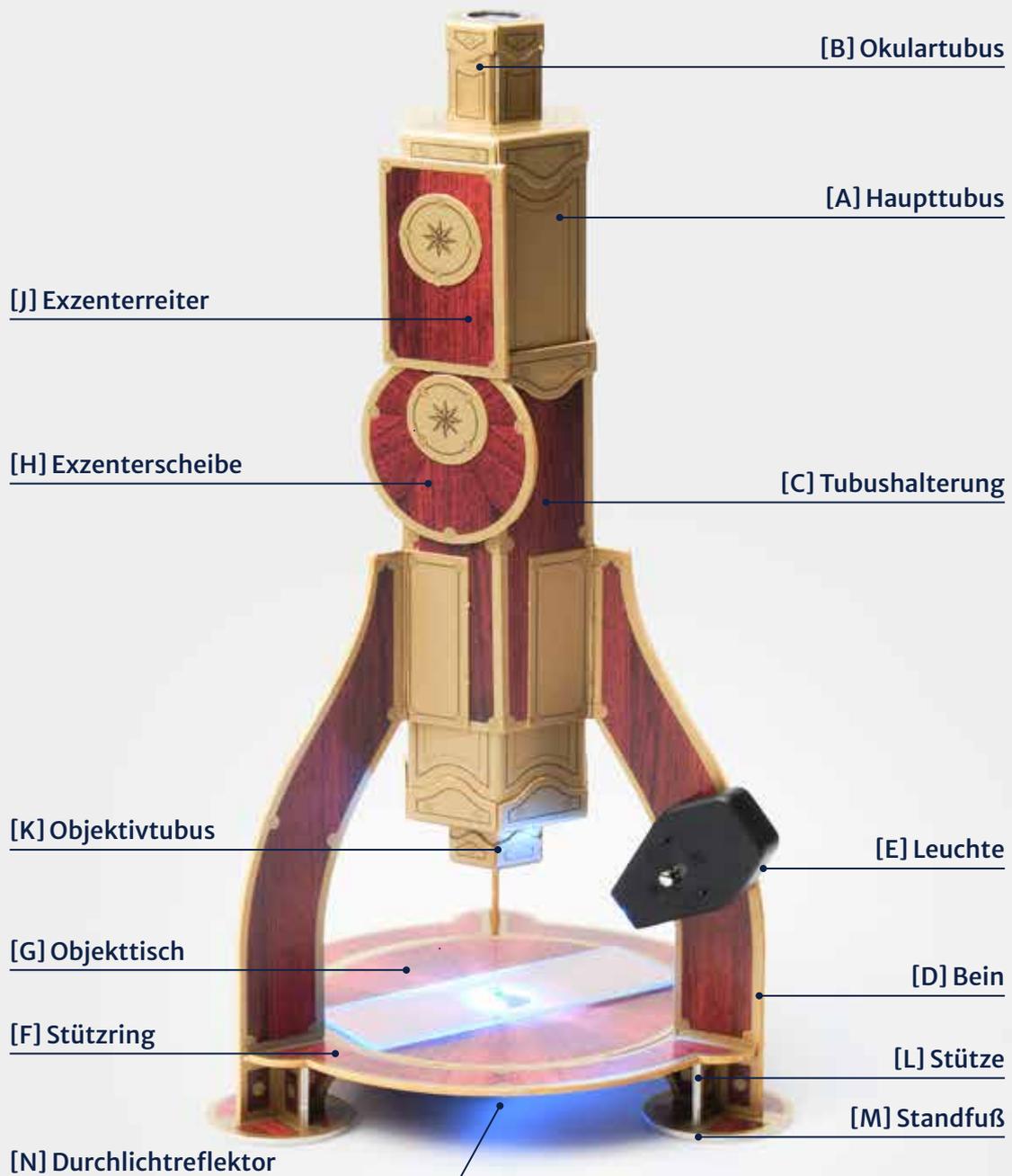


Das Mikroskop



AstroMedia 

Bastelspaß der Wissen schafft

Das Mikroskop

Kartonbausatz für ein Dreibein-Mikroskop in Culpeper-Bauweise.

Mit 70-facher Vergrößerung, farbkorrigierten Linsensystemen und einer Exzenter-Fokussierung.

Geeignet für Auf- und Durchlicht-Mikroskopie.

Zur Geschichte des Mikroskops:

Schon Archimedes (3. Jahrhundert v. Chr.) soll geschliffene Linsen aus Halbedelsteinen gekannt haben, die als Lupe z.B. beim Lesen kleiner Buchstaben halfen. Im Mittelalter wurde die Kunst des Linsenschleifens weiterentwickelt, um erste Brillen herzustellen.

Das Mikroskop (griechisch: „Klein-Seher“) ist eine Weiterentwicklung der Lupe und wurde etwa in der gleichen Zeit erfunden wie das Teleskop (griechisch: „Fern-Seher“).

Es wird erzählt, dass Anfang des 17. Jahrhunderts die Kinder des holländischen Linsenschleifers und Brillenhändlers Zacharias Janssen (ca. 1588 – 1631) mit zwei alten gewölbten Linsen spielten und dabei entdeckten, dass sich ihre vergrößernde Wirkung vervielfachte, wenn man sie in einem bestimmten Abstand voneinander hielt. Der Vater baute dann Röhren mit zwei solchen Gläsern, befestigte davor einen Floh auf einem Draht und verkaufte diese als Flohgläser auf Jahrmärkten, zum großen Ergötzen seiner Zeitgenossen.



Zacharias Janssen

* um 1588 in Den Haag; † um 1631 in Amsterdam

1665 schiffte sich der Engländer Robert Hooke eine 30-fach vergrößernde Linse, mit der er die Zellen in einem Stück Kork entdeckte, und baute Mikroskope aus mehreren Linsen.

Gegen 1685 begann auch der Niederländer Antoni van Leeuwenhoek mit sehr kleinen selbstgeschliffenen Linsen, die bis zu 270-fach vergrößerten, wissenschaftliche Untersuchungen an den Gegenständen seiner Umgebung. Damit waren die ersten Schritte zur Entdeckung der ungeheuer großen und vielfältigen Welt der kleinen und kleinsten Dinge getan.

Zu Beginn des 18. Jahrhunderts entwickelte der Engländer Edmund Culpeper (1660–1738) das nach ihm benannte dreibeinige Culpeper-Mikroskop, das über 100 Jahre lang der bestimmende Mikroskop-Typ blieb und dem auch die Bauweise dieses Mikroskops folgt.

