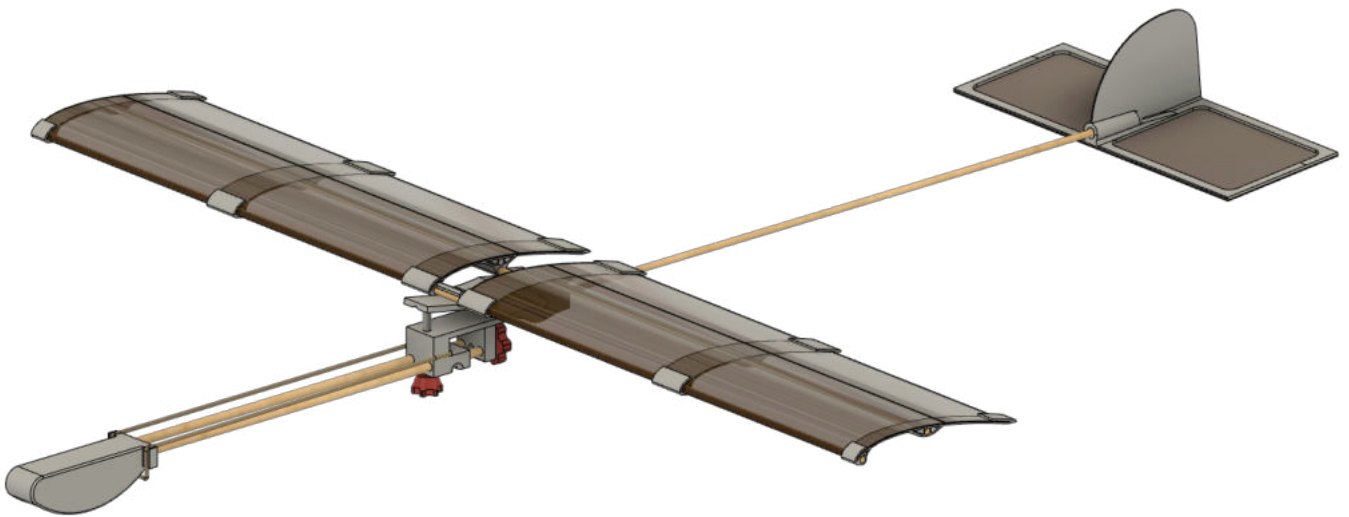


Modellflugzeug aus dem 3D-Drucker



BAUANLEITUNG

EINLEITUNG

Um das Phänomen des Fliegens von Flugzeugen im Unterricht experimentell einzubinden, kann man Modellflugzeuge verwenden. Diese sind jedoch häufig kostspielig und erfordern einen hohen Zeitaufwand im Bau. Das in der Bauanleitung verwendete Modellflugzeug (Abbildung 1) stellt eine Möglichkeit dar, den Bau und den Einsatz schulgerecht für den Unterricht zu ermöglichen. Die Wahl der Materialien und die Art der Konstruktion ermöglicht dabei einen verhältnismäßig schnellen Bau und eine für die Schule angemessene Robustheit. Für den Fall, dass Teile an dem Flugzeug kaputt gehen sollten, lassen sich diese leicht austauschen oder reparieren.

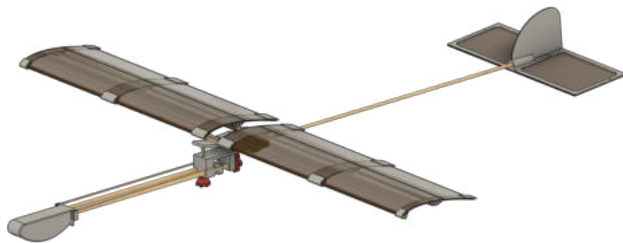


Abb. 1: 3D Darstellung des zu bauenden 3D Flugzeugs

Das Flugzeug ermöglicht zusätzlich ein isoliertes Betrachten von Einflussfaktoren auf das Flugverhalten. Durch den Austausch von Rumpfhölzern lässt sich der Schwerpunkt verlagern, durch das Bedienen einer Schraube lässt sich der Anstellwinkel der Tragfläche verändern und durch einen einfachen Einspannmechanismus lässt sich die Tragfläche austauschen, um unterschiedliche Tragflächenprofile zu testen.

MATERIAL

Die Wahl des Materials für das Modellflugzeug wurde auf 3D-Druck und auf übliche Bastelmaterialien beschränkt. Durch diese Einschränkung der Materialien ist einerseits das Beschaffen der Materialien vereinfacht, andererseits aber auch der Preis für ein Modellflugzeug sehr gering. Ausgehend davon, dass man die Materialien in größeren Paketen kauft und davon nur einen Teil pro Flugzeug verwendet, kostet ein Modellflugzeug etwa 3€.

