

# Das Farben-Mischpult

© Klaus Hünig, AstroMedia\*

## Bausatz für eine mechanische Kreiseleiche zur Erzeugung von Mischfarben

Die praktische Frage, wie sich aus vorhandenen Farben neue Farben mischen lassen, ist so alt wie die Malerei selber, doch die ersten theoretischen und systematischen Überlegungen dazu begannen erst vor etwa 500 Jahren mit Leonardo da Vinci. Seitdem haben viele Naturwissenschaftler, Maler, Psychologen und Drucktechniker bedeutende Beiträge zur Farbenlehre geleistet, darunter Isaac Newton, Johann Wolfgang von Goethe, Philipp Otto Runge, Hermann von Helmholtz, Wilhelm Ostwald, Johannes Itten und Harald Küppers.

Während das Sonnenlicht alle Farben hervorbringen kann, und zwar, wie die mit einem Prisma erzeugten Spektralfarben zeigen, mit allen Übergängen und Zwischentönen, ist es Ziel der Farbmischung, aus wenigen Grundfarben die anderen Farben für das Auge entstehen zu lassen. Dabei wird heute grundsätzlich zwischen additiver und subtraktiver Farbmischung unterschieden, bei denen auf jeweils entgegengesetzte Weise praktisch alle Farbempfindungen im Betrachter hervorgerufen werden können.

### Additive Farbmischung:

Bei diesem Verfahren werden **farbige Lichter** in den Grundfarben („Primärfarben“) **Rot**, **Grün** und **Blau** so verwendet, dass sich ihre Helligkeiten im Auge addieren, womit sich alle Farben darstellen lassen. Weiß entsteht, wenn alle drei Grundfarb-Lichter maximale Stärke erreichen. Ein Beispiel sind die Röhren- und z.T. Flachbildschirme von Fernsehgeräten und Computern: Dort wird jeder einzelne Bildpunkt („Pixel“) aus drei leuchtenden Elementen gebildet, einem roten, grünen und blauen, wie sich mit einer Lupe leicht nachprüfen lässt. Additive Farbmischung findet auch statt, wenn mit einem Beamer rotes, grünes und blaues Licht auf einer Leinwand übereinander projiziert wird. Man nennt dieses Farben-Mischsystem auch **RGB** (Rot-Grün-Blau). Je nachdem, wie stark jedes einzelne dieser farbigen Lichter ist, nimmt das Auge Mischfarben wahr: Rot und Grün (ganz ohne Blau) rufen Gelb hervor, Rot und Blau (ganz ohne Grün) Magenta, eine Art Purpur, und Grün und Blau (ganz ohne Rot) Cyan, eine helles Blaugrün. Durch Verstärken und Abschwächen von einer oder zwei der Grundfarben-Lichter können alle Zwischentöne bis zu reinem Rot, Grün oder Blau erzeugt werden. Schwächen sich alle Lichter völlig ab, ruft das den Eindruck Schwarz hervor.

Die erstaunliche Tatsache, dass diese drei Grundfarben genügen, um fast alle Farben zur Wahrnehmung zu bringen, hängt mit dem Aufbau der Netzhaut im menschlichen Auge zusammen. In ihr befinden sich neben den Stäbchen-Zellen, die nur für schwarz-weiße Helligkeitsunterschiede empfindlich sind, auch die für das Farbsehen verantwortlichen drei Arten von Zapfen-Zellen, von denen jeweils eine auf Rot, Grün und Blau reagiert.

### Subtraktive Farbmischung:

Farben erscheinen aber nicht nur da, wo sich verschiedenfarbige Lichter zu einer neuen Farbe addieren, sondern auch als Eigenschaft von Gegenständen (**Stofffarben**). Ihre Entstehung erklärt man mit **subtraktiver Farbmischung**: Wenn Tageslicht auf einen Gegenstand fällt, reflektiert er entsprechend seiner Oberflächenbeschaffenheit einen Teil des Lichtes