Ihre erste Hoch-Zeit in der Wissenschaft hatten optische Mikroskope, als Carl Zeiss und Ernst Abbé ab 1870 in Jena Geräte von bisher nicht erreichter Qualität herstellten. Heute sind Mikroskope aus der Medizin, der Biologie, der Geologie, der Materialkunde, ja praktisch allen Naturwissenschaften nicht mehr wegzudenken, und wir verdanken ihnen viele der großen Fortschritte unserer Zeit. Moderne optische Hochleistungsmikroskope erreichen bis zu 1.500-fache Vergrößerung, und Elektronenmikroskope, die mit Elektronenstrahlen statt mit Licht arbeiten, können sogar bis in den Bereich der Atome vordringen.

Und so funktioniert ein Mikroskop:

Ein sehr einfaches Mikroskop besteht aus zwei konvexen (nach außen gewölbten und damit vergrößernden) Linsen mit kurzer Brennweite (das ist der Abstand zwischen der Linse und ihrem Brennpunkt, wenn man sie wie ein Brennglas in die Sonne hält). Die eine ist das Objektiv, nahe am Objekt, die andere ist das Okular, nahe am Auge. Sie sind an den beiden Enden eines Rohres („Tubus“) montiert.

Wenn das beleuchtete Objekt außerhalb der Brennweite des Objektivs liegt, entsteht auf der anderen Seite der Linse, auch außerhalb der Brennweite, ein sogenanntes reelles Zwischenbild, d.h. man könnte ein Blatt Papier in den Strahlengang halten und darauf die auf dem Kopf stehende Abbildung des Objekts projiziert sehen, je weiter entfernt vom Objektiv, umso größer. Dieses Zwischenbild befindet sich im Inneren des Tubus. Mit dem Okular, das eigentlich eine starke kleine Lupe ist, lässt sich dann dieses reelle Zwischenbild noch einmal stark vergrößert anschauen.

Das ist das Geheimnis des Mikroskops: Das Objektiv erzeugt ein vergrößertes reelles Bild, das Okular vergrößert dieses noch einmal, und die beiden Vergrößerungen multiplizieren sich miteinander.

Dieses Mikroskop aus Karton kann es durchaus mit viel teureren Geräten aus Metall und Kunststoff aufnehmen und ist dabei sehr einfach zu bedienen. Wenn man den Objektisch herausnimmt, stellt man es über das zu betrachtende Objekt, das sich mit der LED-Lampe nach Bedarf beleuchten lässt („Auflicht-Mikroskopie“).

Der eingelegte Objektisch ermöglicht auch Durchlicht-Mikroskopie: Dank der Reflexionsfläche auf seiner Unterseite lässt sich seitlich einfallendes Licht von unten durch das Objekt schicken.

Bei einer 70-fachen Vergrößerung wie bei diesem Mikroskop wäre es schwierig, den Haupttubus mit der Optik freihändig durch Verschieben zu fokussieren (scharf zu stellen). Deshalb ist er mit einer Exzenter-Fokussierung ausgestattet, die es sehr einfach macht, ihn um Bruchteile von Millimetern auf und ab zu bewegen und damit die Details des Objekts scharf abzubilden.

Die 5 Linsen aus Acrylglas ergeben dank einer ausgeklügelten Anordnung eine bemerkenswert leistungsfähige Optik, deren Berechnung Wolfgang Busch, Ahrensburg, durchgeführt hat.



Ein dreibeiniges Culpeper-Mikroskop
von ca. 1780

© Yuval Goren, www.microscopehistory.com

Dieser Bausatz enthält:

- 4 Stanzbögen aus 0,4 mm starkem Konstruktionskarton
- 5 Linsen aus Acrylglas, Ø 16,5 mm:
 - 1x Brennweite +30 mm
 - 2x Brennweite +49 mm
 - 2x Brennweite +65 mm
- 1 LED-Leuchte
- 1 Sechskant-Schraube M2, 6 mm
- 1 Stück Schleifpapier Körnung 150



Was du für den Zusammenbau noch benötigst:

- Eine feste, ebene **Arbeitsfläche** mit einer **Schneideunterlage**, z.B. einer selbstheilenden Schneidematte, bei der sich Einschnitte wieder schließen
- Ein scharfes **Messer** (Cutter-Messer, z.B. das AstroMedia Bastelmesser) oder ein Skalpell zum Durchtrennen der Haltestege in den Kartonplatten und zum Durchschneiden der Schnittlinien von sehr schmalen Schlitzern, die aus technischen Gründen nur angestanzt werden können
- Ein **Falzbein** oder ein kleiner Löffel zum Nachziehen scharfer Falzlinien
- Ein guter **Alleskleber** – Lösungsmittelhaltiger Alleskleber ist besser geeignet als wasserbasierter lösungsmittelfreier Kleber: Er trocknet schneller und wellt den Karton nicht.
- Etwas **Klebefilm**
- Ein schwarzer und optional auch ein goldener **Filzstift** zum Einfärben von Kartonkanten

Bitte vor Beginn durchlesen:

Diese Bauanleitung wurde in zahlreiche kleine Schritte gegliedert. Das sieht zwar zunächst nach viel Text aus, macht aber den Zusammenbau übersichtlich und den Bauerfolg viel sicherer. Bitte lies jeden Schritt vor seiner Durchführung ganz durch und gönne dir genügend Zeit. Du wirst am Ende ein selbst gebautes Präzisionsinstrument in der Hand halten, auf das du stolz sein kannst.

1 Jedes Teil ist mit seinem Namen beschriftet sowie mit einer Teilenummer, die aus einem Buchstaben und einer Zahl besteht, z.B. **A2**. Der Buchstabe bezeichnet den Bauabschnitt, die Zahl die Reihenfolge.

2 Löse die ausgestanzten Teile am besten immer erst dann aus den Kartonplatten, wenn sie benötigt werden. Du kannst die kleinen Stege, mit denen die Teile und der Kartonbogen verbunden sind, vorher mit einem scharfen Messer durchtrennen und, falls nötig, nach dem Herauslösen die kleinen Reste der Haltestege abschneiden oder abschleifen.

3 Zu verklebende Flächen sind hellgrau bedruckt. Auf den Klebeflächen findet sich ein Symbol wie dieses: . Es gibt an, welches andere Teil hier hin geklebt werden soll. Das Symbol  zeigt an, dass hier das Teil mit sich selbst verklebt wird. Die Klebeflächen sind meist etwas kleiner als das, was darauf geklebt wird, damit es nicht zu unerwünschten „Blitzern“ kommt (schmalen überstehenden Rändern).

4 Genutete Linien müssen gefalzt werden. *Nach vorne falzen* bzw. *nach hinten falzen* bedeutet, dass ich beim Blick auf die Karton-Vorderseite zu mir hin bzw. von mir weg falze.