3D-Druck

Die 3D gedruckten Materialien müssen mit bestimmten Einstellungen gedruckt werden, damit die Gewichtsverteilung am Flugzeug passt und der Druck generell gelingen kann. Alle Teile des Modellflugzeuges werden dabei mit folgenden Einstellungen gedruckt:

3D-Druck Parameter

- ▷ 2 innere Wandlinien
- ▷ 2 äußere Wandlinien
- ▷ 2 untere Schichten
- ▷ 2 obere Schichten

Für die Teile wird ein unterschiedlicher Infill verwendet. Die Nase

und die Schraubenaufsätze werden mit 50% Infill erstellt und die restlichen Teile mit 15% Infill. Für das Leitwerk und die Tragflächenrippen sollte zusätzlich eine verminderte Druckgeschwindigkeit verwendet werden. Die .stl Dateien sind auf der Internetseite von Physikkommunizieren zu finden.

<https://physikkommunizieren.de/3d-druck/flugzeug/>

Gewinde

Für das Modellflugzeug werden M3 Gewindeeinsätze verwendet, die man mit einem heißen Lötkolben in das Material eindrücken kann.

Verstrebungen

Als Verstrebungen werden bei dem Modellflugzeug Rundhölzer verwendet. Für die Tragflächen werden runde SSchasklikspieße" (d=2,5 mm) aus dem Supermarkt verwendet. Für den Rumpf werden zusätzlich ein 4 mm und ein 5 mm Buchenrundholz der Länge 1000 mm zum Beispiel von der Firma Opitex verwendet.

Tragfläche

Für die Tragfläche wird Laminierfolie verwendet. Die Laminierfolie wird unlaminert aufgetrennt und die einzelnen Seiten werden verwendet. Damit die Tragflächen stabil genug sind und sich ebenso leicht herstellen lassen, muss die Laminierfolie steif genug sein. Für ein gutes Ergebnis sollte Laminierfolie von mindestens 150 mic (2x75) verwendet werden.

Gummibänder

Gummibänder geben dem Modellflugzeug an relevanten Stellen den ausreichenden Halt. Für das Modellflugzeug wurden Gummibänder mit einer Dicke von 1,4 mm und einem Durchmesser von 38mm verwendet.

Schrauben

Für das Modellflugzeug werden drei Schrauben benötigt. Eine M3x20 Schraube und zwei M3x40 Schrauben, jeweils mit einem Außensechskant am Kopf.

MATERIAL- UND WERKZEUGLISTE

3D-Druck

- ▷ 1x Leitwerk
- ▷ 1x Nase
- ▷ 1x Rumpfmittelstück
- ▷ 1x Schieberegler
- ▷ 1x Schraubenkopf GV
- ▷ 1x Schraubenkopf HV
- ▷ 1x Tragflächenaufhängung
- ▷ 2x Tragflächenerippe außen
- ▷ 2x Tragflächenrippe mittig
- ▷ 2x Tragflächenrippe innen
- ▷ opt. 2x plane Tragflächenrippe außen
- ▷ opt. 4x plane Tragflächenrippe innen und mittig

Material

- ▷ 1x 4 mm x 1000 mm Rundholz
- ▷ 1x 5 mm x 1000 mm Rundholz
- ▷ 3x DIN A4 aufgetrennte Laminierfolie
- ▷ 10x 2,5 mm x 300 mm SSchasklikspieße"
- ▷ 2x M3 x 40 Sechskantschraube
- ▷ 1x M3 x 20 Sechskantschraube
- ▷ 3x M3 Gewindeeinsatz
- ▷ 3x Gummibänder (Maße s.o.)

Werkzeug

- ▷ 1x LötKolben
- ▷ 1x langes Lineal (50cm)
- ▷ Cuttermesser
- ▷ doppelsetiges Klebeband
- ▷ Folienstift
- ▷ Schere
- ▷ Bleistift
- ▷ (Zange)
- ▷ Flüssigkleber

I. DAS LEITWERK

Material



Abb. 2: 3D-gedrucktes Leitwerk

- ▷ Laminierfolie
- ▷ 5 mm Rundholz

Werkzeug

- ▷ langes Lineal (50 cm)
- ▷ Cuttermesser
- ▷ Doppelseitiges Klebeband
- ▷ Folienstift
- ▷ Schere

Vorbereitung der Materialien

- (1) Markiere am 5 mm Rundholzstab eine Länge von 37 cm. Kürze an der Stelle das Rundholz mit einem Cuttermesser.
- (2) Markiere ein 9 cm x 22 cm großes Rechteck auf der Laminierfolie. Schneide entlang der Kontur mit einer Schere das Stück Folie heraus.