als Farbe und filtert den Rest heraus bzw. absorbiert ihn; es wird also etwas subtrahiert. Sehr gut reflektierende Stoffe wie hochweißes Papier oder gar Silber absorbieren fast nichts und erscheinen deshalb weiß bzw. farblos wie ein Spiegel. Neue Farben entstehen, wenn unterschiedlich farbige Stoffe gemischt werden und sich so der absorbierte Farbbereich verändert und damit auch der reflektierte. Eine Mischung aus gelber und cyanblauer Farbpaste z.B. sieht grün aus, weil nur noch grünes Licht reflektiert und der Rest (die Rot- und Blauanteile) verschluckt wird. Die Grundfarben für diese subtraktive Form der Farbmischung sind **Cyan** (Blaugrün), **Magenta** (Purpur) und **Gelb**. Cyan und Magenta (ganz ohne Gelb) rufen Blau hervor, Cyan und Gelb (ganz ohne Magenta) Grün, und Magenta und Gelb (ganz ohne Cyan) Rot. Man kann daher diese drei Farben als die Komplementärfarben zu den drei RGB-Farben bezeichnen. Eine Mischung aus allen dreien, die das Licht ganz absorbiert und nichts mehr reflektiert, ist dann schwarz. Man kürzt dieses Farben-Mischsystem auch als **CMY** (Cyan-Magenta-Yellow) ab. Seine größte technische Bedeutung hat es als **CMYK**-System für die Erstellung von Farbdrucken, wo zur Verstärkung noch reines Schwarz („K“) hinzukommt. Das auftreffende Licht wird durch die stofflich vorhandenen, aufgedruckten Farben gefiltert und in Form der gewünschten Farbmischung reflektiert. Dabei spielt jedoch die Qualität der Lichtquelle eine große Rolle: Künstliche Lichtquellen erzeugen in der Regel gegenüber dem Tageslicht deutliche Farberfälschungen, wie z.B. die Glühlampe (zu gelblich, „zu warm“) oder viele Leuchtstoffröhren und LEDs (zu bläulich, „zu kalt“). Allerdings kann unser Auge meist nach kurzer Gewöhnung diese Farbverschiebungen weitgehend zu der Empfindung „Weiß“ kompensieren.

*Zusammengefasst kann man sagen: Bei der additiven Farbmischung ergänzen sich farbige Lichter mit ihrer Leuchtkraft bis hin zum Weiß, bei der subtraktiven Farbmischung ergänzen sich farbige Stoffe mit ihren Filterwirkungen bis hin zum Schwarz.*

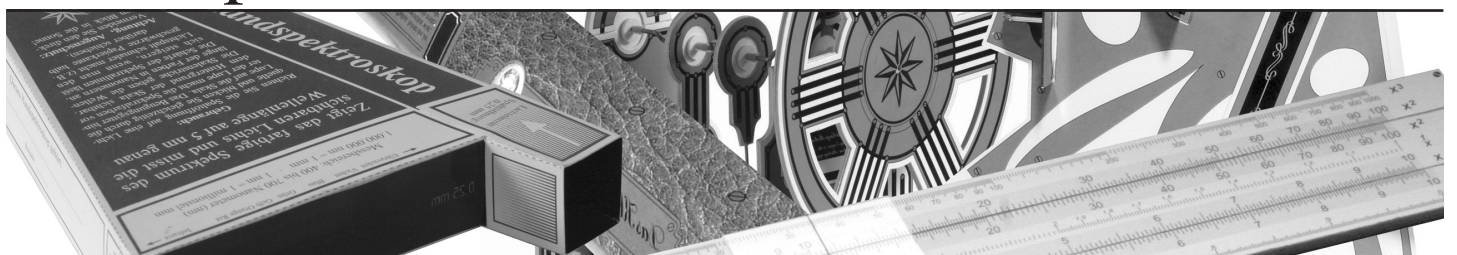
### So funktioniert das Farben-Mischpult:

Mechanisch betriebene Farbkreisel gibt es schon länger. Eine besonders interessante Variante geht auf den Schriftsteller Robert Musil („Der Mann ohne Eigenschaften“) zurück, der auch promovierter Physiker war. Die Scheibe bestand aus verschiedenfarbigen Segmenten, deren Größe sich während der Rotation verändern ließ. Mit den 4 Vollton-Farbscheiben des Farben-Mischpults lassen sich diese Versuche nachvollziehen, wenn auch die Segmentgröße nur bei stehender Scheibe verändert werden kann.

Das Farben-Mischpult nutzt beide Wege der Farbmischung: Da die Farbscheiben im Offset-Verfahren hergestellt wurden, entstehen ihre Farben durch subtraktive Mischung, denn die aufgetragenen Druckfarben absorbieren („subtrahieren“) einen Teil aus dem einfallenden Licht und reflektieren den Rest als Farbe. Wird dann eine mehrfarbige Scheibe rasch gedreht, trifft das Licht ihrer Farben schnell abwechselnd immer wieder auf die selbe Stelle im Auge. Auf Grund der Trägheit des Auges überlagern sich die Farbeindrücke, sie addieren sich, und das Auge nimmt neue Farben wahr. Allerdings reicht die Leuchtkraft von Druckfarben bei weitem nicht an die von echten Farblichtern heran, so dass bei maximalem RGB auf diese Art statt eines reinen Weiß nur ein Grau erreicht werden kann und die neuen Mischfarben etwas abgedämpft erscheinen.

Eine Besonderheit ist die schwarz-weiße Benham-Scheibe, erfunden von dem Engländer Charles E. Benham. Er brachte sie 1895 unter dem Namen „Artificial Spectrum Top“ in den Verkauf und war damit sehr erfolgreich. Sie erzeugt zarte Farbwahrnehmungen durch Überlagerung von schwarzen und weißen Empfindungen im Auge.

