

Dokumentation

Bister Ramon
Projektarbeit 2014/2015
OZ Thal
8.05.15
Andreas Sager



Konstruktion und Bau eines Modellkunstflugzeugs



Inhalt

Vorwort	2
Hauptteil.....	3
Bauphase	3
Flugphase	8
Schlusswort	9
Quellenverzeichnis	10
Anlagen.....	11
Projektplanung	11
Skizzen	12
Technische Daten	13
Flügelprofil.....	14
Kostenübersicht.....	15
Verdrahtungsplan.....	16
Bilder	17

Vorwort

Als ich erfuhr, dass in der 3. Oberstufe eine Projektarbeit ansteht habe ich mich gedanklich mit unterschiedlichen Themen auseinandergesetzt.

Aufgrund meiner dreijährigen Mitgliedschaft im Modellflugverein Thal habe ich mir überlegt, ob ein Thema aus dem Modellbau als Projektarbeit in Frage kommen würde. Da meine Erfahrung bisher grösstenteils im Fliegen der Modelle liegt, wäre der Bau eines eigenen Flugzeugs eine interessante neue Herausforderung für mich.

Im erfahrenen Modellbauer und langjährigen Vereinsmitglied Hansruedi Zeller habe ich eine kompetente Person gefunden, welche mir bei diesem Unterfangen seine Unterstützung zusagte. Auf seine Anregung hin, wurde festgelegt, dass ein Flugzeug von Beginn weg – d.h. von der ersten Skizze – geplant und gebaut werden soll. Aus den gewünschten Eigenschaften die ich an das Modellflugzeug stellte, ging auch die Leitfrage hervor:

Wie baut man eine Modellkunstflugmaschine, sodass diese sowohl im Rückenflug, als auch im Normalflug die gleichen Flugeigenschaften vorweist.

Der Modellflugverein Thal führt während der Wintermonate einmal pro Woche im Werkraum des Primarschulhauses Feld einen Bauabend durch. Um von diesen Anlässen zu profitieren, begannen wir bereits Ende November mit den ersten Arbeiten.

Auch nach Ende dieser Bauabende im Frühling konnte ich auch weiter auf die Unterstützung von Hansruedi zählen, welcher mir mit seinem Know-how immer wieder zur Seite stand.

Ich bedanke mich an dieser Stelle recht herzlich bei Hansruedi Zeller und seiner Familie. Ohne seine fachmännische Unterstützung wäre die Realisierung dieses Projekts gar nicht möglich gewesen.

Der nachfolgende Bericht ist während der Bauphase selbst gewachsen. Er repräsentiert in etwa den chronologischen Ablauf des Projektes.

Hauptteil

Bauphase

Am 20. November 2014 habe ich den ersten Bau Abend, der vom Modellflugverein Thal im Primarschulhaus Feld stattgefunden hat, ausgenutzt und erste Skizzen meines Flugzeugs erstellt und dabei einige hilfreiche Tricks über die Planung und Zeichnung eines derartigen Modells gelernt. Als die Skizzen soweit fertig waren und man etwa wusste wie gross das Modell wird, konnte ich mir einige Gedanken über die Materialbesorgung machen.

Der erste Schritt war die Erstellung von Rippen aus 2mm dicken Balsaholzplatten, welche den Tragflächen ihre Form verleihen. Nach dem Zuschneiden wurden alle Rippen exakt zu geschliffen, sodass alle genau gleich gross sind und symmetrisch geformt sind. Eine symmetrische Formgebung der Tragflächen verleiht dem Flugzeug sowohl in Normalfluglage als auch auf dem Rücken ähnliche Flugeigenschaften.

Irgendwann habe ich feststellen müssen, dass es mir ohne Vorerfahrung eher schwer fällt, die ganze Konstruktion des Flügels im Kopf bildlich vorzustellen. Darum habe ich mir einen Bausatz eines Segelflugzeugs gekauft, um die nötige Bauerfahrung zu sammeln. Den Rohbau dieses Flugzeugs habe ich dann über die Weihnachtsferien nach Plan mit grossem Erfolg fertiggestellt. Über die Weihnachtsferien habe ich mir auch noch eine Menge Holz besorgt, sodass nicht nach jedem Bauschritt nachbestellt werden muss.

