

Wasserrad

OPITEC, Bestellnummer 100.906, www.opitec.ch
Modifiziert von Andreas Merz, Muotastrasse 9, 6440 Brunnen

Ergänzende Hinweise zur Bauanleitung



A. Beschrieb

Dieses funktionierende und kostengünstige Wasserrad ist ein Nachbau nach einer historischen Skizze von 1790 (New England). Es kann einzeln betrieben werden oder in Kombination mit den Modellen Leonardo da Vinci I und II (Opitec, Best. Nr. 100.917 / 100.850). Das wunderschöne Modell ist zwar recht arbeitsaufwändig und verlangt vom Schüler Ausdauer und exaktes Arbeiten. Dafür kann das Kind stolz auf sein Erzeugnis sein! Es wird eher davon abgeraten, diese Arbeit vor der 6. Klasse in Angriff nehmen (Ausdauer!). Hingegen könnten die Objekte „Wasserrad“, „Changier-“, und „Hammerwerk“ durchaus in arbeitsteilender Gruppenarbeit ab der 5. Klasse realisiert werden.

B. Instrumentelle Lernziele

- ☞ **Exaktes Aussägen** von **Sperrholzplatten** nach Schablonenvorgabe
- ☞ Einzelteile **verschleifen, anpassen** und **zusammenfügen**

- ☞ **Bohren** von Löchern mit der Tischbohrmaschine
- ☞ **Baupläne** und **3D-Esplosionszeichnungen lesen**
- ☞ *Fakultativ: Beizen oder malen, tiefgrundieren und lackieren von Holzteilen*

C. Allgemeines

Der Firma Opitec muss hier ein Kränzchen gewidmet werden: Die Bauanleitung ist knapp und gut verständlich verfasst. Die ausgezeichneten Explosionszeichnungen zu den einzelnen Arbeitsschritten können schon beinahe als selbsterklärend bezeichnet werden. Das Rohmaterial ist ausreichend bemessen, sodass auch mal ein Fehler wieder gutgemacht werden kann. Das Holz ist von guter Qualität.

Als hilfreiche Ergänzungen sind denn auch meine Anmerkungen zu verstehen: Diese sind während des Baus eines solchen Modells entstanden und geben meine Erfahrungen wieder. Spezielle Tipps sollen die weniger erfahrene Werklehrperson, aber auch die Schüler vor Misserfolgen bewahren.

D. Vorgehen

Zuerst die (numerisch verfasste) OPITEC-Bauanleitung lesen. Gleichzeitig diese Tipps konsultieren, welche jeweils unter der gleichen Titelnummer figurieren. Erst wenn ein Schritt ganz klar ist, mit dem Bau des jeweiligen Abschnittes beginnen. Es empfiehlt sich, als Lehrperson zuerst selber ein solches Modell zu bauen!

E. Bau

Zu 1.1 Schablonen verleimen

Vorgehen: Die eine Vorlagenhälfte an eine Fensterscheibe kleben (Klebband). Die zweite Schablone darüberlegen, genau ausrichten und mittels zwei kleinen Stücken Transparentklebeband provisorisch an die erste Schablone heften. Die beiden zusammengeklebten Schablonen vom Fensterglas entfernen und der strichpunktierten Linie nach entzweischneiden (Japanmesser, Lineal). die überzähligen Papierstreifen der beiden Schablonenvorlagen entfernen. Jetzt können beide Hälften zusammengeklebt werden, ohne dass sie sich überlappen! Eventuell kann diese Arbeit von der Lehrperson übernommen werden, welche davon A3-Kopien herstellt und den Schülern abgibt.

Zu 1.1 / 1.2 Schablonen aufkleben und Aussägen

Es gibt **drei Möglichkeiten**, die kleinen und grossen Räder auszusägen:

a) Vorgehen nach Gebrauchsanleitung: die Holzplatten für die zwei kleinen Räder zusammenkleben und gemeinsam aussägen. Dasselbe macht man mit den grossen Rädern.

Nachteil: werden die 8 Felder auf beiden Rädern nicht exakt identisch ausgesägt, gibt's später nach dem Zusammenleimen eines grossen mit einem kleinen Rad eventuell viel Nacharbeit im Schleifen!

b) Alle vier Holzplatten werden zusammengeklebt und die 8 Aussparungen in einem Arbeitsgang ausgesägt.

Vorteil: Bei exakt senkrechtem Sägeschnitt ergeben sich 4 völlig identische Räder. Die aufwändige Sägearbeit wird in einem Arbeitsgang erledigt.

Nachteil: alle vier Platten übereinander ergeben eine Holzstärke von 16 mm. Ist der Schüler nicht im Stande, exakt senkrecht zu sägen, so entstehen verschieden grosse Radformen und der Effekt dieser Methode ist zunichte gemacht.