Bespannen des Leitwerks

- (1) Beklebe die Unterseite des Leitwerks mit doppelseitigem Klebeband.
- (2) Entferne die überstehenden Stellen mit dem Cuttermesser (Abbildung 3).



Abb. 3: Doppelseitiges Klebeband auf der Unterseite des Leitwerks.

- (3) Entferne die Schicht über dem Klebeband.
- (4) Klebe das Leitwerk auf das Stück Laminierfolie, sodass an allen Rändern des Leitwerks etwas von der Folie übersteht (Abbildung 4).
- (5) Presse das Leitwerk vorsichtig auf die Folie.

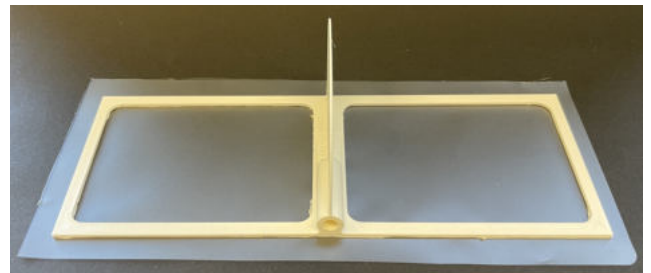


Abb. 4: Das Leitwerk wird mit Laminierfolie bespannt.

- (6) Schneide die überstehenden Stücke der Folie ab.
- (7) Stecke vorsichtig das 5mm Rundholz in das dafür vorgesehene Loch im Leitwerk (Abbildung 5).

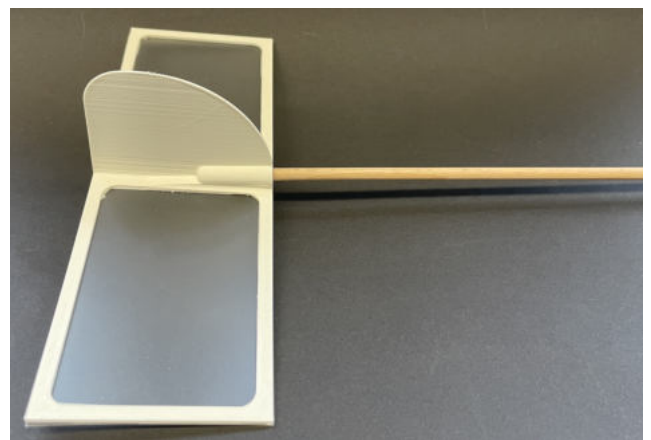


Abb. 5: Das Leitwerk wird mit dem 5mm Rundholz verbunden.

II. DER RUMPF

Material



Abb. 6: 3D-gedruckte Nase

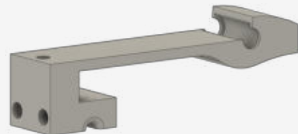


Abb. 7: 3D-gedrucktes Rumpfmittelstück



Abb. 8: 3D-gedruckte Tragflächenaufhängung



Abb. 9: 3D-gedruckte Schraubeaufsätze

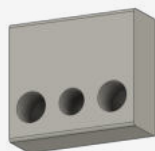


Abb. 10: 3D-gedruckter Schieberegeler

- ▷ 4 mm Rundholz
- ▷ 2x M3x40 Sechskantschraube
- ▷ M3x20 Sechskantschraube
- ▷ 3x Gummibänder
- ▷ 3x M3 Gewindeeinsatz

Werkzeug

- ▷ Cuttermesser
- ▷ Lötkolben
- ▷ Zange
- ▷ Bleistift

Vorbereitung

- (1) Markiere bei den beiden 4 mm Rundhölzern eine Länge von 22 cm.
- (2) Kürze die Rundhölzer an dieser Stelle mit einem Cutter.
- (3) Heize den Lötkolben auf 350°C auf

- (4) Stecke zwei Gewindeeinsätze mit dem Lötkolben in die Löcher in dem 3D-gedruckten Rumpfmittelstück (Abbildung 11).

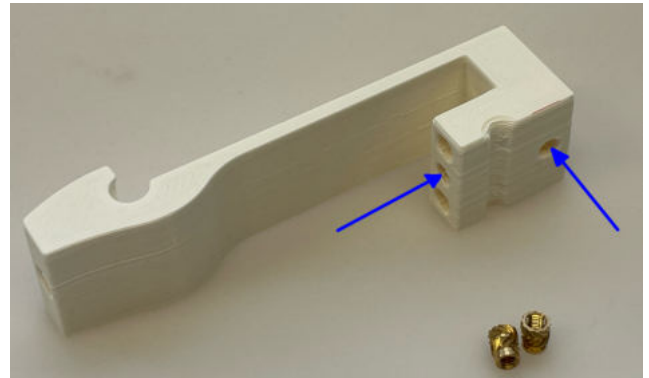


Abb. 11: Der Rumpf wird mit den Gewindeeinsätzen versehen.