5 Aus technischen Gründen können schmale Schlitzte nur angestanzt werden. Diese Linien müssen vor der Verarbeitung erst noch durchgeschnitten werden.

6 **Basteltipp bei lösungsmittelhaltigem Alleskleber für kleinere Flächen:** Trage einseitig eine nicht zu dünne Schicht Alleskleber auf und drücke die Teile zusammen, so dass er sich auf beiden Seiten flächig verteilt. Ziehe die Teile wieder auseinander, entferne ggf. Klebstofffäden und blase dann zwei bis drei Mal darüber.

Drücke dann die Teile passgenau und kräftig zusammen – die Klebung hält sofort.

7 Größere Klebeflächen können beim Trocknen gepresst werden, z.B. mit ein paar Büchern auf einer ebenen Fläche, damit sie sich nicht verwölben.

8 Mit „**Option:**“ sind Hinweise gekennzeichnet, die du ausführen kannst, um dem Mikroskop ein perfektes Aussehen zu geben, aber nicht musst, da sie für die eigentlichen Funktionen des Mikroskops nicht nötig sind.

Bauanleitung

Bitte lies dir jeden Schritt vorher ganz durch.

A: Der Haupttubus

Der Haupttubus trägt oben das Okular (folgt in Abschnitt B), in welches das Auge blickt, und unten das Objektiv (Abschnitt K), das dem zu betrachtenden Objekt zugewandt ist. Anders als bei einem Teleskop sind sie in einem festen Abstand zueinander montiert. In der Mitte des Haupttubus befindet sich eine Streulichtblende, die störendes, an den Innenwänden reflektiertes Licht abfängt, bevor es ins Okular gelangen kann.

Schritt 1

Falze beim Haupttubus [A1, Bogen 1] alle Nutlinien nach hinten und schwärze die Kartontkante der Klebelasche, die ja dann im Inneren liegen wird, mit einem Filzstift. **Option:** Die gegenüber liegende lange Kante des Tubus golden einfärben. Klebe dann das Teil zu einer sechskantigen Röhre zusammen. **Tipp:** Drücke die Röhre beim Trocknen des Klebers mehrmals flach auf deiner Arbeitsfläche zusammen, um sicher zu stellen, dass die Klebelasche richtig positioniert ist.

Schritt 2

Entferne bei der Streulichtblende [A2, Bogen 1] die Scheibe aus der Mitte und falze alle Laschen nach vorne, so dass ein Sechseck mit drei kleineren und drei größeren abgewinkelten Laschen entsteht. Klebe auf die grauen Flächen der größeren Laschen die drei Halterungen [A3], [A4] und [A5, alle Bogen 1]. Dabei kommt jeweils der entsprechend gekennzeichnete kleine graue Abschnitt einer Halterung auf die graue Fläche einer Lasche. Von dem Sechseck mit dem Blendenloch ragen nun die drei Halterungen nach oben, die zum Inneren hin schwarz, nach außen grau sind. Schwärze auch

hier alle später sichtbaren weißen Kartonkanten mit dem Filzstift.

Schiebe die Streulichtblende ohne Klebstoff mit dem Sechseck voran in dasjenige Ende des Haupttubus, das auf der Innenseite drei graue Klebeflächen für diese Halterungen hat. Achte dabei darauf, dass die verkürzte der drei schwarzen Seitenlaschen des Blendensechsecks dorthin kommt, wo innen die Klebelasche des Haupttubus sitzt. Auf diese Weise entsteht zwischen Streulichtblende und Tubus-Innenwand kein Schlitz.

Schiebe die Blende so tief hinein, bis die Enden der Halterungen genau mit dem Rand des Haupttubus abschließen, und klebe diese mit ein paar Tropfen Klebstoff fest.

B: Der Okulartubus

Der Okulartubus enthält die Halterung für die drei Linsen der Okular-Optik sowie eine Gesichtsfeldblende, die für eine scharfe Begrenzung des Bildes sorgt. Er wird nach Fertigstellung oben am Haupttubus befestigt.

Schritt 3

Falze beim Okulartubus [B1, Bogen 1] die langen Nutlinien nach hinten und die kurzen nach vorne. Schwärze die Kartonkanten der langen Klebelasche und auch der sechs grauen kurzen, da sie nach dem Zusammenbau alle im Inneren des Mikroskops liegen werden. Klebe dann die lange Klebelasche hinter die gegenüber liegende Seite, so dass ein sechskantiges Rohr mit kleinem Durchmesser entsteht, an dessen Fuß sechs Klebelaschen nach außen abstehen. **Option:** Vorher die gegenüber liegende lange Kante des Tubus golden einfärben.

Die drei Linsen der Okularoptik werden nicht verklebt, sondern lose in eine Linsenhalterung eingelegt und dort fixiert. Auf diese Weise kommen sie nicht mit Klebstoff in Kontakt.

Schritt 4

Entferne die Scheibe aus der Okular-Linsenhalterung [B2, Bogen 1] und schwärze alle Kanten, auch die des Loches. Falze die fünf Klebelaschen nach hinten, so dass diese mit der grauen Seite nach außen, mit der schwarzen nach innen zeigen. Stecke die Linsenhalterung zunächst noch ohne Kleber mit dem Sechseck voran in das obere Ende des Okulartubus (dort, wo dieser keine Klebelaschen hat). Die Sechseckkante ohne Klebelasche kommt dabei dorthin, wo im Okulartubus die Klebelasche verläuft. Die Laschen der Halterung schließen genau mit dem Tubusrand ab. Entferne die Linsenhalterung noch einmal und klebe sie dann in dieser Position im Okulartubus fest.

Schritt 5

Entferne die Scheibe aus der Gesichtsfeldblende [B3, Bogen 1] und schwärze die Kartonkanten. Falze auch hier die fünf Klebelaschen nach hinten und schiebe sie zunächst ohne Klebstoff, aber diesmal mit den Laschen voran in das andere Ende des Okulartubus (dort, wo dieser auch Klebelaschen hat). Die Sechseckkante ohne Klebelasche kommt wieder dorthin, wo die Klebelasche des Okulartubus sitzt. Die sechseckige Blende soll dabei genau mit dem unteren Rand des Tubus abschließen (**Tipp:** Okulartubus mit gespreizten Klebelaschen auf die Arbeitsfläche drücken). Entferne die Feldblende noch einmal und klebe sie dann in der ausprobierten Position fest.

Schritt 6

Löse die Scheiben aus den beiden Okular-Zwischenblenden [B4] und [B5, beide Bogen 1] und schwärze alle Kanten.