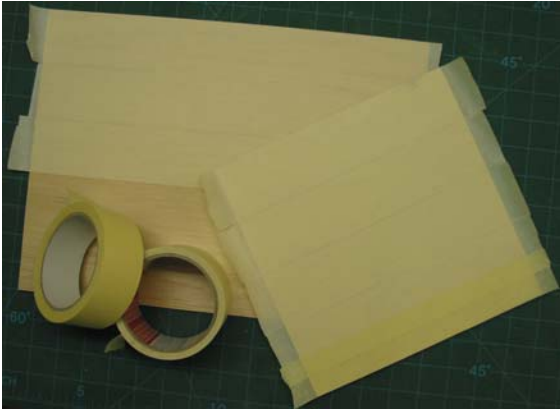
c) je ein grosses und kleines Rad werden zusammen ausgesägt.

Vorteil: die später zusammengehörenden Teile werden gemeinsam bearbeitet und stimmen zum Vorneherein überein.

Nachteil: Vorgängig etwas aufwändige Ausrichtarbeit.

Je nach dem Können der Klasse wird sich die Lehrperson für eine der drei Varianten entscheiden. Im Folgenden sind Tipps zu den einzelnen Vorgehensweisen aufgelistet.

Vorgehen a)



Zuerst die zusammengehörenden Holzbrettchen mit Malerabdeckband bekleben (eines davon einseitig, das andere beidseitig!). Die ausgeschnittene Vorlage wird jetzt z.B. mittels Pritt-Stift auf die beidseitig mit Malerabdeckband-versehene Holzplatte aufgeklebt. Nicht nur punktuell, sondern ganzflächig aufkleben! Warten, bis der Klebstoff einigermassen trocken ist, damit das feuchte Papier beim Sägen nicht aufgerissen wird. Nun werden die beiden Brettchen mit Weissleim oder Kontaktkleber flächig bestrichen und zusammengeklebt. Nach dem Aussägen und Verschleifen der Holzkanten können die Vorlagen bzw. die Brettchen dank des Abdeckbandes problemlos wieder voneinander getrennt werden.

Vorgehen b)

Wie unter a) beschrieben, die Brettchen mit Malerabdeckband bekleben, diesmal jedoch alle vier Platten beidseitig bekleben. Je zwei gleich grosse Holzplatten mit Weissleim oder Kontaktkleber zusammenleimen. Danach die beiden Papierschablonen mit Pritt-Stift ganzflächig aufkleben (grosses Rad auf die grosse, kleines Rad auf die kleine Platte).

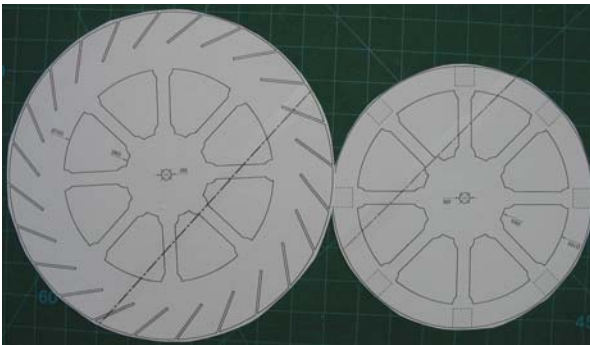
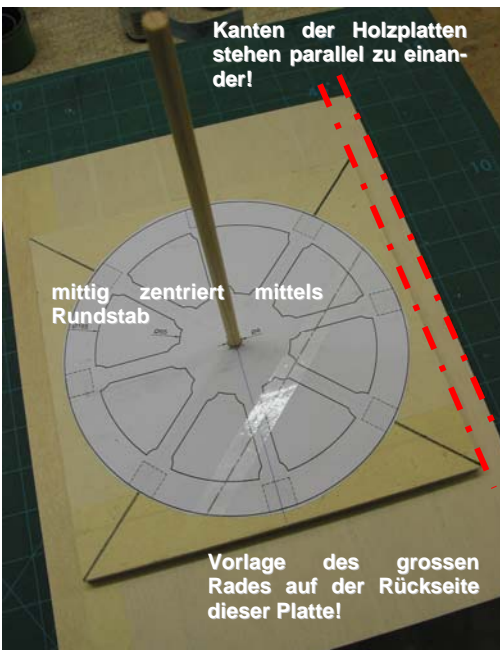


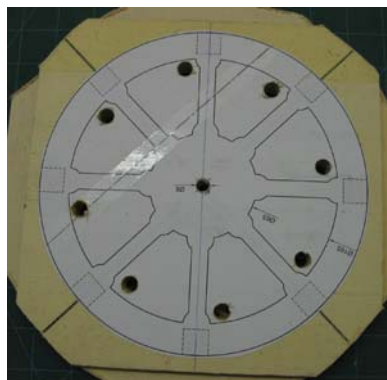
Abbildung links: Die Papierschablonen werden grob ausgeschnitten, sodass die Umrisskanten noch sichtbar sind.

Abbildung Mitte: Die Schablone des kleinen Rades wurde mittels Geodreieck so ausgerichtet, dass die waagrechte Speiche rechtwinklig zum rechten und linken Plattenrand zu liegen kommt (oder parallel zum oberen und unteren Plattenrand).