## Bastelspaß der Wissen schafft von AstroMedia\*



Fordern Sie jetzt unseren aktuellen **Kostenlosen Prospekt** an:

AstroMedia\*Versand • Zuckerdamm 15 • 23730 Neustadt in Holstein • Fax 04561-52 477-75 • [www.astromedia.de](http://www.astromedia.de)

## Tipps für den Zusammenbau

### Bitte vor Baubeginn lesen!

1. Die Bauanleitung wurde in **26 kleine Schritte** mit ausführlicher Beschreibung gegliedert. Das sieht auf den ersten Blick nach sehr vielen Schritten 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 insgesamt etwa 1½ bis 2 Stunden Zeit**.
2. Jedes Teil ist mit seinem **Namen** gekennzeichnet sowie einer **Teilenummer**, die aus einem Buchstaben und einer Ziffer besteht. Die **Buchstaben** in den Teilenummern sind innerhalb einer **Baugruppe** gleich. Lösen Sie am besten immer nur die Teile heraus, die Sie gerade benötigen, oder schreiben Sie die Teilenummern auf die Rückseite.
3. Es empfiehlt sich, die Teile nicht aus den Kartonbögen zu reißen, sondern die kleinen Haltestege mit einem Messer sauber **durchzuschneiden**, damit die Kanten ganz glatt werden.
4. Die Falzlinien sind teils durch eingeprägte **Nutlinien**, teils durch kleine **Perforations-schnitte** vorbereitet. Sie werden „nach vorne“ gefalzt, also zu mir hin, wenn ich auf die bedruckte Seite blicke, oder „nach hinten“, also weg von mir.
5. Die Stellen, auf die etwas geklebt wird, sind in der Regel durch **graue Flächen** gekennzeichnet.

### Dieser Bausatz enthält:

- 6 Stanzbögen Konstruktionskarton 0,4 mm mit den Bauteilen
- 2 Stanzbögen Bilderdruck 0,3 mm mit den Farbscheiben
- 4 Metallhülsen Ø 5 x 12 mm für die Wellenlager
- 2 Rundholz-Abschnitte Ø 4 x 50 mm für die Wellen von Treib- und Laufrad
- 2 Rundholz-Abschnitte Ø 4 x 25 mm für die Kurbelgriffe
- 1 Gummiring Ø 65 mm als Antriebsriemen

### Das benötigen Sie für den Zusammenbau

- Normaler lösungsmittelhaltiger **Alleskleber**, z.B. *Tesa* oder *Uhu*. Er kann für alle Teile verwendet werden. Benutzen Sie keinen sogenannten lösungsmittelfreien Alleskleber auf Wasserbasis oder Weißleim, sie weichen den Karton auf und wellen ihn. 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, um die Teile aus den Kartonbögen zu lösen.
- Eine **Schneideunterlage**, z.B. aus festem Karton (aber keine Wellpappe), oder Kunststoff oder Holz. Praktisch sind so genannte „selbstheilende“ Schneidematten, bei denen sich die Einschnitte wieder schließen.
- Einen **schwarzen Filzstift**, um einige Kartonkanten nachträglich zu schwärzen.

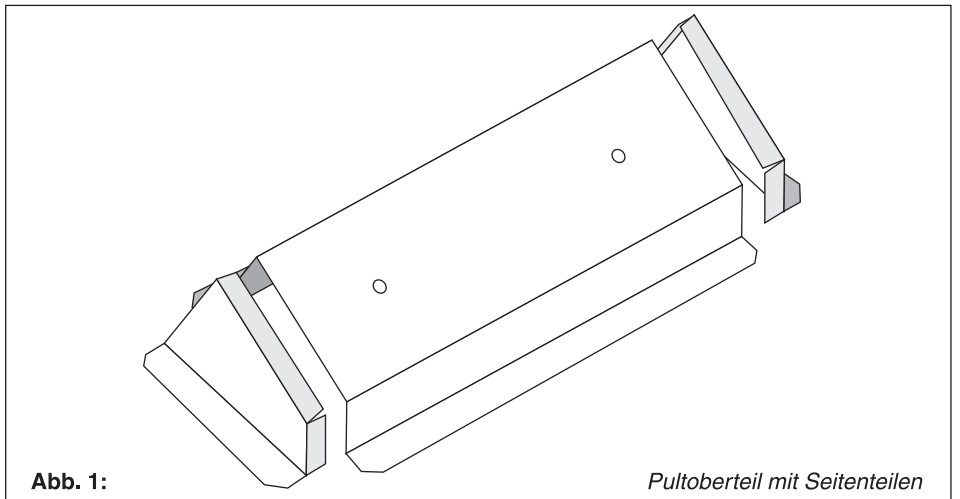


Abb. 1:

Pultoberteil mit Seitenteilen

Das Farben-Mischpult besteht aus 3 Teilen: Dem Pult, in das die Wellenlager eingebaut sind, dem Treibrad mit aufgesetzter Kurbel und dem Laufrad mit dem Farbscheiben-Träger.