Schritt 7

Lege die 5 Linsen auf eine staubfreie Unterlage, mit der Wölbung nach unten. Fasse sie dabei immer nur am Rand an.

Eine der Linsen hat die Brennweite $f + 30$ mm, zwei haben $f + 49$ mm und zwei weitere $f + 65$ mm. Die Linsen sehen sich sehr ähnlich, aber so kannst du sie sicher unterscheiden: Lege eine Linse nach der anderen auf ein Bild oder einen gedruckten Text, betrachte sie aus ca. 40 cm Entfernung und hebe die Linse langsam hoch. Je höher du sie hebst, 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 Linsen, die sich am höchsten heben lassen, sind die mit $f + 65$ mm (für das Objektiv bestimmt, s. Abschnitt **K**), diejenige, bei der das Bild am schnellsten umschlägt, ist die mit $f + 30$ mm, die beiden anderen sind die mit $f + 49$ mm. Alternativ kannst du die Linsen auch in die Sonne halten und wie ein Brennglas verwenden: Der Abstand zwischen Linse und Brennpunkt ist die Brennweite. Notiere die Brennweiten auf kleine Zettel o. ä. und lege die Linsen darauf.

Schritt 8

Stelle sicher, dass das Innere des Okulartubus sowie die Linsen und die Zwischenblenden alle staubfrei sind und dass sich im Okulartubus keine Klebstofffäden befinden. Lege dann eine Linse mit $f + 49$ mm mit der flachen Seite voran in die Linsenhalterung des Okulartubus und lege darüber eine Zwischenblende. Lege darauf eine weitere Linse $f + 49$ mm, aber diesmal mit der gewölbten Seite voran, und darauf die zweite Zwischenblende. Als

letzte kommt darauf die Linse $f + 30$ mm, ebenfalls mit der gewölbten Seite zuerst. Vergewissere dich, dass sie mit der Oberkante des Okulartubus abschließt.

Schritt 9

Löse die Scheibe aus der Okular-Linsenabdeckung [B6, Bogen 1], falze alle Laschen nach hinten und schwärze die Kante des Loches. **Option:** *Außenkanten golden einfärben.* Klebe die Abdeckung mit den Laschen auf dem Okulartubus fest und achte dabei gut darauf, dass kein Klebstoff auf die Linsenoberfläche gelangt. Die Linsen sind jetzt ohne Klebstoff im Okular montiert.

Schritt 10

Löse die sechseckige Scheibe aus der Tubushalterung des Okulars [B7, Bogen 1] und falze alle Laschen nach hinten. **Option:** *Außenkanten der Laschen golden einfärben.* Stecke den Okulartubus mit seinen Klebelaschen voran von oben in die Halterung, falze die Laschen wieder nach außen und klebe sie auf der Rückseite der Tubushalterung fest.

Schritt 11

Vergewissere dich, dass der Haupttubus und die Halterung mit dem Okular innen staubfrei sind und klebe die Halterung mit ihren Laschen auf dem Haupttubus fest. Die eine rechteckige Klebelasche kommt dabei auf die gekennzeichnete rechteckige Klebefläche.

C: Die Tubushalterung

In der Tubushalterung kann der Haupttubus auf- und abgleiten, wodurch das Bild des Objekts scharf gestellt wird.

Schritt 12

Falze alle genuteten Linien der Tubushalterung 1 [C1, Bogen 2] nach hinten. Lege sie mit der farbig bedruckten Seite nach unten auf deine Arbeitsfläche und klappe von rechts und links je zwei der Wände wieder nach vorne, so dass sich die schmalen grauen Flächen mit ihren Kanten treffen. Verbinde diese mit zwei kleinen Stückchen Klebefilm so, dass sie spaltfrei und ohne Versatz aneinander stoßen und das Ganze zu einer flachgedrückten sechseckigen Röhre wird. **Option:** *Obere und untere Kante der Tubushalterung golden einfärben.*

Schritt 13

Löse das Teil 2 der Tubushalterung [C2, Bogen 2] aus dem Karton. **Option:** *Alle Kanten golden einfärben.* Klebe dann das Teil auf die beiden anein-

ander stoßenden grauen Flächen der Tubushalterung und achte dabei darauf, dass die rechteckige graue Klebefläche auf der Vorderseite neben den entsprechenden Klebeflächen der Tubushalterung zu liegen kommt. Der Klebefilm wird dabei überklebt.

Schiebe nach dem Trocknen schon mal probeweise den Haupttubus hinein. Er sollte sich ohne viel Widerstand darin bewegen können.

Schritt 14

Falze bei der Manschette [C3, Bogen 2] alle Nutlinien nach hinten. **Option:** *Obere und untere Kante golden einfärben.* Klebe sie auf die gekennzeichnete Fläche auf der Tubushalterung.

D: Die Beine

Die drei Beine des Mikroskops bestehen jeweils aus 4 Lagen Karton. Mit ihren flügelähnlichen Laschen werden sie an der Tubushalterung befestigt. Unten sind die Beine durch einen Stützring (Abschnitt F) verbunden, durch den die ganze Ständerkonstruktion stabil und verwindungssteif wird. Eines der Beine hat ein kleines Loch auf halber Höhe für die Halterung der LED-Leuchte (Abschnitt E). – Vor dem Verkleben müssen die nur angestanzten Schlitze unten an den Beinen noch ganz durchgeschnitten werden.

Schritt 15

Löse bei den beiden Innenteilen von Bein 1 [D1, Bogen 2] und [D2, Bogen 2] die kleinen Scheiben aus den Löchern und klebe sie mit ihren Rückseiten gegeneinander. Achte gut darauf, dass alle Kanten genau übereinander liegen.

Schritt 16

Löse bei den beiden Außenteilen von Bein 1 [D3, Bogen 2] und [D4, Bogen 2] die kleinen Scheiben heraus und falze die rechteckigen Klebelaschen nach vorne. Klebe die Außenteile auf das bereits zusammengeklebte Innenteil und achte wieder darauf, dass die Kanten der Beinteile genau übereinander liegen. **Option:** *Alle sichtbaren Kanten außer der schmalen Unterkante golden einfärben.*

Schritt 17

Verfahre in gleicher Weise mit den 2 Innenteilen [D5] und [D6] und den 2 Außenteilen von Bein 2 [D7] und [D8, alle Bogen 3].

Schritt 18

Verfahre in gleicher Weise mit den 2 Innenteilen [D9] und [D10] und den 2 Außenteilen von Bein 3 [D11] und [D12, alle Bogen 4].