Abbildung rechts: genauso wird mit dem grossen Rad verfahren: das waagrechte Speichenpaar liegt (auf der Rückseite der Platte!) rechtwinklig, bzw. parallel zu den Holzkanten.

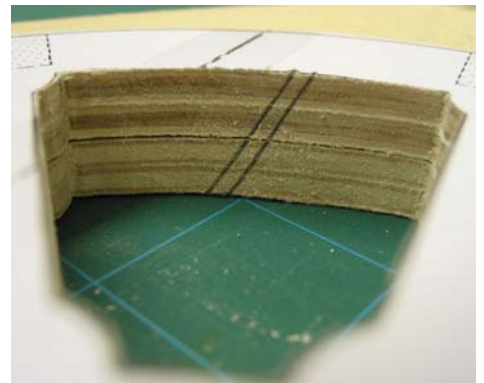
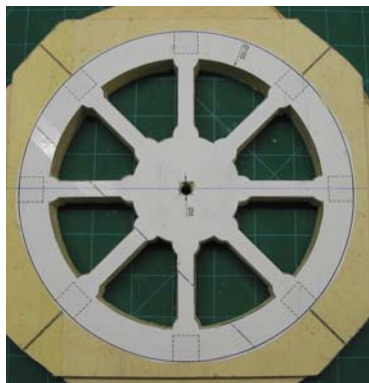


Nachdem die beiden Radmittelpunkte mit einer Ahle exakt vorgestochen worden sind, bohrt man die Mittelpunkte mit einem Schlangenbohrer $\varnothing 8$ mm aus. Die Lochung hilft nun, mittels des Rundstabes $\varnothing 8$ mm die beiden verklebten Holzplatten genau aufeinander auszurichten und ebenfalls zu verkleben. Das ganze Prozedere hat den Sinn, dass die Lage der Schaufelaussparungen zu den Radspeichen beibehalten wird.



Jetzt kann der Rundstab entfernt werden. In jedes der 8 Segmente wird ein Loch gebohrt, damit das Laubsägeblatt jeweils eingeführt werden kann.

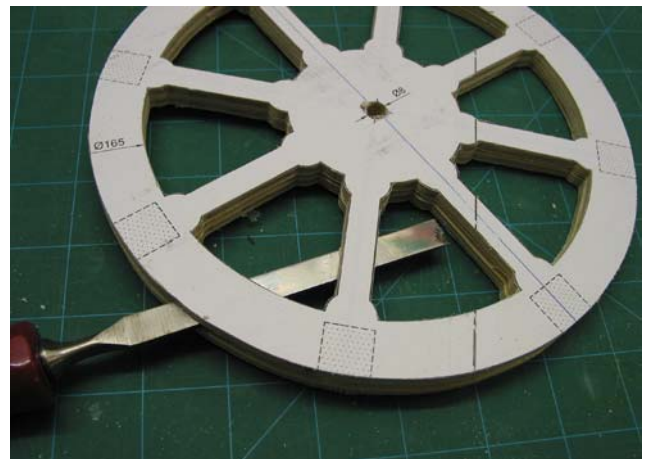
Beim Aussägen der Aussparungen ist strikte darauf zu achten, dass der Laubsägebogen absolut senkrecht gehalten wird!!



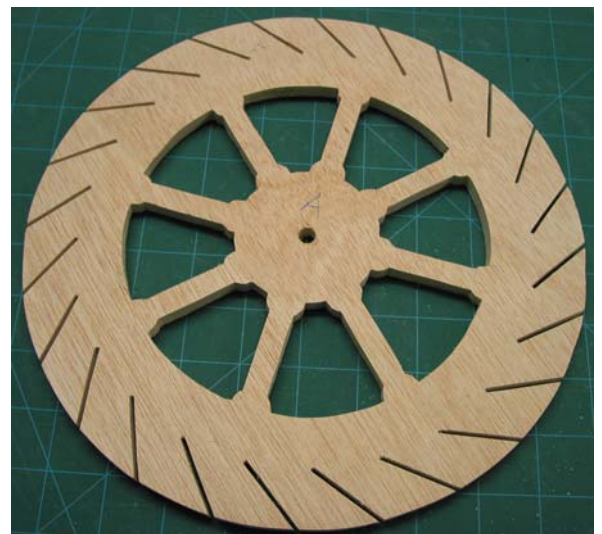
Nach und nach (oder erst am Schluss der Sägearbeiten) werden nun die einzelnen Segmente mit Flach-, Rundfeile und Schleifpapier versäubert. Die Umrisslinien helfen dabei. Ein Segment wird markiert (Abbildung rechts), damit beim späteren Zusammenleimen wieder die gleichen Aussparungen aufeinander zu liegen kommen. Der Kreis wird vorerst noch nicht ausgesägt!