### Abschnitt A: Das Pult

Das Pult besteht aus dem Oberteil [A1] mit anhängendem Vorder- und Rückteil, den zwei Seitenteilen [A2, A3], zwei unsichtbar im Inneren eingeklebten Stützen [A6, A7] und der Bodenplatte [A4, A5]. Innenstützen und Bodenplatte werden erst nach dem Einbau der Wellenlager am Ende von Abschnitt B verklebt.

**Schritt 1:** Das Pult-Oberteil [A1] hat 4 Nutlinien. Falzen Sie die beiden inneren Nutlinien nach hinten und die beiden äußeren Nutlinien, wo die Fußlaschen beginnen, nach vorne.

**Schritt 2:** Falzen Sie die grau markierten Klebelaschen des linken und des rechten Seitenteils [A2] und [A3] nach hinten und die etwas breitere Fußlasche nach vorne. Kleben Sie die Seitenteile unter die rechte und die linke Seite des Pult-Oberteils. Sie sollen genau mit dessen seitlicher Kante abschließen.

### Abschnitt B: Die Wellenlager

Die Lager für die Rundholz-Wellen von Treib- und Laufrad bestehen jeweils aus zwei in einen Kartonblock eingebauten Metallbuchsen. Die oberen Wellenlager bestehen aus runden, die unteren aus eckigen Scheiben.

**Schritt 3:** Machen Sie die Löcher in den 8 runden Lagerblock-Scheiben für das obere Wellenlager 1 [B1 bis B8] frei und kleben Sie sie kantengenau zu einem zylindrischen Block aufeinander, mit der schwarz bedruckten Scheibe oben. *TIPP: Legen Sie die 8 Scheiben nebeneinander vor sich auf die Arbeitsfläche, geben Sie auf die 7 grau markierten Scheiben Klebstoff und setzen Sie sie dann alle 8 zügig aufeinander, die schwarze zu oberst. Drücken Sie den Block etwas zusammen und stoßen Sie ihn mehrfach an der Kante auf, damit alle Scheiben bündig sind.* Kleben Sie anschließend eine der vier Metallhülsen in das Loch, indem Sie sie auf der bedruckten Seite ganz in den Block stecken, so dass sie auf der Rückseite rechtwinklig heraus ragt (Abb. 2). Es soll dabei aber kein Klebstoff in die Hülse gelangen. Schwärzen Sie die Kante des Lagerblocks mit einem Filzstift und kleben Sie dann den Block auf eine der grau markierten Kreisflächen auf der Pultoberseite, wobei die überstehende Metallhülse in das Loch gesteckt wird.

**Schritt 4:** Verfahren Sie mit den 8 Lagerblock-Scheiben für das obere Wellenlager 2 [B9 bis B16] genau so und kleben Sie den Block mit eingeklebter Metallhülse dann auf den anderen grau markierten Kreis auf der Pultoberseite.

**Schritt 5:** Entfernen Sie die Scheiben aus den vorgestanzten Löchern der 8 quadratischen Lagerblock-Scheiben für das untere Wellenlager 1 [B17 bis B24] und kleben Sie sie zu einem kantengenauen Block aufeinander und schwärzen Sie seine Kanten. Prüfen Sie, ob sich eine Metallhülse ganz in das Loch stecken lässt, und entfernen Sie sie wieder. Verfahren Sie mit den 8 quadratischen Scheiben für das untere Wellenlager 2 [B25 bis B32] genau so und legen Sie beide Lagerblöcke zur Seite.

**Schritt 6:** Falzen Sie bei der unteren Halterung für das Wellenlager 1 [B33] alle Falzlinien nach hinten. Es entsteht ein kleiner Kasten, dessen Seitenteile aber noch offen sind. Kleben Sie den Kasten aber noch nicht zusammen. Kleben Sie dann einen der beiden quadratischen Lagerblöcke auf die mit —bbb— markierte Fläche, so dass sich die Löcher genau decken. Stecken Sie nach dem Trocknen von der unbedruckten Innenseite her eine Metallhülse durch das Loch, so dass sie rechtwinklig aus dem schwarzen Lagerblock herausragt. Bauen Sie dann die Halterung zusammen: Kleben Sie die mit —aaa— markierte Lasche hinter die gegenüber liegende Kante und dann die beiden Seitenflächen auf die dazugehörigen Laschen. Es entsteht ein stabiler, genau rechtwinkliger kleiner Kasten,