- (5) Stecke einen Gewindeeinsatz in das mittlere Loch der 3D-gedruckten Nase (Abbildung 12).

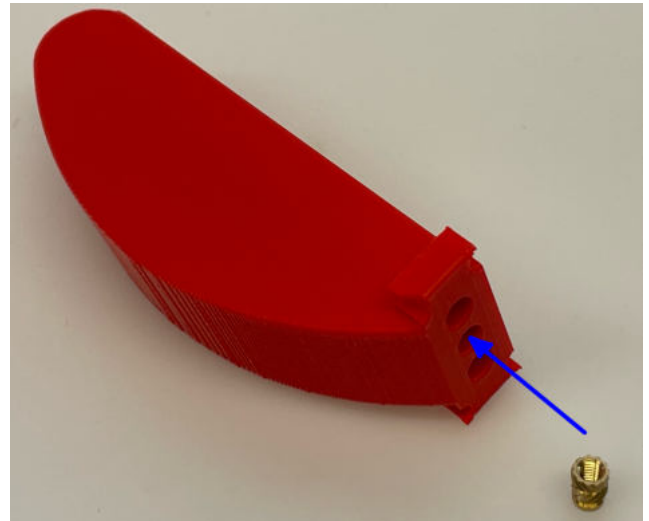


Abb. 12: Die Nase wird mit einem Gewindeeinsatz versehen.

- (6) Schalte den Lötkolben aus.
- (7) Drehe eine der beiden M3x40 Schrauben in das Gewinde bis zum Ende (Abbildung 13).

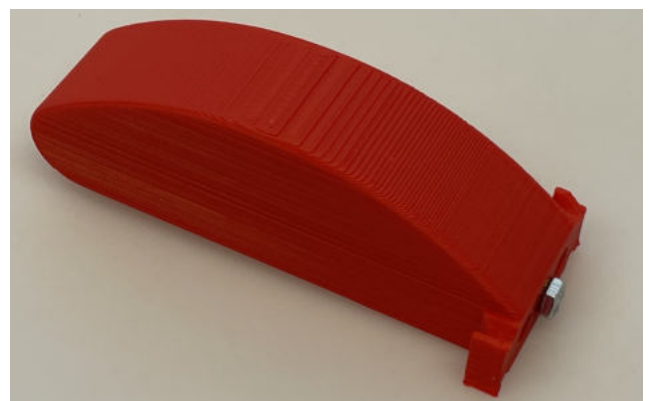


Abb. 13: Die Ballastschraube wird eingesetzt.

- (8) Bemahle mit einem Bleistift die Gelenkstellen der Tragflä-

chenaufhängung (Abbildung 14).

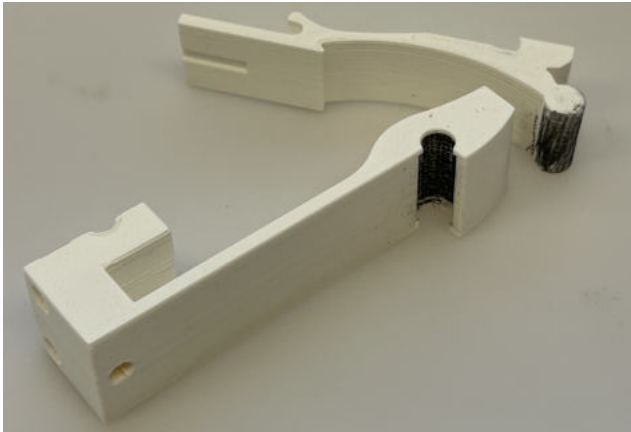


Abb. 14: Das Rumpfgelenk wird mit Graphit bemahlt.

- (9) Drehe und presse die beiden Stücke ineinander (Abbildung 15).

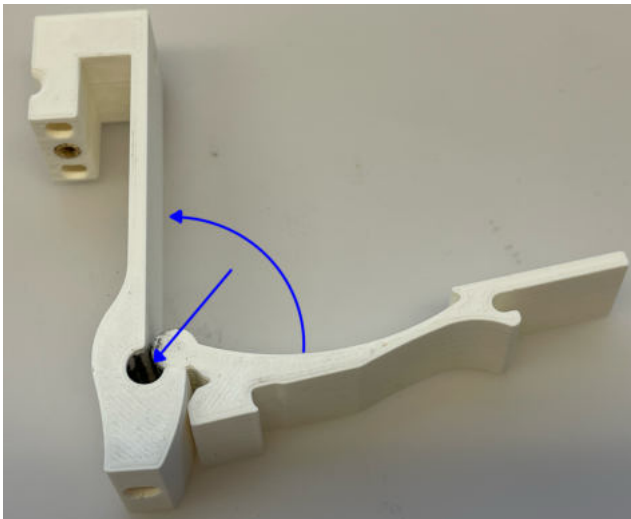


Abb. 15: Das Gelenk wird zusammengepresst.