Mit einem Stechbeitel, Schraubenzieher o.ä. werden danach die vier Platten in der Mitte getrennt. Das heisst, wir trennen die grossen von den kleineren Rädern. Die Räder gleicher Grössen bleiben aber noch zusammen! Jetzt erst werden die Umrisse der Räder ausgesägt. Langsames, exaktes Arbeiten!



Sind die kleinen Räder komplett ausgesägt, werden die Umrisse verschliffen. Wiederum mit einem Stechbeitel werden nun die beiden Räder voneinander getrennt. Sämtliche Klebebänder samt Schablonen werden entfernt.

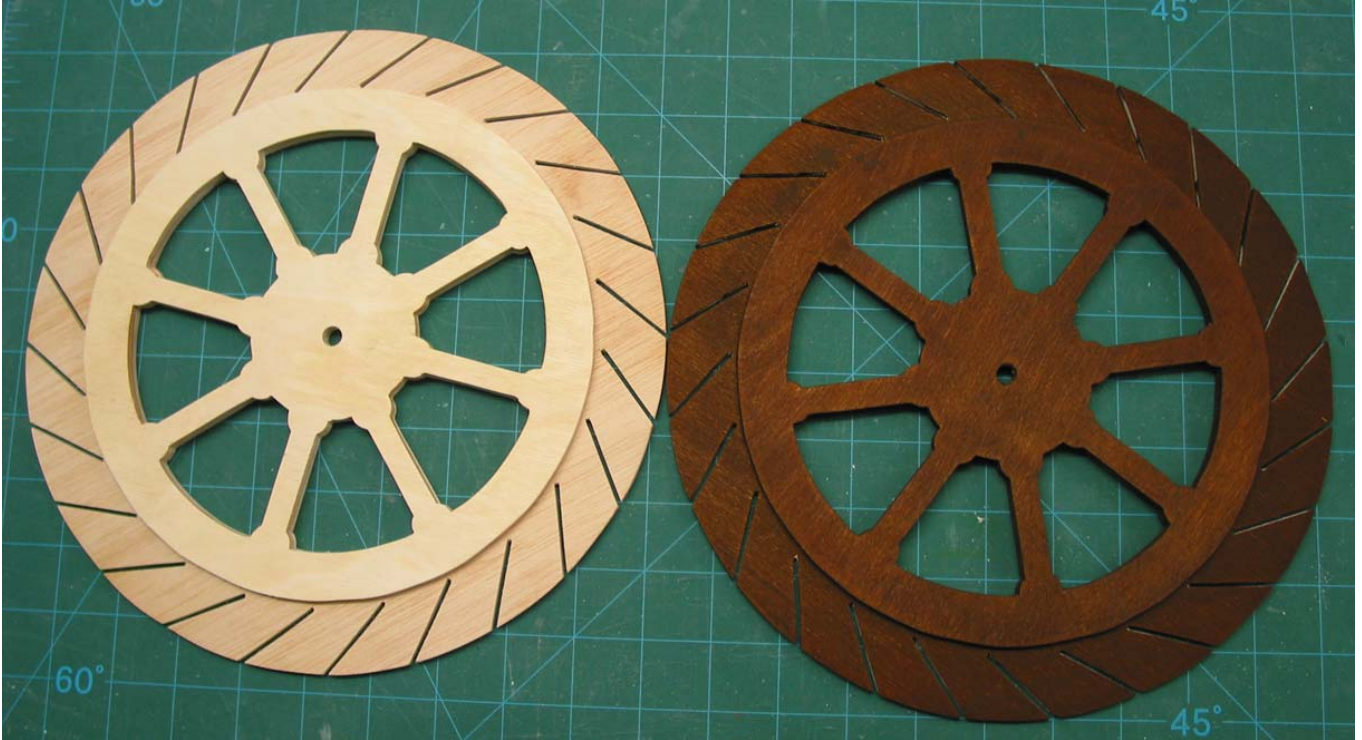


Bei den beiden grossen Rädern hingegen müssen zuerst noch alle Schlitz für die Schaufelräder mit der Laubsäge herausgeschnitten werden. Mittels einem Streifen des 1.5 mm starken Sperrholzes (Pos. 4) wird überprüft, ob die Schlitz breit genug sind. Nötigenfalls ist mit einer Nadelfeile (flach) leicht zu korrigierten. Das Sperrholz sollte ohne „Murks“ in die einzelnen Schlitz geschoben werden können! Ist diese Arbeit erledigt, können auch die beiden grossen Räder voneinander getrennt und Klebebänder und Schablone entfernt werden.

Vorgehen c)

Bei dieser Variante geht man praktisch gleich vor wie unter b) beschrieben, jedoch klebt man je ein grosses mit einem kleinen Rad ausgerichtet aufeinander. Hiefür müssen die Radschablonen zusätzlich einmal fotokopiert werden, da ja zwei Doppelplatten mit je einem grossen und kleinen Rad aufeinander zu liegen kommen. Die Säge- und Verschleifarbeiten verdoppeln sich, dafür muss der Schüler nur eine Holzstärke von 8 mm (2 x 4 mm) aussägen. Der Vorteil dieser Variante liegt darin, dass man – entgegen dem Vorgehen a) – diejenigen Räder gemeinsam bearbeitet, welche später auch passend zusammengeleimt werden müssen.