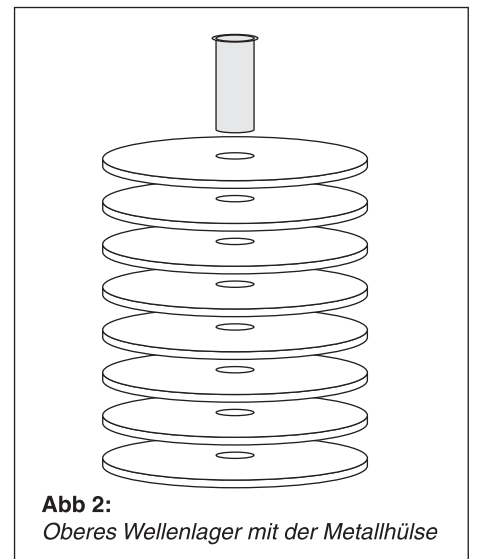
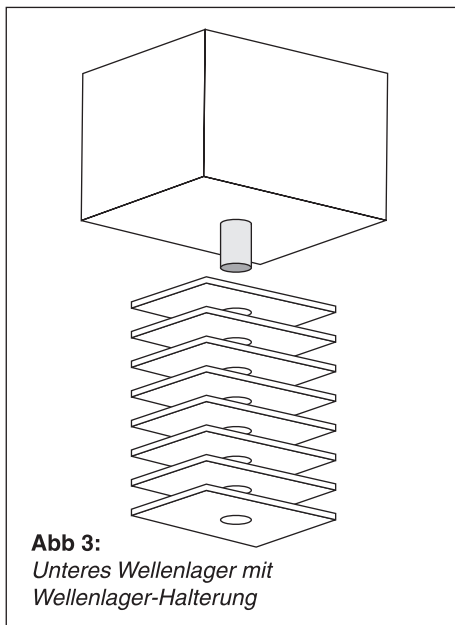


Abb 2:

Oberes Wellenlager mit der Metallhülse



**Abb 3:**  
Unteres Wellenlager mit  
Wellenlager-Halterung

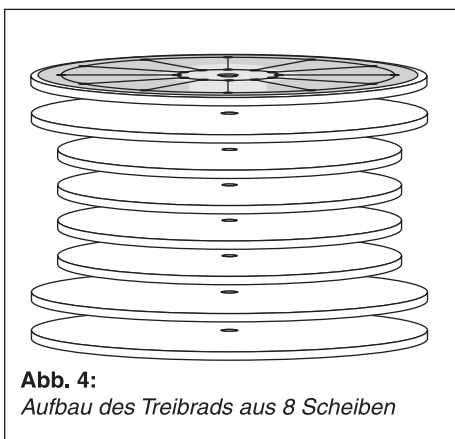
auf dessen einer Seite der quadratische Block des Wellenlagers mit der Metallhülse klebt (Abb. 3). Zum Schluss wird die Wellenlager-Halterung auf die Unterseite der Pultoberfläche geklebt, wobei das noch freie Loch auf die dort herausstehende Metallhülse gesteckt wird. Schieben Sie zum Schluss eines der längeren Rundhölzer durch beide Metallhülsen des Wellenlagers und prüfen Sie die Leichtgängigkeit.

**Schritt 7:** Bauen Sie die **untere Halterung für das Wellenlager 2 [B34]** in gleicher Weise zusammen und verwenden Sie dazu die letzte der 4 Metallhülsen und den anderen quadratischen Lagerblock. Kleben Sie dann die kleine kastenförmige Halterung wie die andere unter das Pult, wobei auch hier das Loch in der Halterung auf die dort herausragende Hülse geklebt wird.

**Schritt 8:** Falzen Sie die 3 grau markierten Laschen der beiden **Innenstützen [A6] und [A7]** nach hinten und kleben Sie sie zur Verstärkung von unten in das Pult, ungefähr neben die unteren Wellenlager.

**Schritt 9:** Kleben Sie die beiden Teile der **Bodenplatte [A4] und [A5]** mit der Rückseite gegeneinander und pressen Sie sie beim Trocknen.

**Schritt 10:** Kleben Sie anschließend das Pult mit seinen Fußlaschen auf die grau markierten Stellen der Bodenplatten-Oberseite und zum Schluss die 4 kleinen **Füllstücke [A8 bis A11]** in die Winkel, die an den Ecken von den Fußlaschen gebildet werden.



**Abb. 4:**  
Aufbau des Treibrads aus 8 Scheiben

## Abschnitt C: Das Treibrad

Das Treibrad, auf dem die im nächsten Abschnitt beschriebene Kurbel sitzt, besteht aus 8 großen Scheiben, von denen die 4 inneren etwas kleiner sind (Abb. 4). Auf diese Weise entsteht eine umlaufende Rille, die dem Gummiring eine Führung gibt. Damit sich das Treibrad nicht verwölbt, muss beim Zusammenkleben der Schichten die Laufrichtung des Kartons berücksichtigt werden (Papiere und Kartone haben eine Laufrichtung, in welcher sie sich etwas leichter wölben lassen, während sie in der um 90° versetzten Richtung steifer sind). Sie können das bei jeder Scheibe einzeln ausprobieren und dann auf der Rückseite die Laufrichtung mit einem Strich markieren. Einfacher ist es aber, wenn Sie noch vor dem Herauslösen auf der Rückseite aller großen Scheiben einen Strich parallel zur kürzeren Bogenkante machen und die Scheiben dann so zusammenkleben, dass die Striche in die gleiche Richtung zeigen.