- (10) Stecke die Schraubenköpfe auf die beiden Schrauben (Abbildung 16).

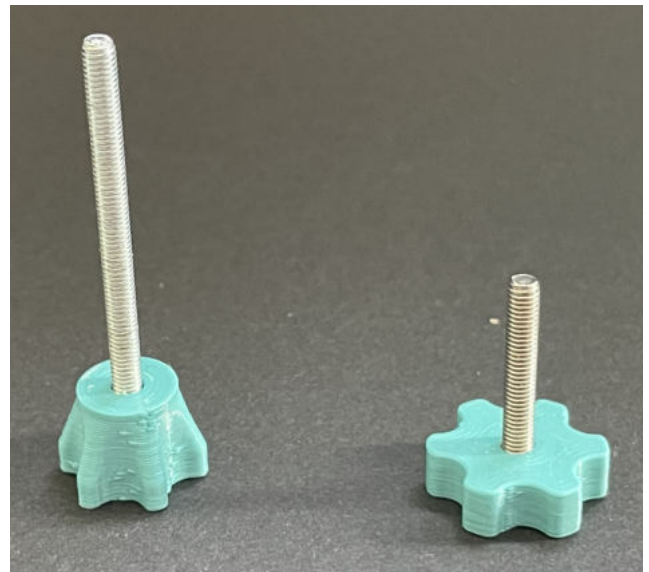


Abb. 16: Die beiden Schrauben werden mit den passenden Schraubenköpfen versehen.

Das Rumpfmittelstück

- (1) Lege das erste Gummiband in die Öse ein (Abbildung 17).

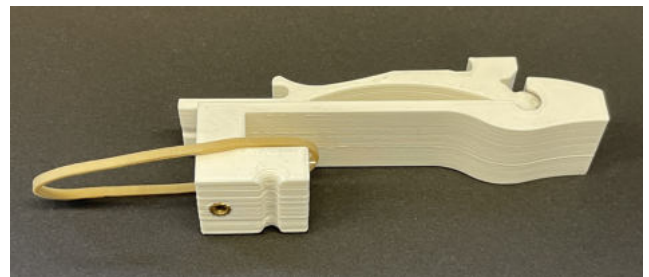


Abb. 17: Das erste Gummiband wird in den Rumpf eingelegt.

- (2) Drehe die kürzere der beiden Schrauben mit dem Schieberregler dazwischen in den Rumpf (Abbildung 18).

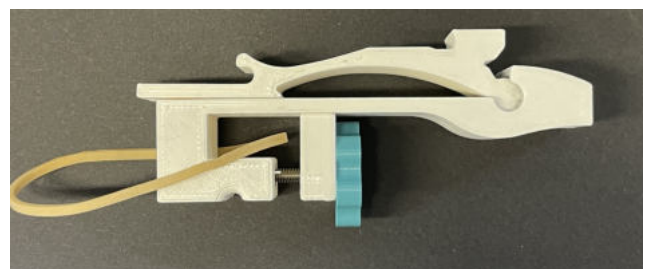


Abb. 18: Die kürzere Schraube wird am Rumpf befestigt.

- (3) Drehe die zweite Schraube in das verbliebene Gewinde (Abbildung 19).

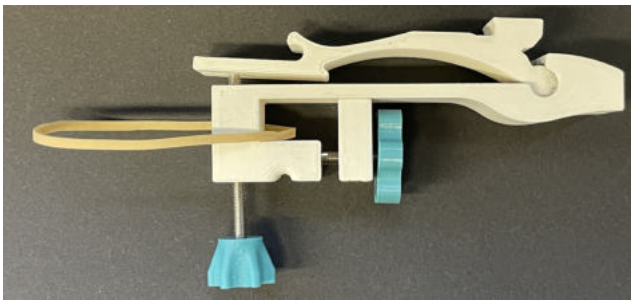


Abb. 19: Die längere Schraube wird am Rumpf befestigt.

- (4) Befestige zwei Gummibänder am Rumpfmittelstück (Abbildung 20).
- (5) Lege zuerst das eine Gummiband ein und wickle dann das Zweite doppelt um den Rumpf.