Zu 2. Zusammenbau der Räder



Beim Zusammenkleben des grossen mit dem kleinen Rad beachtet man, dass die angebrachten Markierungen (Abbildung S. 4, oben rechts) wieder aufeinander zu liegen kommen. Dadurch wird eine optimale Passgenauigkeit erreicht. Allenfalls muss noch etwas nachgearbeitet werden, bis die Radspeichen perfekt übereinstimmen. Zusätzlich wird der Rundstab zur Zentrierung eingesetzt. Sollte das Rad später im Wasser funktionieren, empfiehlt es sich, wasserfesten Weissleim zu benutzen!

Spätestens jetzt muss sich die Lehrperson Gedanken über die farbliche Ausgestaltung machen. Belässt man das Wasserrad in der Naturfarbe, wird es bemalt? Da es sich um ein „antikes Stück“ handelt, wurde hier eine dunkle Beize (Eiche, Buche, Kastanie) gewählt. Unter Punkt 8. wird das Beizen beschrieben!

Zu 3. / 4. Herstellung und Montage der Querstreben

Die 8 Querstreben 15 x 15 x 27 mm werden am besten auf der Präzisions-Gehrungssäge abgelängt. Vorgehen: Erstes Stück einmessen, absägen. Zweites Stück einmessen, absägen usw. Werden direkt alle 8 Stücke eingemessen und abgesägt, so verliert man infolge der Sägeblattstärke jeweils ca. 1 mm an Länge. Am Schluss die 8 Klötzchen genau ausrichten und kontrollieren, ob sie alle gleich lang sind. Nötigenfalls etwas nacharbeiten!

Zu 5. Verleimen der Räder

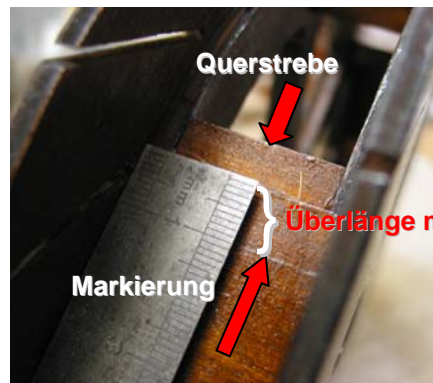
Darauf achten, dass die Querstreben exakt in der Mitte der Speichen und bündig zum Rand des kleinen Rades ausgerichtet werden. Sollte das Rad später im Wasser funktionieren, empfiehlt es sich, wasserfesten Weissleim zu benutzen!



Zu 6. Herstellen der Rundung

Ein Messen erübrigt sich, wenn nach folgender Methode vorgegangen wird:

Der erste Sperrholzstreifen wird provisorisch eingelegt. Der Streifen darf ruhig etwas „harzig“ zwischen den beiden Rädern aufliegen. Ev. in der Breite abschleifen, wenn er gar nicht zwischen die beiden Räder passt. Das eine Ende wird dabei mittig auf eine Querstrebe ausgerichtet. Das andere Ende sollte auf der gegenüberliegenden Seite ebenfalls auf die Mitte einer Strebe zu liegen kommen. Nötigenfalls wird der Streifen etwas gekürzt. Mit je zwei kleinen Schraubchen werden nun die beiden Enden provisorisch festgeschraubt. Dabei wird beachtet, den Sperrholzstreifen möglichst straff zu ziehen, damit er optimal auf allen Streben aufliegt. Danach wird der zweite Sperrholzstreifen nahtlos an das eine Ende des ersten Streifens angelegt und ebenfalls straff „abgewickelt“. Da der Streifen zu lang ist, wird er den bereits montierten Streifen überlappen. Es gilt nun, die Überlänge festzustellen.