Schritt 19

Damit die schmalen unteren Kanten der Beine in die Schlitzte der Standfuß-Scheiben passen, die im vorletzten Abschnitt **M** montiert werden, müssen sie nach dem Trocknen etwas zusammengedrückt werden. Lege dazu die Beine auf deine Arbeitsfläche und fahre bei jedem mit dem Falzbein oder dem Löffel kraftvoll über die Unterkante, die dabei etwas zusammengedrückt wird. Drehe dann die Beine um und verfahre mit der anderen Seite ebenso. **Tipp:** Statt dessen kannst du die Kanten auch, wenn vorhanden, mit einer Kombizange o.ä. vorsichtig etwas zusammendrücken.

E: Die Leuchtenhalterung

Bei einem Mikroskop mit starker Vergrößerung wie diesem muss das Objekt zusätzlich zum Umgebungslicht beleuchtet werden, damit die Abbildung gut sichtbar wird. Dafür liegt diesem Bausatz eine Leuchte mit einer hellen LED bei. Sie ist standardmäßig an Bein 1 befestigt (dem mit dem Loch), auf das die Leuchtenhalterung aus den Teilen [E1] bis [E6] montiert wird. Die kleine Sechskantschraube, mit der die Leuchte dann fixiert wird, bekommt zur besseren Handhabung einen vergrößerten Schraubenkopf aus den Teilen [E7] bis [E12].

Schritt 20

Mache bei den Teilen 1 bis 5 der Leuchtenhalterung [E1], [E2, beide Bogen 2], [E3], [E4, beide Bogen 3] und [E5, Bogen 4] das kleine Loch in der Mitte frei und klebe die Teile wie angegeben zu einem Block aufeinander, die goldene Scheibe oben. Gut trocknen lassen. Schiebe dann den Gelenkzapfen der Leuchte durch das Loch im Bein, so dass er auf der Seite mit der grauen Klebefläche wieder heraustritt, und drücke darauf die Leuchtenhalterung. Das Ende des Gelenkzapfens muss dabei deutlich unterhalb der Oberfläche der Lagerscheibe liegen, sonst kann die Leuchte nicht mit der Schraube stramm angezogen werden. Kommt der Gelenkzapfen zu nah an die Oberfläche der Halterung, musst du diese noch mit dem optionalen Teil 6 [E6, Bogen 4] verstärken. **Option:** Außenkante der Halterung golden einfärben. Klebe dann die Leuchtenhalterung auf dem Bein fest.

Schritt 21

Mache bei den Teilen 1, 2 und 3 des Schraubenkopfes [E7], [E8], [E9, alle Bogen 1] das kleine Loch in der Mitte frei und klebe darauf noch die Teile 4 und 5 [E10], [E11, beide Bogen 2]. Lege nach dem Trocknen diese Scheibe mit der goldenen Seite nach unten auf deine Arbeitsfläche und drücke den sechskantigen Kopf der kleinen Schraube kraftvoll hinein, bis er ganz drin steckt. Klebe ihn in dieser Position mit nicht zu wenig Klebstoff fest. Jetzt hat die Schraube einen neuen, größeren Kopf, mit dem sie sich gut von Hand drehen lässt. Klebe zum Schluss noch Teil 6

[E12, Bogen 2] auf die Unterseite des Kopfes. **Option:** Außenkante des Schraubenkopfes golden einfärben. Stecke nach dem Trocknen die Leuchte wieder mit ihrem Gelenkzapfen in die Halterung und drehe die Schraube vorsichtig in das darin befindliche Loch. Beim ersten Mal schneidet sie sich selber ein Gewinde hinein. Wenn die Schraube ein wenig angezogen wird, ist die Leuchte bereits gut fixiert. Entferne die Leuchte dann wieder, damit sie beim weiteren Zusammenbau nicht im Weg ist. **Tipp:** Falls das Kunststoffgewinde in der LED-Leuchte ausleiert, kannst du z. B. einen sehr schmalen Streifen Tesakrepp o.ä. in das Loch legen, mit der klebenden Seite zur Lochwand, und es auf diese Weise wieder verengen.

Schritt 22

Klebe die drei Beine mit ihren Laschen auf die gekennzeichneten Stellen der Tubushalterung. Die Laschen schließen dabei genau mit der Unterkante der Tubushalterung ab.

F: Der Stützring

Der Stützring verbindet die Beine kurz über ihren Füßen fest miteinander und bietet zugleich eine passende Vertiefung, in die der Objektstisch (Abschnitt **G**) eingelegt werden kann. – Die Schlitzte in den drei Vorwölbungen müssen noch freigelegt werden.

Schritt 23

Klebe die beiden inneren Stützring-Teile 1 und 2 [F1], [F2, beide Bogen 3] mit den Rückseiten kantengenau aufeinander, und nach dem Trocknen auf beide Seiten noch die äußeren Stützring-Teile 3 und 4 [F3], [F4, beide Bogen 4]. Achte besonders darauf, dass die Schlitzte genau übereinander liegen. Lege ihn zunächst beiseite und lasse ihn gut trocknen.



G: Der Objektisch

Der Objektisch wird nicht fest mit dem Mikroskop verbunden, so dass er je nach Bedarf eingelegt und herausgenommen werden kann. An seiner Unterseite wird ein Durchlichtreflektor befestigt (Abschnitt N), der von der Seite einfallendes Licht durch das Loch in der Mitte nach oben lenkt.

Schritt 24

Klebe die beiden inneren Objektisch-Teile 1 und 2 [G1], [G2, beide Bogen 3] mit den Rückseiten kantengenau aufeinander, und darauf noch die beiden äußeren Objektisch-Teile 3 [G3] und 4 [G4, beide Bogen 4]. Die Scheiben, die aus der Mitte herausgelöst werden, können, falls nötig, als Ersatz für andere mit dem gleichen Durchmesser von 14 mm dienen.

Schritt 25

Wenn du versuchst, den Objektisch in den Stützring zu legen, wirst du merken, dass er dafür etwas zu groß bzw. die Öffnung des Stützrings etwas zu klein ist. Bei beiden Teilen müssen deshalb die entsprechenden Kanten so lange beschliffen werden, bis sie sich ohne jeden Widerstand ineinander legen lassen.

Tipps für den Objektisch: Lege das Schleifpapier auf einen harten Untergrund und ziehe die Kante des senkrecht stehenden Objektischs unter Druck wie ein schleifendes Rad über das Schleifpapier. Drehe ihn dabei immer etwas weiter, damit nicht nur eine Stelle, sondern immer gleich ein Stück Rundung abgeschliffen wird, und wiederhole das so lange, bis er rundum gleichmäßig um ein paar Millimeterbruchteile verkleinert ist.