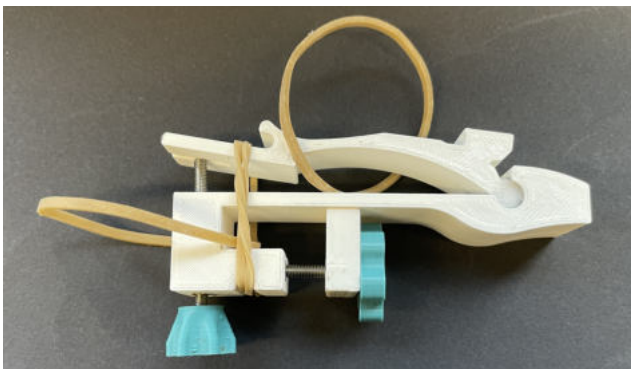


Abb. 20: Die beiden restlichen Gummibänder werden am Rumpf angebracht.

Die Nase

- (1) Stecke die beiden 4 mm Rundhölzer bis zum Anschlag von vorne in die beiden Löcher des Rumpfes (Abbildung 21).

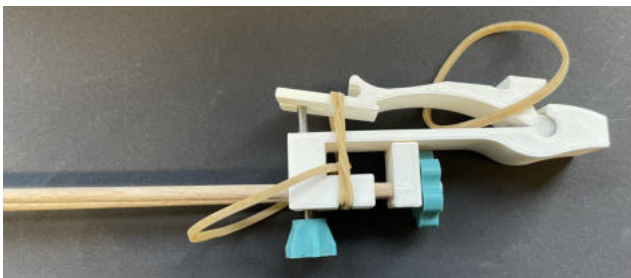


Abb. 21: Die beiden 4mm Rundhölzer werden am Rumpf befestigt.

- (2) Stecke die Nase auf die beiden Rundhölzer und befestige die Nase über das Gummiband (Abbildung 22).

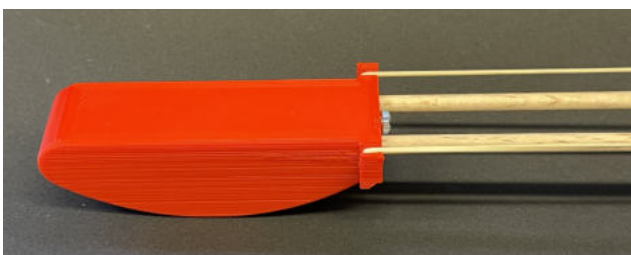


Abb. 22: Die Nase wird an den beiden Rundhölzern befestigt.

Das Leitwerk wird mit dem Rumpf verbunden

- (1) Stecke das Rundholz des Leitwerks in das verbliebene Loch im Rumpfstück (Abbildung 23).
- (2) Achte darauf, dass das Leitwerk genau gerade ausgerichtet ist.

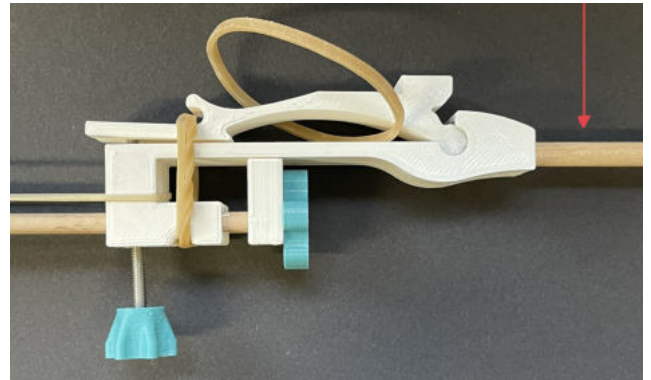


Abb. 23: Das Leitwerk wird mit dem Rumpf verbunden.

III. DIE TRAGFLÄCHE

Material

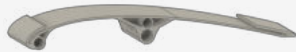


Abb. 24: 3D-gedruckte innere Tragflächenrippe



Abb. 25: 3D-gedruckte mittlere Tragflächenrippe



Abb. 26: 3D-gedruckte äußere Tragflächenrippe

- ▷ Schaschlikspieße
- ▷ 4 mm Rundholz
- ▷ Laminierfolie

Werkzeug

- ▷ Doppelseitiges Klebeband
- ▷ Cuttermesser
- ▷ Flüssigkleber
- ▷ Schere/Schneidemaschine

Vorbereitung der gekrümmten Tragfläche

- (1) Markiere auf der Laminierfolie zwei Rechtecke der Größe 9,5 cm x 29,0 cm.
- (2) Schneide die zwei Stücke mit einer Schere möglichst genau aus.
- (3) Kürze die Schaschlikspieße so, dass du 8 Stücke erhältst, die 14 cm lang sind. Arbeite dabei ohne die Spitzen der Spieße.
- (4) Markiere auf dem 4mm Rundholz eine Länge von 6cm und auf einem neuen Schaschlikspieß 3,8 cm.
- (5) Kürze das Rundholz und den Schaschlikspieß an diesen Stellen.
- (6) Beklebe die Tragflächenrippen mit doppelseitigem Klebeband (Abbildung 27).
- (7) Schneide mit dem Cutter überstehende Reste ab.
- (8) Achte darauf, dass du nah genug an der Vorderkante der Tragfläche bist.
- (9) Der Abstand zur vorderen Tasche sollte etwa ein halber Zentimeter sein.