Als nächstes habe ich einen 1:1 Plan des Seitenrisses des Rumpfes erstellt um nachher die Möglichkeit zu haben, die Hölzer für die Verarbeitung auf den Plan zu legen. Ich habe darauf geachtet, die Nase etwas länger zu machen, denn dies gibt durch grössere Seitenfläche bessere Eigenschaften im Messerflug. Es könnte jedoch sein, dass wegen der verlängerten Nase das Fahrwerk nicht mehr am vorgeschriebenen Ort platziert werden kann, da es sonst zu Schwierigkeiten bei Start und Landung führen kann.

Etwas später habe ich mich dann wieder dem Flügel zugewandt und die Stege erstellt, welche später zwischen Holm und Rippen geleimt werden und zur Stabilisierung des Flügels dienen. Es ist bei allen Holzteilen sehr wichtig, dass die Maserung des Holzes parallel zu den beim Flug entstehenden Kräften ausgerichtet ist. Dies ist auch bei den Stegen sehr wichtig, denn wenn ein solches Bauteil im Flug zerbricht, versagt die gesamte Konstruktion des Flügels.

Beim Bau solcher Flugzeuge ist das Gewicht ein sehr wichtiges Kriterium. Darum verwendet man Balsaholz, das leichteste Holz der Erde, welches zudem sehr leicht zu bearbeiten ist. Ein weiterer Punkt ist, dass je schneller das Holz wächst desto leichter ist es, da es eine geringere Dichte hat. Ein Nachteil ist aber, dass die Widerstandsfähigkeit des Holzes mit seinem Gewicht ebenfalls abnimmt. Deshalb ist es sehr Wichtig, dass es sorgfältig bearbeitet wird und beim Zuschnitt auf die Maserung in Bezug auf die Kräfte geachtet wird. Nur so erhält man eine optimale Stabilität.

Der folgende Bauschritt betrifft das Verleimen der Flügel. Für diese Arbeit braucht man vier gerade 6mm Balsaholme, die Rippen und die Stege. Nun wird abwechslungsweise eine Rippe und ein Steg auf den Holm geleimt. Wenn diese Arbeit bei beiden Flügeln abgeschlossen ist, sieht man ob man beim Zuschneiden der Stege exakt gearbeitet hat. Eine kleine Abweichung ist normal und kann mit der letzten Rippe, welche direkt am Rumpf anliegt, kompensiert werden. Damit erreicht man, dass beide Flügel wieder die gleiche Länge haben. Mit dem Ankleben der letzten beiden Rippen wartet man noch, denn diese müssen optimal bündig mit dem Rumpf ausgerichtet werden. Somit kann dieser Bauschritt erst nach dem Bau des Rumpfes vollendet werden.

Die Rumpfseitenwände bestehen aus einem 8mm dicken Balsabrett, einer Fachwerk-konstruktion aus 8mm Holmen im hinteren Teil des Rumpfes und vier 8mm Holmen, welche seitlich an die vorbereiteten Balsabretter geklebt werden. Zuerst schneidet man die Balsabretter in die gewünschte Grösse und anschliessend werden die Holme an die Balsabretter geklebt. Zwischen diesen Holmen wird später die Fachwerk-konstruktion entstehen, welche das Ganze stabilisiert.

Das Innere des Rumpfes wird in verschiedene Unterteilungen geteilt, welche man Spannte nennt. Einer dieser Spannte ist direkt beim Fahrwerk gelegen, weswegen dieser als Fahrwerkspannt bezeichnet wird. Da beim Landen und Starten grosse Belastungen auf Fahrwerk und Fahrwerkspannt ausgeübt werden, muss dieser aus massivem Sperrholz angefertigt werden, sodass dieser den entstehenden Kräften standhält. Ein weiterer Spannt dient als Motorbefestigung. Um das Bauteil perfekt einzupassen, fertigt man dieses jedoch erst an, wenn die beiden Seitenteile des Rumpfes zusammengeklebt sind.

Nun habe ich die Stäbchen, welche später übereinander in den Rumpf geklebt werden erstellt. Für Stabilität und Aerodynamik ist es dabei von grosser Bedeutung, dass diese Stäbchen äquivalent sind. Man erreicht dies indem man die beiden Stäbchen mit etwas Klebeband aufeinander klebt und danach alle Seiten bündig schleift.

Als nun alle Teile fertiggestellt waren, konnte man die beiden Rumpfseitenteile, den Fahrwerkspannt und die Verbindungsstäbchen miteinander verkleben.

