Kanten wird später die Vorderseite der Halterung [D6] geklebt.

Schritt 42

Lösen Sie das linke Seitenteil der Halterung [D4, Bogen 6] aus dem Karton und falzen Sie alle Klebelaschen nach hinten. Die Falze der kleinen zahnförmigen Klebelaschen sollen dabei eine möglichst gleichförmige Rundung ergeben.

Option: *Kanten der gefalzten Laschen passend einfärben.*

Setzen Sie das Seitenteil zunächst probeweise ohne Klebstoff so in die linke Hälfte von Teil D1, dass jeweils die gleichen Buchstaben-markierungen auf Seitenteil und Rückwand zueinander kommen, und kleben Sie dann die mit „A“ und „B“ markierten Laschen auf dem Teil [D1] fest. Schieben Sie dabei das Seitenteil stramm in die Ecke zwischen den Kanten „A“ und „B“ und achten Sie darauf, dass es mit den Kanten bündig ist.

Schritt 43

Falzen Sie auch beim rechten Seitenteil der Halterung [D5, Bogen 6] die Laschen nach hinten.

Option: *Kanten der gefalzten Laschen passend einfärben.*

Setzen Sie es mit den Laschen „A“ und „B“ in gleicher Weise auf die rechte Seite von Teil [D1] und kleben Sie anschließend auch die mit „C“ und „D“ markierten Klebelaschen auf beiden Seiten fest. Eventuell müssen Sie dafür den mit „D“ gekennzeichneten Steg noch einmal scharf nachfalzen.

Schritt 44

Lösen Sie die Vorderseite der Halterung [D6, Bogen 6], das letzte Teil des Bausatzes, aus dem Karton. Falzen Sie die Klebelasche nach hinten und runden Sie die unteren 5,5 cm der Vorderseite (etwa die Fläche unterhalb der Kartusche mit den Worten „Replikat...“ und darüber noch einmal genau so viel) mit dem Wickelkern. Diese Rundung der Vorderseite soll den Rundungen der beiden Seitenteile entsprechen.

Option: *Kanten passend einfärben.*

Legen Sie das gerundete Ende zur Probe so in die Seitenteile, dass das obere Ende mit dem Galilei-Porträt gerade aufragt und die Klebelasche unter den mit „E“ gekennzeichneten Steg zu liegen kommt. Kleben Sie dann zunächst die Klebelasche unter diesen mit „E“ markierten Steg und lassen Sie sie trocknen. Geben Sie dann Klebstoff auf alle noch freien Klebelaschen und drücken Sie vorsichtig den Steg und die Rückwand darauf.

Herzlichen Glückwunsch!**Ihr historisches Kartonreplikat von Galileo Galileis Teleskop ist fertig, einschließlich der Halterung.**

Sie können mit diesem Teleskop Beobachtungen anstellen, aber das ist wegen des kleinen Gesichtsfeldes so mühselig wie es eben zu Galileis Zeiten war.

Wenn Sie Lust haben, sich auch ein modernes, leistungsfähigeres Teleskop mit einer Linsenoptik nach Kepler oder einer Spiegeloptik nach Newton zu bauen, finden Sie in unserem Katalog und auf unserer Internetseite astromedia.de die Bausätze, die Sie dafür benötigen.

Voll funktionstüchtige und lehrreiche **Kartonbausätze** aus **Astronomie und Technik**.



DAS NEWTON-SPIEGELTELESKOP

Ein Kartonbausatz für den Himmel

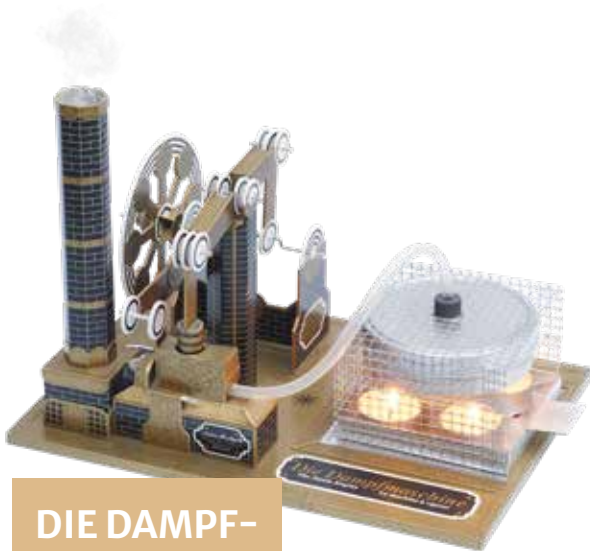
Treten Sie in Newtons Fußstapfen und bauen Sie sich ein voll funktionstüchtiges Spiegelteleskop mit 30-facher Vergrößerung.



DAS TISCH-PLANETARIUM

Sonne, Mond und Sterne

Mit diesem Modell lassen sich die Bewegungen der Himmelskörper über und unter dem Horizont darstellen und verständlich machen.



DIE DAMPF-MASCHINE

Der faszinierende Klassiker

Ein Teelicht-Antrieb mit raffinierter Dampf-führung ermöglichen eine funktionstüchtige Maschine aus Karton.



DER SONNEN-PROJEKTOR

Das Finsternis-Sonnenkino

Ein Projektor zur gefahrlosen Beobachtung von Sonnenfinsternissen, Planetentransits oder Sonnenflecken.