**Schritt 11:** Kleben Sie die **Innenscheiben 1 und 2 des Treibrads [C1] und [C2]** mit den Rückseiten zusammen, wobei die Laufrichtung der beiden Scheiben gleich sein soll. Achten Sie darauf, dass die Löcher in der Mitte genau übereinander liegen. Kleben Sie dann die **Innenscheiben 3 und 4 [C3] und [C4]** in gleicher Weise zusammen und kleben Sie sie dann auf die beiden ersten Innenscheiben, so dass ein knapp 2 mm dicker Verbund aus 4 gleich großen Scheiben entsteht. Gut trocknen lassen, evtl. dabei mit einem Buch o.ä. pressen.

**Schritt 12:** Kleben Sie, ebenfalls unter Berücksichtigung der Laufrichtung, die **Außen- und die Innenseite der Oberen Führungsscheibe [C5] und [C6]** mit den Rückseiten zusammen, ebenso die **Außen- und die Innenseite der Unteren Führungsscheibe [C7] und [C8]**. Die beiden Führungsscheiben sind etwas größer als die Innenscheibe.

**Schritt 13:** Kleben Sie die Obere [C5+C6] und die Untere Führungsscheibe [C7+C8] auf die beiden Seiten der Innenscheibe [C1+C2+C3+C4]. Achten Sie dabei darauf, dass die kleinen Löcher alle genau übereinander liegen.

**Schritt 14:** Stecken Sie probeweise eines der beiden 50 mm langen Rundhölzer von der Rückseite her in das Loch. Es soll rechtwinklig aus der Rückseite der Scheibe herausragen können. Das wird die Welle des Treibrads. **TIPP:** Sie unterscheiden Rück- und Vorderseite daran, dass auf der Vorderseite die Klebefläche für die Kurbel grau markiert ist. Entfernen Sie dann das Rundholz wieder.

## Abschnitt D: Die Kurbel

Die aus 4 Schichten Karton aufgebaute Kurbel hat zwei Griffe, die unterschiedlich weit vom Drehpunkt entfernt sind. Das ist eher ungewöhnlich, hier aber zweckmäßig: Für schnelle Drehbewegungen wird der mehr innen gelegene Griff benutzt, für langsamere der äußere. Die Griffe bestehen aus 25 mm langen Rundstäben und werden mittels kleiner runder Stützblöcke auf der Kurbel befestigt (Abb. 5).

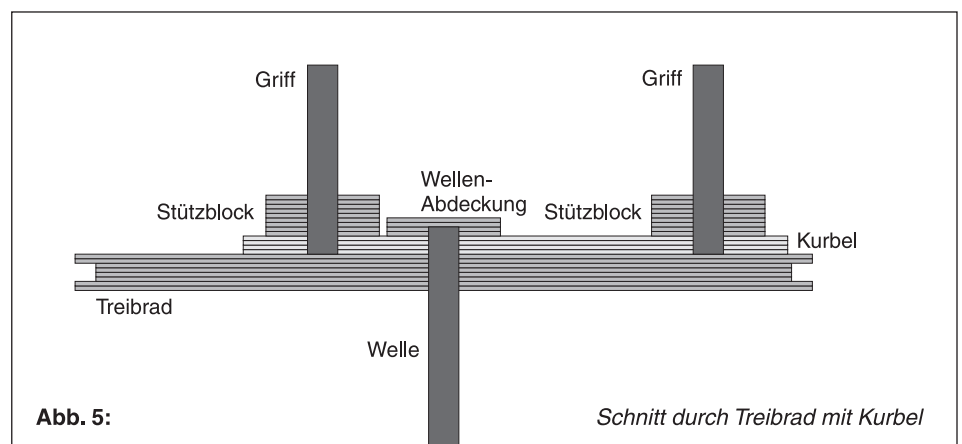
**Schritt 15:** Kleben Sie die drei **Unterteile der Kurbel [D1 bis D3]** kantengenau aufeinander und darauf das **Oberteil [D4]**. Vergewissern Sie sich, dass die kleinen Löcher genau übereinander liegen. Kleben Sie dann die beiden **Wellenhalterungen [D5] und [D6]** aufeinander und dann genau über das mittlere Loch der Kurbel.

**Schritt 16:** Kleben Sie die Kurbel so auf die grau markierte Fläche auf dem Treibrad, dass das mittlere Loch der Kurbel und das Loch im Treibrad sich genau decken. Kleben Sie dann gleich die Welle (eines der beiden 50 mm langen Rundhölzer) von hinten in das Treibrad, so dass ihr Ende genau mit der Oberfläche der Wellenhalterung auf der Kurbel abschließt. Richten Sie, noch bevor der Klebstoff ganz trocken ist, die Welle so aus, dass sie genau rechtwinklig aus dem Treibrad herausragt. Das lässt sich gut prüfen, indem sie die Welle in eines der Wellenlager im Pult stecken und das Treibrad drehen. Es darf dann nicht eiern. Gut trocknen lassen. Kleben Sie anschließend die **Wellenabdeckung [D7]** so auf die Wellenhalterung, dass das Ende der Welle darunter verschwindet, und dann darauf die **Wellenabdeckung [D8]**.