Tipps für den Stützring: Wickle das Schleifpapier um einen dünnen Wickelkern, z.B. einen runden Bleistift oder Kochlöffelstiel, stelle den Stützring senkrecht auf deine Arbeitsfläche und beschleife druckvoll die Innenrundung, wobei der Ring immer etwas weiter gedreht wird.

Option: Nach dem Beschleifen alle Kanten golden einfärben.

Schritt 26

Drehe den Stützring so, dass seine beschriftete Seite unten liegt, und stecke die Schlitzlöcher an den drei Vorwölbungen in die horizontalen Schlitzlöcher unten an den Beinen. Du kannst dabei, musst aber nicht unbedingt, Klebstoff verwenden. Schiebe die Schlitzlöcher so weit ineinander, dass ihre inneren Enden aneinander stoßen. Die Vorwölbungen schließen dann mit den Außenkanten der Beine ab.

Die sichtbaren Vorsprünge an den Beinen, die nach innen ragen, dienen als Auflage für den Objektisch, wenn er in den Stützring gelegt wird.

H: Die Exzentrerscheibe

Die Exzentrerscheibe wird mit ihrer Achse an der Tubushalterung befestigt. Da das Lager der Achse nicht mittig in der Scheibe sitzt, verändert sich die Höhe der Scheibe, wenn sie gedreht wird. Diese sehr fein dosierbare Höhenveränderung wird über den Exzenterreiter (Abschnitt J) auf den Haupttubus übertragen, und das ermöglicht dann eine auf Bruchteile eines Millimeters genaue Fokussierung.

Schritt 27

Löse die Achsen aus den beiden inneren Teilen 1 und 2 [H1], [H2, beide Bogen 3] der Exzentrerscheibe und lege sie beiseite. Klebe die Innenteile der Exzentrerscheiben mit den Rückseiten kantengenau aufeinander. Achte gut darauf, dass die beiden Löcher des Achslagers exakt übereinander liegen.

Schritt 28

Löse auch aus den beiden Außenteilen 1 und 2 der Exzentrerscheibe [H3], [H4, beide Bogen 4] die Achsen und lege sie beiseite. Klebe dann die Außenteile auf die Innenteile, wieder kantengenau.

Schritt 29

Klebe die beiseite gelegten 4 Achsscheiben [H4], [H5], [H6] und [H7] zu einem Block aufeinander. Sorge auch hier wieder dafür, dass die Kanten genau aufeinander liegen.

Damit sich die Exzentrerscheibe ohne großen Widerstand auf der Achse drehen lässt, muss das Achslager durch Schleifen etwas geweitet und ggf. auch der Rand der Achse beschliffen werden.

Schritt 30

Wickle das Schleifpapier wieder über einem runden Kern zu einer Rolle und schleife damit das Achslager in der Exzentrerscheibe aus, bis sich der Achsblock ohne großen Widerstand darin drehen lässt. **Option:** Außenkante der Exzentrerscheibe golden einfärben.

Schritt 31

Klebe den Achsblock genau mittig auf die gekennzeichnete runde Fläche auf der Tubushalterung. Stecke nach dem Trocknen die Exzentrerscheibe darauf, prüfe noch einmal, ob sich die Scheibe gut drehen lässt, und klebe dann die Achsabdeckung [H9, Bogen 2] auf die Achse. **Option:** Vorher Außenkante golden einfärben. Es darf dabei kein Klebstoff auf die Scheibe gelangen, sie könnte sich sonst nicht mehr drehen. Prüfe nach dem Trocknen erneut die Drehbarkeit der Exzentrerscheibe und mache sie, falls nötig, wieder gangbar.

J: Der Exzenterreiter

Der drehbare Exzenterreiter wird mit seiner Achse am Haupttubus befestigt. Er kann mit jedem seiner beiden gerundeten Enden schlüssig auf dem Exzenterrad aufsitzen. Wird dieses gedreht, wird der Reiter und mit ihm der Tubus in seiner Höhe verschoben. Die Enden des Exzenterreiters sind ungleich weit von seiner Achse entfernt, wodurch zwei Fokussierungseinstellungen ermöglicht werden, je nachdem ob der Objektivtubus eingelegt ist oder nicht.

Weil der Haupttubus einen etwas geringeren Durchmesser hat als die Tubushalterung, muss zum Ausgleich noch eine Achsenbasis unter der Achse des Reiters angebracht werden.

Schritt 32

Klebe die drei Teile der Exzenterreiter-Achsenbasis 1, 2 und 3 [J1], [J2], [J3, alle Bogen 2] erst zu einem Block aufeinander und dann genau mittig auf die Klebmarkierung oben am Haupttubus. **Option:** Vorher die Außenkante golden einfärben.

Schritt 33

Klebe die Achsenscheiben 1 bis 5 [J4], [J5], [J6], [J7], [J8, alle Bogen 2] zu einem Block zusammen, aber noch nicht auf die Achsenbasis.

Schritt 34

Klebe die Teile des Exzenterreiters 1 bis 5 [J9], [J10], [J11], [J12], [J13, alle Bogen 2] kanten genau aufeinander und erweitere nach dem Trocknen wie schon beim Exzenterrad das Achslager. Die Achse muss sich darin ganz locker drehen lassen. Ggf. muss dabei auch die Kante des Achsblocks beschliffen werden. **Option:** Außenkante des Exzenterreiters golden einfärben.

Schritt 35

Klebe die Achse genau mittig auf die Achsenbasis und stecke nach ausreichender Trockenzeit den Reiter darauf, mit der rechteckigen (nicht gekurvten) Seite außen. Klebe dann darauf vorsichtig die Achsabdeckung [J14, Bogen 2], ohne dass Klebstoff auf den Reiter gelangt. **Option:** Außenkante der Abdeckung vorher golden einfärben. Vergewissere dich nach dem Trocknen noch einmal, dass der Reiter sich leicht drehen lässt, und schiebe schon mal zur Probe den Haupttubus in die Tubushalterung. Exzenterreiter und -scheibe müssen übereinander zu liegen kommen. Probiere aus, wie sich durch Drehen der Tubus sanft und wohldosiert hochschieben lässt. Wenn er genug Spiel in der Halterung hat, wird er beim Zurückdrehen der Scheibe auch von alleine wieder absinken. Ansonsten schiebe ihn einfach sanft wieder nach unten.



K: Der Objektivtubus

Der Objektivtubus enthält die Halterung für die zwei Linsen der Objektiv-Optik. Er wird nach Fertigstellung unten am Haupttubus befestigt.