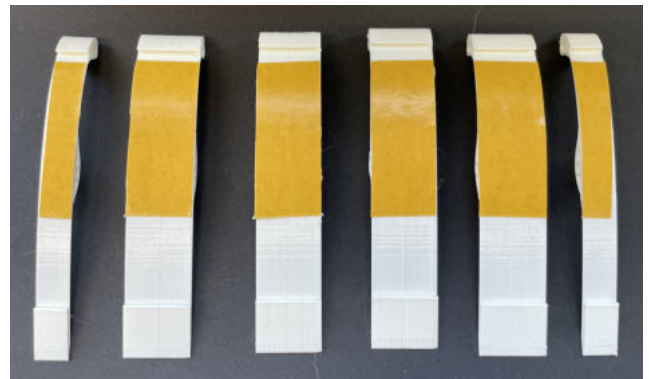


Abb. 27: Die Tragflächenrippen werden mit doppelseitigem Klebeband beklebt.

Das Tragflächengerippe

- (1) Trage etwas Flüssigkleber auf die Enden des 4mm Rundholzes und des kurzen Schaschlikspießes auf.
- (2) Stecke die Hölzer in die Löcher der inneren Tragflächenrippe (Abbildung 28).



Abb. 28: Schritt 1 bei dem zusammensetzen des Tragflächengerippes.

- (3) Stecke die andere innere Tragflächenrippe auf die vorstehenden Hölzer (Abbildung 29).



Abb. 29: Schritt 2 beim Tragflächengerippe.

- (4) Trage auf die Enden von vier Schaschlikhölzern Flüssigkleber auf.
- (5) Stecke die Hölzer in die Löcher der Tragflächeninnenstücke (Abbildung 30).

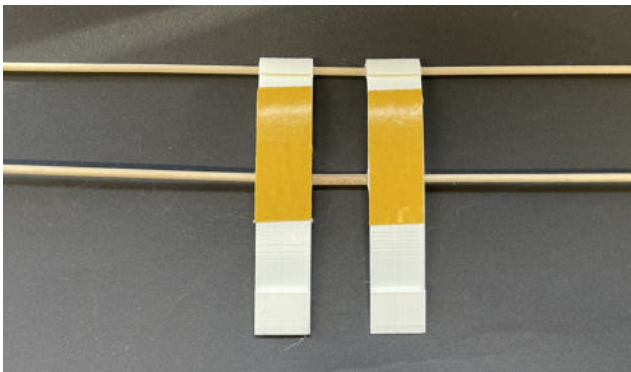


Abb. 30: Schritt 3 beim Tragflächengerippe.

- (6) Stecke die mittleren Tragflächenrippen auf die Hölzer.
- (7) Trage auf die Enden von vier weiteren Schaschlikhölzern Flüssigkleber auf.
- (8) Stecke die Hölzer in die mittleren Tragflächenrippen.
- (9) Stecke die äußeren Tragflächenrippen auf die Hölzer (Abbildung 31).

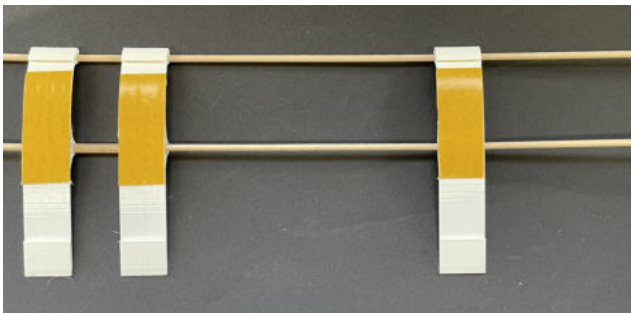


Abb. 31: Schritt 4 beim Tragflächengerippe.

- (10) Lasse den Kleber ausreichend trocknen.

Bespannen der gekrümmten Tragfläche

- (1) Entferne für die eine Hälfte des Tragflächengerippes die Folie des doppelseitigen Klebebands.
- (2) Klemme die Laminierfolie in die hinteren Laschen des Tragflächengerippes, ohne dass die Laminierfolie das doppelseitige Klebeband berührt (Abbildung 32).

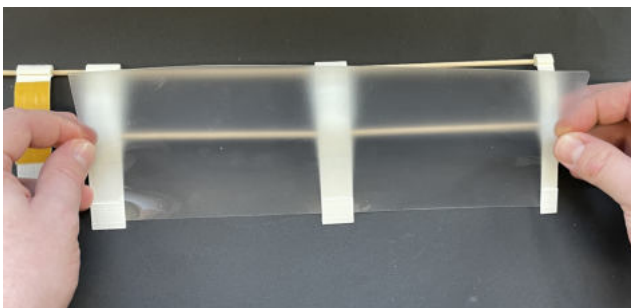


Abb. 32: Bespannen der gekrümmten Tragfläche.