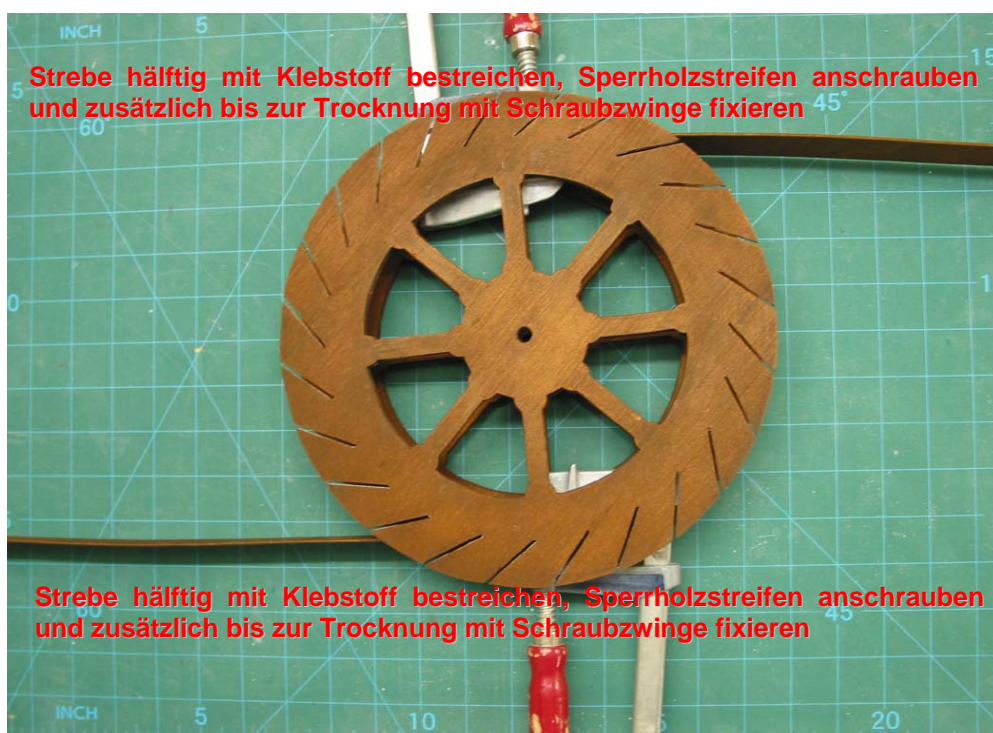
Montage des zweiten Streifens:

Abbildung links: der 2. Streifen wurde angelegt. Er ist zu lang und ragt deshalb über den bereits montierten hinaus. Mit einem Bleistift wird das Ende markiert.

Abbildung Mitte: Der Streifen wurde wieder entfernt. Nun kann die Überlänge nachgemessen werden.

Abbildung rechts: Die gemessene Überlänge wird auf den zweiten Streifen übertragen und mit dem Cutter abgeschnitten. Nun sollten die beiden Streifen nahtlos aneinanderpassen!

Sind diese Vorarbeiten getätigt, kann mit der definitiven Verklebung begonnen werden. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht dies:



Sobald die Klebestellen angetrocknet sind, können die Schraubzwingen entfernt werden. Nun werden alle Querstreben sowie beide Ränder des kleinen Rades mit Weissleim (wasserfest) bestrichen. Die beiden Streifen werden straff eingelegt und an den anderen Enden ebenfalls mit den Schraubchen befestigt. Damit die Rundung überall auf den Streben aufliegt, wird das Ganze zusätzlich mit straff gespannten Schnüren (Partnerarbeit!) gesichert.