Schritt 36

Falze beim Objektivtubus [K1, Bogen 1] die längeren Nutlinien nach hinten und die kürzeren nach vorne. Schwärze die Kartonkanten der langen Klebelasche und auch der sechs grauen kurzen, da sie nach dem Zusammenbau im Inneren des Mikroskops liegen werden. Klebe dann die längere Klebelasche hinter die gegenüber liegende Seite, so dass ein kurzes sechskantiges Rohr entsteht, an dessen Oberseite sechs Klebelaschen nach außen abstehen. **Option:** Vorher die gegenüber liegende lange Kante des Tubus golden einfärben.

Auch die Linsen der Objektivoptik werden nicht verklebt, sondern lose in ihre Halterung eingelegt und dort fixiert, damit sie nicht mit Klebstoff in Kontakt kommen.

Schritt 37

Entferne die Scheibe aus der Objektiv-Linsehalterung [K2, Bogen 1] und schwärze ihre Kanten, auch die des Loches. Falze die fünf Klebelaschen nach hinten, so dass diese mit der grauen Seite nach außen, mit der schwarzen nach innen zeigen. Stecke die Linsenhalterung zunächst noch ohne Kleber mit dem Sechseck voran in das untere Ende des Objektivtubus (dort, wo dieser keine Klebelaschen hat). Die Sechseckkante ohne Klebelasche kommt dabei dort hin, wo im Tubus die Klebelasche verläuft. Die Laschen der Halterung müssen genau mit der Tubuskante abschließen. Klebe sie dann in dieser Position fest.

Schritt 38

Löse die Scheibe aus der Objektiv-Zwischenblende [K3, Bogen 1] und schwärze alle Kanten.

Schritt 39

Stelle sicher, dass das Innere des Objektivtubus, die Zwischenblende sowie die beiden verbliebenen Linsen mit der Brennweite $f +65$ mm staubfrei sind und sich im Tubus keine Klebstofffäden befinden. Schiebe dann die eine Linse mit der gewölbten Seite voran in die Linsenhalterung des Objektivtubus, lege darüber die Zwischenblende und stecke darauf die andere Linse, ebenfalls mit der gewölbten Seite voran. Von der zweiten Linse ist jetzt nur die flache Seite sichtbar. Sie sollte mit der Kante des Objektivtubus abschließen.

Schritt 40

Löse die Scheibe aus der Objektiv-Linsenabdeckung [K4, Bogen 1], falze alle Laschen nach hinten und schwärze die Kante des Loches. **Option:** Außenkanten golden einfärben. Klebe die Abdeckung mit den Laschen auf dem Objektivtubus fest und achte dabei gut darauf, dass kein Klebstoff auf die Linsenoberfläche gelangt.

Schritt 41

Löse die sechseckige Scheibe aus der Tubushalterung des Objektivs [K5, Bogen 1] und falze alle Laschen nach hinten. **Option:** Außenkanten der Laschen golden einfärben. Stecke den Objektivtubus mit seinen Klebelaschen in die Halterung, falze die Laschen wieder nach außen und klebe sie auf der Rückseite der Tubushalterung fest.

Schritt 42

Stecke den Haupttubus in die Tubushalterung, so dass Exzenterreiter und -scheibe übereinander liegen. Vergewissere dich, dass der Haupttubus und die Halterung mit dem Objektiv staubfrei sind, und klebe die Halterung mit ihren Laschen unten auf dem Haupttubus fest. Der Haupttubus kann danach nicht mehr aus der Halterung herausgezogen werden. *Das Mikroskop selber ist jetzt schon funktionsfähig. Es fehlen nur noch die Standfüße (Abschnitt M) mit den Stützen (Abschnitt L) und der Durchlichtspiegel (Abschnitt N).*

L: Die Stützen

Für die Montage der Standfüße im folgenden Abschnitt M müssen an der Unterkante der Beine noch Stützen angebracht werden. – Die Schlitzte müssen noch freigemacht werden.

Schritt 43

Klebe die zum Standfuß 1 gehörenden Stützteile 1 bis 4 [L1], [L2], [L3], [L4, alle Bogen 3] wie angegeben kantengenau aufeinander.

Schritt 44

Verfahre dann mit den zum Standfuß 2 gehörenden Stützteilen 1 bis 4 [L5], [L6, beide Bogen 3], [L7], [L8, beide Bogen 4] genauso, und ebenfalls mit den zu Standfuß 3 gehörenden Stützteilen 1 bis 4 [L9], [L10], [L11], [L12, alle Bogen 4].



Schritt 45

Fahre, wie schon bei den Beinen, mit dem Falzbein oder einem Löffel kraftvoll über die Unterkante der Stützen (die Kante ohne Schlitz), um sie etwas zusammen zu drücken und so für die Montage in den Standfüßen vorzubereiten.

Schritt 46

Stecke bei jedem Bein von unten her eine Stütze so tief in den Schlitz, dass sie oben an den Stützring stößt und unten mit dem Bein abschließt. Die Unterkanten bilden dann ein Kreuz. Du kannst die Schlitzte verkleben, die Verbindung hält aber auch ohne Klebstoff.

M: Die Standfüße

Die drei scheibenförmigen Standfüße bestehen aus 4 Lagen, von denen die beiden oberen einen vorgestanzten kreuzförmigen Schlitz haben. Er dient der Aufnahme der Beine mit ihren Stützen. Der Schlitz muss ggf. noch frei gemacht werden.

Schritt 47

Klebe das zu Standfuß 1 gehörende äußere Oberenteil [M1] wie angegeben auf das innere Oberenteil [M2, beide Bogen 2]. Achte dabei gut darauf, dass Schlitzte und Außenkanten genau übereinander liegen. Klebe dann darunter das innere Unterteil [M3] und das äußere Unterteil [M4, beide Bogen 2]. Dabei soll kein Klebstoff in die gekreuzten Schlitzte gelangen.

Schritt 48

Verfahre dann mit den zum Standfuß 2 gehörenden Scheiben [M5], [M6, beide Bogen 3], [M7], [M8, beide Bogen 2] genauso, und ebenfalls mit den zu Standfuß 3 gehörenden Scheiben [M9], [M10], [M11, alle Bogen 4], [M12, Bogen 3].

Schritt 49

Stecke zur Probe je einen Standfuß auf ein Bein und prüfe, ob die Unterkanten von Bein und Stütze jeweils gut in den Schlitz einrasten. Falls nötig, müssen die Kanten noch stärker zusammengedrückt werden, z.B. mit einer Kombizange. Klebe dann die Standfüße auf den Beinen fest. Die Kanten von Bein und Stütze müssen dabei bis zum Boden des Schlitzes im Standfuß stecken. Vergewissere dich vor dem Trocknen noch einmal, dass das Mikroskop sicher auf deiner Arbeitsfläche steht.