**Schritt 17:** Kleben Sie die 8 Scheiben des **Kurbelgriff-Stützblocks 1 [D9 bis D16]** aufeinander, mit der bedruckten Scheibe [D9] oben, und kleben Sie den Block auf eines der beiden verbliebenen Löcher in der Kurbel. Stecken Sie, noch bevor alles ganz festgetrocknet ist, einen der beiden 25 mm langen Kurbelgriffe mit etwas Klebstoff so tief hinein, dass er bis in das Loch der Kurbel hinein ragt. Richten Sie das Rundholz so aus, dass es rechtwinklig auf der Kurbel bzw. dem Treibrad steht. Gut trocknen lassen.

**Schritt 18:** Verfahren Sie dann mit den 8 Scheiben des **Kurbelgriff-Stützblocks 2 [D17 bis D24]** und dem anderen Kurbelgriff genau so, nur dass dieser am anderen Ende der Kurbel befestigt wird.

Damit ist das Treibrad mit der Kurbel fertig.



**Abb. 5:**

Schnitt durch Treibrad mit Kurbel

## Abschnitt E: Das Laufrad

Wie das Treibrad besteht auch das kleine Laufrad aus 4 kleineren Innenscheiben und je zwei etwas größeren Führungsscheiben, wodurch auch hier eine umlaufende Rille entsteht. Es ist gut 6 mal kleiner als das Treibrad und wird sich deshalb über 6 mal schneller als dieses drehen, wenn es über den Gummiring mit ihm verbunden ist. Es wird erst im nächsten Abschnitt unter den Farbscheiben-Träger geklebt (Abb. 6).

**Schritt 19:** Kleben Sie die 4 **Laufrad-Innenscheiben [E1 bis E4]** kantengenau zu einem Block zusammen. Kleben Sie die 2 **Führungsscheiben [E5 und E6]** mit den Rückseiten gegeneinander, ebenso die beiden anderen **Führungsscheiben [E7 und E8]**.

**Schritt 20:** Stellen Sie aus diesen 3 Teilen das Laufrad her, indem Sie die Führungsscheiben so auf die beiden Seiten der Innenscheibe kleben, dass die Löcher in der Mitte genau übereinander sitzen. Um zu kontrollieren, ob das der Fall ist, können Sie wieder provisorisch den letzten verbliebenen Rundholzabschnitt hineinstecken und prüfen, ob er rechtwinklig zur Oberfläche des Laufrads im Loch steckt. Legen Sie das Laufrad dann zur Seite.

## Abschnitt F: Der Farbscheiben-Träger

Der Farbscheiben-Träger ist eine große Scheibe mit einem gut 2 mm starken runden Halterungsblock in der Mitte. Dessen Durchmesser entspricht dem Loch in der Mitte der verschiedenen Farbscheiben, die auf diese Weise beim Auflagen zentriert werden und zugleich von der Drehung mitgenommen werden können (Abb. 6).

**Schritt 21:** Markieren Sie auch bei den 4 großen Teilen des **Farbscheiben-Trägers [F1 bis F4]** die Laufrichtung mit einem Strich auf der Rückseite.

**Schritt 22:** Kleben Sie dann zunächst die beiden grau bedruckten **Innenseiten 1 und 2 [F2 und F3]** mit den Rückseiten gegeneinander, wieder kantengenau und mit gleicher Laufrichtung, und dann auf die eine Seite die **Außenseite oben [F1]** und auf die andere Seite die **Außenseite unten [F4]**, auch diese beiden mit gleicher Laufrichtung. Lassen Sie den so entstandenen Farbscheiben-Träger gut trocknen und pressen Sie ihn dabei, um

sicherzustellen, dass er sich nicht verwölbt.

**Schritt 23:** Kleben Sie die 4 gelochten Scheiben des **Halterungsblocks [F5 bis F8]** genau aufeinander und schwärzen Sie nach dem Trocknen die Kante des Blocks mit einem Filzstift. Die ungelochte **Oberseite [F9]** wird jetzt noch nicht aufgeklebt.

**Schritt 24:** Kleben Sie den Halterungsblock [F5+F6+F7+F8] so auf die eine Seite des Farbscheiben-Trägers, dass die Löcher übereinander liegen, und prüfen Sie wieder mit dem von hinten durchgesteckten Rundholz, ob dieses rechtwinklig aus der Rückseite des Farbscheiben-Trägers herausragt. Kleben Sie dann das Rundholz in dieser Position fest, es wird damit zur Welle des Farbscheiben-Trägers. Sie soll auf der Vorderseite mit der Oberfläche des Halterungsblocks abschließen (s. Abb. 6). Stecken Sie den Farbscheiben-Träger mit seiner Welle noch vor dem endgültigen Trocknen in eines der Achslager und prüfen Sie, ob er sich ohne zu eiern dreht. Solange der Klebstoff noch nicht ganz abgebunden hat, können Sie, falls nötig, den Sitz der Welle noch leicht korrigieren. Gut trocknen lassen und dann die schwarze **Oberseite des Halterungsblocks [F9]** aufkleben und deren weiße Kartonkante einschwärzen.