Zu 7. Herstellung und Verleimen der Schaufeln

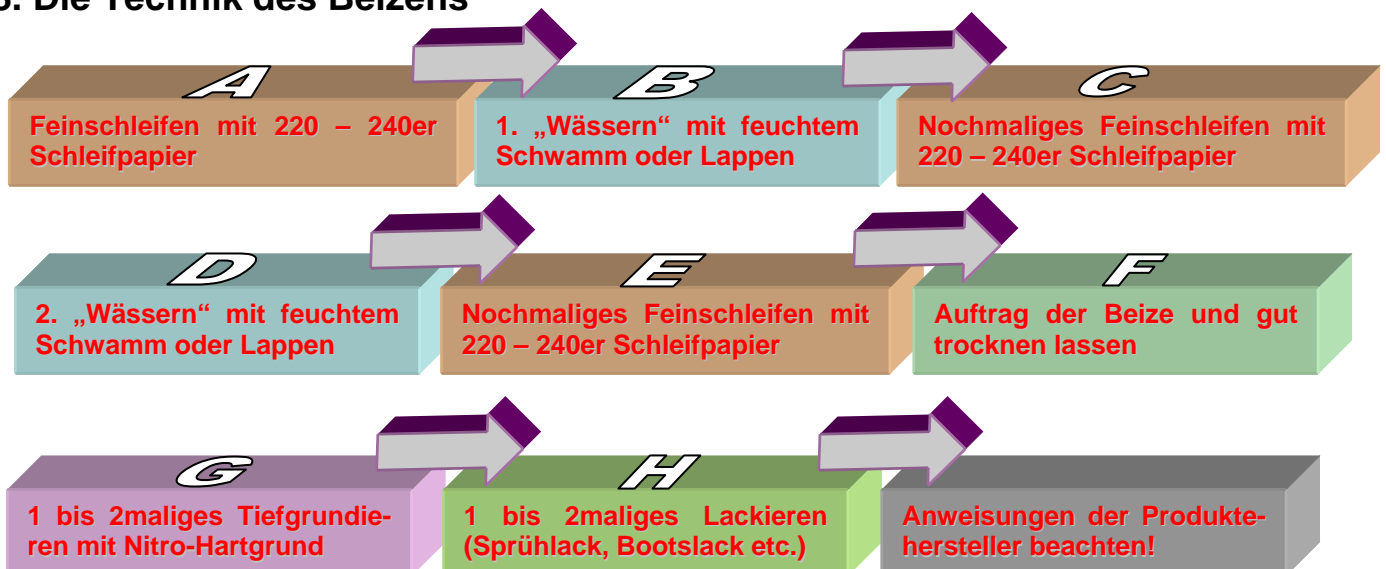


Die verbleibenden vier Sperrholzstreifen werden als nächstes in 24 Einzelplättchen von je 43 mm abgelängt. Die Sägeschnitte müssen möglichst im Rechten Winkel erfolgen (Schreinerwinkel als Anschlag!). Das 1.5 mm starke Sperrholz kann jedoch auch mit dem Japanmesser geschnitten werden (Eisenmassstab benutzen).

Die Sperrholzstreifen wurden vor dem Abschneiden bereits gebeizt, da die eingeleimten Schaufeln - nachträglich gebeizt - mit dem Pinsel nicht mehr so gut erreicht werden könnten. Stück für Stück wird nun eingepasst und verleimt. Am Schluss verschleift man eventuell seitlich vorstehendes Holz. Auch der Umfang des Rades wird verschliffen, sodass alle Schaufelräder bündig mit dem Rad abschliessen.

Wie eingangs erwähnt, bietet sich für dieses „alte Stück“ eine dunkle Beize an. Der Vorgang des Beizens ist im Folgenden beschrieben.

8. Die Technik des Beizens



A und E: Feinschleifen

Dieses geschieht mit Schleifpapier verschiedener Körnungen. Es existieren Schleifpapiere der Körnungen 50 (sehr grob) bis 400 (sehr fein) und mehr. Die Zahl bedeutet die Anzahl der Sand- oder Quarzkörner pro cm² Papier. Je höher also die Zahl, desto feiner ist die Körnung.

Für Polyester, GFK (glasfaserverstärkte Kunststoffe), Acrylglas und Metalle benutzt man häufig auch die sog. Nassschleifpapiere. Hier sind die Körner oft auf einem leinenartigen Träger aufgebracht. Wie der Name aussagt, wird das Schleifpapier tiefend nass geführt. Körnungen bis 1000 (!) ermöglichen – in Kombination mit Schleifpaste - sehr feine Polituren.

Im schulischen Holzbau arbeitet man gewöhnlich mit Schmirgelpapier in den Körnungen 80 bis etwa 240. Schleifpapier ist relativ teuer, die Kinder sollten deshalb zur Sparsamkeit angehalten werden.

Plane Holzoberflächen sollten unbedingt mit einem Schleifklotz geschmirgelt werden. Bei groben Schleifpapieren ist der Schleifklotz immer in der Richtung der Holzfasern (Kratzspuren!), bei feineren Papieren auch kreisförmig zu führen. Abfasen (Brechen von Kanten) geht ebenfalls am einfachsten mit dem Schleifklotz, wobei man darauf achtet, dass der Klotz immer in der gleichen Schräglage gehalten wird.

B und D: Wässern

Würde man nach dem Feinschleifen sofort die Beize auftragen, hätten wir nach deren Trocknung eine sehr grobe und faserige Oberfläche. Die mikroskopisch kleinen Holzfasern wurden beim Schleifen zwar platt gedrückt, richten sich jedoch nach dem Auftrag der Lasur wieder auf. Man kann sich das auch bildhaft vorstellen: Niedergetretenes, hohes Gras richtet sich nach einer Nacht unter der Mithilfe des Frühlings wieder auf. Deshalb wässern wir das zu beizende Holz vorgängig. Dies geschieht mit einem feuchten Lappen oder Schwamm: Das Holzteil wird also nach dem Schleifen einfach „abgewaschen“. Allerdings sollte das Wasser nicht tiefend nass aufgetragen werden. Die Trocknungszeit würde sich unnötig in die Länge ziehen und das Holz könnte sich im schlimmsten Falle verziehen. Das so behandelte Holz wird nun bis zur restlosen Trocknung weggelegt. Nach nochmaligem Feinschleifen erfolgt diese Prozedur nochmals, dann ist das Holz zum Beizen parat.

F: Beizen

Im Gegensatz zum (deckenden) Bemalen bleibt beim Beizen die Holzstruktur sichtbar. Beize ist also transparent, lasierend. Je nach Farbe, Verdünnung, bzw. Anzahl der Beizestriche kann die Intensität der Farbe beliebig gewählt werden. Beize ist entweder in Pulverform, oder aber als fertige Lasur (nicht zu verwechseln mit Holzschutzlasur!) in den verschiedensten Farben im Handel erhältlich. Da Beize dünnflüssig wie Wasser ist, muss der Arbeitsplatz entsprechend vorbereitet werden (Abdeckungen!). Am besten tragen die Schüler Gummihandschuhe, da Beize sofort in die Haut eindringt und schwer abwaschbar ist. Selbstredend sind Arbeitsschürzen für die Kinder obligatorisch! Aufgetragene Beize ist nicht wasserfest, deshalb muss das gefärbte Holz nach der Trocknung mit Lackanstrichen fixiert werden. Beizen ist arbeitsintensiver als das bloße Bemalen. Hingegen können damit recht professionelle Ergebnisse erzielt werden!