N: Der Durchlichtreflektor

Manche Objekte, z.B. Präparate auf einem Glasträger, lassen sich auch von unten beleuchten. Dafür wird unter dem Loch in der Mitte des Objektstischs eine im 45°-Winkel schräg stehende Reflexionsfläche angebracht, die seitlich einfallendes Licht von der LED-Leuchte oder einer anderen Lichtquelle nach oben lenkt.

Schritt 50

Klebe die Teile 1 bis 4 der Reflektorhalterung [N1], [N2, beide Bogen 3], [N3] und [N4, beide Bogen 4] wie angegeben kantengenau aufeinander.

Schritt 51

Klebe dann auch die Teile 1 bis 4 der Reflektorstütze [N5], [N6, beide Bogen 3], [N7] und [N8, beide Bogen 4] wie angegeben aufeinander. Stecke die beiden Teile nach dem Trocknen ineinander.

Schritt 52

Klebe die beiden Teile des Durchlichtreflektors [N9, Bogen 3] und [N10, Bogen 4] mit den Rückseiten gegeneinander. Klebe ihn dann mit der bedruckten Seite unten und der weißen Seite oben auf die schräge Fläche der Reflektorhalterung, aber so, dass er oben nicht über die kleine Kante der Reflektorhalterung hinausragt.

Schritt 53

Klebe dann das Ganze so auf die Unterseite des Objektstischs, dass, von oben betrachtet, die schräg stehende weiße Fläche des Reflektors das Loch im Objektstisch ausfüllt. Wenn von der Seite Licht darauf fällt, wird diese Fläche so hell, dass sich damit Durchlicht-Mikroskopie betreiben lässt.

Jetzt ist dein Mikroskop fertig. Herzlichen Glückwunsch! Du hast dir selber ein hochwertiges Mikroskop gebaut, mit dem sich viele Dinge untersuchen und aus einer ganz neuen Perspektive betrachten lassen.

Fragen und Antworten:

?

Was kann ich mit dem Mikroskop betrachten?

!

Eigentlich alles! Jeder Gegenstand offenbart ein anderes, oftmals überraschendes Aussehen unter dem Mikroskop. Allein im Haushalt gibt es genug, um einen fleißigen Mikroskopierer wochenlang zu beschäftigen: Karotten, Pflanzenstängel und -blätter, Zwiebelschalen, altes Blumen- oder Brunnenwasser, Blütenstaub, Haare, Flügel und andere Körperteile von Insekten (Stubenfliegen, Ameisen, Blattläuse, Schmetterlinge...), Fischschuppen, Federn, alle möglichen Textilfasern, gerissene Papierkanten, Staub, Zucker und Salz (insbesondere flockig kristallisiertes Fleur de Sel), Kekskrümel, die Borsten der Zahnbürste, elektronische Kleinstteile aus defekten Geräten, die Schneide eines Messers, eine Briefmarke

?

Wie beobachte ich undurchsichtige Objekte?

!

Bei manchen Objekten genügt es, sie auf die Arbeitsfläche zu legen und das Mikroskop ohne den Objektstisch darüber zu stellen. Bei flachen Objekten (z.B. bedrucktem Papier oder Stoff) stelle den Exzenterreiter so ein, dass sein kürzeres Ende nach unten zeigt. Schalte die LED-Leuchte an und drehe sie, bis das Bild am besten ist. Prüfe bei sehr kleinen Objekten, ob eine dunkle oder helle Unterlage besser geeignet ist.

?

Wie reguliere ich die Helligkeit der Leuchte?

!

Drehe die Leuchte so, dass das Objekt nicht von der Mitte, sondern mehr vom Rand des Lichtkegels berührt wird. Oder nimm die Leuchte aus ihrer Halterung und beleuchte das Objekt freihändig unter unterschiedlichen Winkeln.

?

Wie wird die Batterie der LED-Leuchte ausgetauscht?

!

In der Leuchte sind zwei Lithium-Knopfzellen vom weit verbreiteten Typ CR2032, die sehr lange halten. Zum Austausch musst du die vier kleinen Schrauben lösen, der Rest ist selbsterklärend.

?

Wie beobachte ich durchsichtige Objekte?

!

Lege den Objektstisch in den Stützring ein und drehe den Exzenterreiter so, dass das lange Ende nach unten zeigt. Das Objekt, z.B. eine sehr dünne Scheibe oder ein Insektenflügel usw., muss auf einem transparenten Objektträger liegen, z.B. aus dem Glas-Objektträger-Set von AstroMedia (Artikel Nr. 247.OTR), und wird über die Öffnung in der Mitte des Tisches geschoben. Schlichte Objektträger kannst du dir aber auch aus einer transparenten, steifen Verpackungsfolie selber zuschneiden.

Bei manchen Objekten benötigst du ein weiteres Glas zum Abdecken, z.B. wenn sie flüssig oder cremig sind und du auf diese Weise eine sehr dünne Schicht erzeugen willst.

Die Beleuchtung erfolgt über den schräg stehenden Reflektor unter der Öffnung im Objektstisch. Lege dafür die Leuchte angeschaltet neben das Mikroskop und beleuchte ihn. Sollte die Reflexion des weißen Kartons nicht genügen, kannst du auch ein Stück Aluminiumfolie auf der Reflexionsfläche anbringen.

Viele Gegenstände zeigen erst dann ihre verborgenen Geheimnisse, wenn man mit einer Rasierklinge oder einem Cuttermesser eine hauchdünne Scheibe abschneidet und diese mit Durchlicht beobachtet. Dazu gehören Pflanzenteile, Früchte, Kork u.a.m. Man kann diese Scheibchen auch mit etwas Jodtinktur aus der Apotheke einfärben, wodurch die Stärkeanteile in Pflanzenpräparaten sichtbar werden.

?

Kann ich durch das Mikroskop hindurch fotografieren?

!

O ja, und es können dabei fantastische Fotos entstehen! Das geht mit den meisten Handys, die ja oft eine sehr gute Kamera haben, und mit etwas Geschick auch aus freier Hand. Besser ist ein Stativ, dann verwackelt das Bild nicht und die Kamera hat mehr Zeit für die automatische Scharfstellung. Es gibt im Internethandel preisgünstige Stative in Kombination mit einem Selfie-Stick, der über eine Fernauslösung per Bluetooth verfügt – das ist in diesem Fall sehr praktisch. Stelle immer zunächst das Mikroskop per Auge scharf und bringe dann das Stativ in Position.

Wir wünschen dir noch viele interessante Stunden mit deinem selbstgebauten Mikroskop!

© Klaus Hünig