**Schritt 25:** Stecken Sie das in Abschnitt E gebaute kleine Laufrad ein Stück weit auf die Welle, bringen Sie Klebstoff im Zentrum unter dem Farbscheiben-Träger an und schieben Sie dann das Laufrad weiter, bis es auf dessen Unterseite aufliegt. Prüfen Sie noch einmal, ob sich das Ganze ohne zu schlingern dreht und korrigieren Sie ggf. wieder, bevor der Klebstoff ganz ausgehärtet ist. Mit dem aufgeklebten Laufrad sind es nun 16 Schichten Karton, die der Welle ihren Halt im Farbscheiben-Träger geben. Gut trocknen lassen.

**Schritt 26:** Stecken Sie die Wellen von Treibrad und Farbscheiben-Träger in ihre Lager auf dem Pult und ziehen Sie den Gummiring über die Rillen von Treibrad und Laufrad. Prüfen Sie, ob sich der Farbscheiben-Träger leicht mitdreht, wenn die Kurbel bewegt wird. Die zwei **Verstärkungsscheiben [E9] und [E10]** werden nur dann benötigt, falls es nötig sein sollte, das Laufrad etwas über die Oberfläche des Pultes anzuheben.

*Damit ist Ihr Farben-Mischpult fertig. Herzlichen Glückwunsch! Jetzt können Sie es in Betrieb nehmen und mit den ersten Versuchen beginnen.*

## Tipps zum Spielen und Experimentieren:

- Rechtshänder bringen das Treibrad mit der Kurbel auf der rechten Seite an, Linkshänder links.
- Schnellere Umdrehungen lassen sich besser mit dem inneren Kurbelgriff erzeugen, langsamere mit dem äußeren. Für extrem hohe Geschwindigkeiten kann man den Gummiring auch mal vorübergehend statt in der Rille des Laufrades direkt auf der hölzernen Welle laufen lassen.
- Legen Sie eine der mehrfarbig bedruckten Scheiben auf den Farbscheiben-Träger, halten Sie das Pult mit der freien Hand an der Grundplatte fest und drehen Sie die Kurbel. Beobachten Sie, wie sich aus dem raschen Vorbeiziehen verschiedener Farben für das Auge neue Mischfarben ergeben.
- Bringen Sie bei den vier einfarbig bedruckten Scheiben einen radialen Schnitt vom Rand bis zum Zentrum an und stecken Sie zwei oder mehr Scheiben so ineinander, dass das Ganze aussieht wie eine einzige Scheibe mit unterschiedlich großen Farbsegmenten. Die Größe dieser Segmente kann durch Verdrehen der Scheiben beliebig variiert werden. Um einen einheitlichen Farbeindruck zu erzeugen, muss sich der Farbscheiben-Träger bei diesen Versuchen sehr schnell drehen.
- Sie können auch in allen anderen farbigen Scheiben solche Schnitte anbringen. So lassen sich dann alle Scheiben beliebig untereinander kombinieren.
- Da diese Versuche zur additiven Farbmischung gehören, müssten sich eigentlich statt gedruckter Farben selbstleuchtende farbige Lichter drehen. Ersatzweise können Sie dafür die Farbscheiben gut beleuchten, z.B. mit einem Halogenspot oder einer starken Taschenlampe, und die Umgebung möglichst dunkel halten, z.B. durch untergelegten schwarzen Karton oder ein dunkles Tischtuch.
- Besonders beeindruckend ist das Spiel mit der schwarz-weißen Benham-Scheibe. Bei nicht zu schneller Rotation (ca. 7 U/sec, das entspricht gut 1 U/sec an der Kurbel) kommt es zu zarten Farberscheinungen, die sich auch noch mit der Drehrichtung ändern. Eine mögliche Erklärung bietet Goethes Farbenlehre: Wenn Weiß von Schwarz überlagert wird, wird es in Richtung Rot herabgedämpft, und wenn Schwarz von Weiß überlagert wird, wird es in Richtung Blau aufgehellt.
- Wenn Sie Spaß am weiteren Experimentieren haben, können Sie sich auf einfachste Weise eigene Farbscheiben und auch schwarz-weiße Benham-Scheiben herstellen. Verwenden Sie dafür einfach eine der beiliegenden Scheiben als Zeichenschablone und schneiden Sie sich Scheiben aus hellweißem Papier oder Karton aus, die Sie dann nach Belieben bemalen oder bekleben. Oder Sie erstellen sich eigene Muster mit einem Computer-Zeichenprogramm (Scheibendurchmesser außen 97,5 mm, innen 20 mm). Gerne veröffentlichen wir Ihre interessantesten selbstentworfenen Farbscheiben in unserem Internetshop zum Herunterladen für andere Kunden. Schicken Sie uns Ihre Entwürfe einfach als Email-Anlage an die Adresse [service@astromedia.de](mailto:service@astromedia.de). Danke.