Beize hat den Nachteil, dass sie auf klebstoffverschmierten Flächen nicht mehr ins Holz eindringen kann. Unschöne Flecken sind die Folge. Man sollte sich also vorher überlegen, ob die Werkteile nicht allenfalls schon vor dem Zusammenkleben einzeln gebeizt werden können. Im vorliegenden Fall des Wasserrades ist dies teilweise so gemacht worden.

Wenn dies zu aufwändig erscheint, ist darauf zu achten, dass die Schüler möglichst wenig Leim zum Kleben benutzen und allfällig seitlich ausgetretener Klebstoff sofort und gründlich mit einem Lappen weggewischt wird.

Will man verschiedene Farben in einem Objekt einsetzen, dann müssen die Teile einzeln eingefärbt werden. Man kann beispielsweise eine Holzplatte nicht zweifarbig beizen, da die Farben sofort ineinander verlaufen würden.

Der Farbauftrag ist manchmal nicht ganz einfach, da – je nach Farbe – diese zu Schlierenbildung (Flecken) tendiert. Es ist deshalb mit dem Pinsel zügig und mit möglichst langen, in einer

Richtung erfolgenden Pinselbewegungen zu arbeiten. Auf dem Markt sind spezielle Lasierpinsel mit sehr feinen Kunststoffhaaren erhältlich. In der Schule reichen gewöhnliche Pinsel jedoch völlig aus. Man sollte lediglich darauf achten, dass die eingesetzten Pinsel absolut sauber und nicht verklebt sind. Für ganz grosse Flächen kann auch ein Schwamm benutzt werden. Ist die Beize restlos eingetrocknet, kann sie fixiert werden.

G Tiefgrundieren

Tiefgrund auf Acryl- oder Nitrobasis bewirkt, dass die Holzporen verschlossen werden. Die Oberfläche des Holzes wird sozusagen versiegelt. Tiefgrund wird wie die Beize mit dem Pinsel aufgetragen. Das Mittel dringt dabei tief ins Holz ein. Danach lässt man das Objekt vollständig trocknen. Nach kurzem, feinem Anschleifen (Vorsicht: Beize nicht wieder wegschleifen!!) erfolgt ein zweiter, ev. sogar ein dritter Anstrich. Der nachfolgende Lackauftrag wirkt dann viel feiner. Zudem bewirkt das Tiefgrundieren, dass man mit einem Minimum an (meist sehr teurem) Sprühlack auskommt. Die Pinsel sind – je nach eingesetztem Produkt – mit Wasser, Nitroverdüner oder Pinselreiniger auszuwaschen.

Erfahrungsgemäss tragen die Schüler meist viel zu viel Tiefgrund pro Anstrich auf. Die Kinder anhalten, nur wenig Tiefgrund auf den Pinsel zu nehmen, diesen jedoch mit mehrfachen Pinselbewegungen regelrecht ins Holz „einzumassieren“! Die Trocknungszeiten verkürzen sich dadurch massiv.

H Lackieren

Damit wird eine endgültige Oberflächenversiegelung erzielt. Im Handel sind Lacke erhältlich, die der Holzoberfläche ein glänzendes, ein mattseidenes oder gar ein mattes, dumpfes Aussehen verschaffen. Auch hier sind unzählige Produkte erhältlich: Nitrolacke, Kunstharzlacke, Acryllacke. Am schnellsten trocknen Nitro- oder Acryllacke. Sie werden entweder mit dem Pinsel oder mit der Sprühdose aufgetragen. Lacke sollten sparsam, dafür in mehreren Schichten aufgetragen werden (2-3 Anstriche genügen meistens). Profis schleifen eine getrocknete Schicht jeweils leicht an, bevor die nächste aufgespritzt oder –gepinselt wird. Über Trocken- und Wartezeiten sind jeweils die Herstellerinformationen zu beachten.



Das Rad (zweimal gewässert) wurde vorerst einmal nur auf der Innenseite gebeizt, damit später an der Aussen-seite des Rades noch Schleifarbeiten vorgenommen werden können (Einsetzen der Radschaufeln!). Auch die acht Querstreben können vor dem Aufkleben gebeizt werden.



Ebenso werden die Sperrholzstreifen vorgängig gebeizt. Ein Beizen nach dem Zusammensetzen hätte sich als schwierig erwiesen (Zugänglichkeit mit dem Pinsel oder mit der Sprühdose). Der farbliche Unterschied der Streifen zum Rad rührt daher, weil das Rad zweimal gebeizt wurde, die Streifen zum Zeitpunkt der Aufnahme jedoch erst einen Anstrich aufwiesen.