- (3) Rolle die Laminierfolie unter Spannung auf das doppelseitige Klebeband.
- (4) Presse die Laminierfolie auf dem doppelseitigen Klebeband fest.

- (5) Wiederhole die Schritte für die andere Seite.

Befestigen der Tragfläche

- (1) Lege die Tragfläche in die Tragflächenaufhängung.
- (2) Spanne das Gummiband über die beiden Mittelhölzer in die hintere Tasche über dem Gelenk (Abbildung 33).

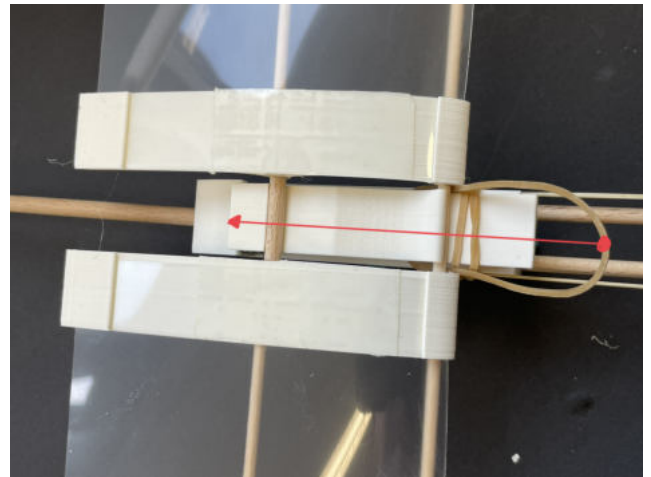


Abb. 33: Einspannen der Tragfläche in den Rumpf.

Glückwunsch, dein Modellflugzeug ist fertig gebaut!

IV. OPTIONAL: DIE PLANE TRAGFLÄCHE

Material



Abb. 34: 3D-gedruckte breite Tragflächenrippe.



Abb. 35: 3D-gedruckte schmale Tragflächenrippe.

- ▷ Schaschlikspieße
- ▷ Laminierfolie

Werkzeug

- ▷ Doppelseitiges Klebeband
- ▷ Cuttermesser
- ▷ Flüssigkleber
- ▷ Schere/Schneidemaschine

Vorbereiten der planen Tragfläche

- (1) Markiere auf der Laminierfolie zwei Rechtecke mit den Maßen 29 cm x 9,5 cm.
- (2) Schneide mit einer Schere die Rechtecke aus.
- (3) Kürze die Schaschlikspieße so, dass du 8 Stücke erhältst, die 14 cm lang sind. Arbeite dabei ohne die Spitzen der Spieße.
- (4) Markiere auf dem Schaschlikspieß zweimal 3,8 cm.
- (5) Kürze den Schaschlikspieß an diesen Stellen.
- (6) Beklebe die planen Tragflächenrippen mit doppelseitigem Klebeband (Abbildung 36).



Abb. 36: Die planen Tragflächenrippen werden mit doppelseitigem Klebeband beklebt.

Das plane Tragflächengerippe

- (1) Gehe genauso vor, wie bei der gekrümmten Tragfläche.
- (2) Verwende statt dem 4 mm Rundholz in der Mitte einen kurzen Schaschlikspieß.

Bespannen der planen Tragfläche

- (1) Entferne für die eine Hälfte des Tragflächengerippes die Folie von dem doppelseitigem Klebeband.

- (2) Presse das Tragflächengerippe mit dem doppelseitigen Klebeband auf die Laminierfolie (Abbildung 37).

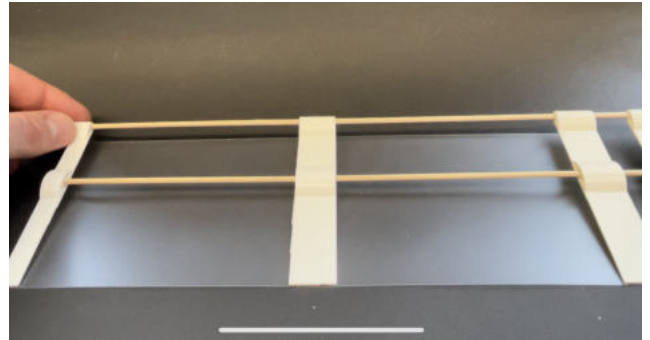


Abb. 37: Bespannen des planen Tragflächengerippes.

- (3) Wiederhole den Schritt für die andere Seite.