Bei der Ausrichtung des Motorspanntes gibt es gewisse Dinge worauf man achten sollte. Das Erste wäre der Spiraling Slipstream, ein kornenzieherförmiger Luftstrom, welcher durch die Propellerdrehung entsteht und hinten seitlich auf das Leitwerk trifft. Da dieser bei im Uhrzeigersinn drehenden Propellern von links auf das Leitwerk auftritt, wird das Leitwerk nach rechts gedrückt wodurch das Flugzeug beim Start nach links ausbrechen will. Das zweite wäre, dass der Motorspannt in der Horizontallinie exakt in einer Linie zur Längsachse des Rumpfes ausgerichtet werden muss. Anschliessend habe ich eine Auflage zugeschnitten, worauf später der Akku und der Stromregler befestigt werden. Diese Auflage verläuft vom Fahrwerkspannt bis zum Motorspannt. Durch eine grosse Auflage erhält man einen grösseren Spielraum um durch Verschieben des Akkus den Schwerpunkt zu optimieren.

Als der erste Schritt vom Bau der Flügel und des Rumpfes abgeschlossen war, konnte ich beginnen das Leitwerk zu zeichnen. Da ein Höhenruder aufwendiger als ein Seitenruder zu bauen ist, befasste ich mich mit dem Schwierigen zuerst. Also begann ich einen Plan des Höhenleitwerks zu zeichnen und habe sogleich die dazugehörigen Teile erstellt. Später als wir alles was wir bisher gebaut haben zusammengesteckt haben, hat mich Hansruedi darauf aufmerksam gemacht, dass wir eine sehr lange Flugzeugnase haben. Bei einer längeren Nase hat der Rumpf eine grössere Seitenfläche, was zu besseren Messerflugeigenschaften führt, da man mehr Auftrieb erhält. Ein Nachteil einer längeren Nase ist jedoch, dass der Schwerpunkt weiter vorne ist, was beim Starten und Landen zu kritischen Situationen führen kann. Darauf beschlossen wir, fünf Zentimeter weiter vorne eine weitere Fahrwerkhalterung zu bauen, um bei Startschwierigkeiten die Möglichkeit zu haben das Fahrwerk zu verschieben.

Etwas später habe ich dann das Höhenleitwerk (ohne Ruder) zusammengeleimt. Man muss dabei sehr darauf achten, dass es exakt symmetrisch wird. Ansonsten könnten ungewünschte Flugeigenschaften auftreten. Ausserdem muss darauf geachtet werden, dass die Fachwerk-konstruktion perfekt in die Zwischenräume eingepasst wird, sodass keine Spannungen entstehen können, welche das Holz krümmen würden. Als das Höhensteuer fertiggestellt war, wandte ich mich wieder den Flügeln zu. Nun habe ich die Halterungen des Hauptholms, welcher schlussendlich durch Rumpf und Flügel geht, erstellt. Es ist sehr wichtig, dass dabei sehr exakt gearbeitet wird und somit vermieden werden kann, dass in den Öffnungen, zwischen Holm und Innenwände der Halterungen, keine Hohlräume entstehen können. Falls dennoch solche Zwischenräume entstehen würden, hätte dies fatale Folgen für das Flugverhalten, denn es wäre unmöglich die Flügel steif am Rumpf zu befestigen. Beim Einbauen dieser Halterungen

kann man die Längen der Flügel optimal abgleichen indem man die Halterung des längeren Flügels so abschleift, dass die letzten beiden Rippen miteinander bündig sind. Des Weiteren verwendet man beim Befestigen dieser Halterungen sehr resistenten zweikomponenten-Leim. Diesen Leim muss man selbst mischen, wobei die Einhaltung des richtigen Mischungsverhältnisses sehr wichtig ist. Es ist hilfreich, wenn man dazu eine sehr genaue Waage verwendet. Nach dem Trocknen des Leims, kann man die letzten beiden Rippen aus Sperrholz parallel zum Rumpf ausrichten und anschliessend am Flügel anleimen. Ein weiterer sehr wichtiger Punkt ist, dass beide Flügel exakt rechtwinklig zum Rumpf ausgerichtet sind. Dies kann man mit dem „Fadentest“ kontrollieren und nachweisen. Es funktioniert so, dass man ein Faden an einer Nadel befestigt, hinten einsteckt und nachher kontrolliert ob es von hinten zum rechten Flügel gleich lang ist, wie von hinten zum linken Flügel. Falls dies der Fall ist, sind die Flügel korrekt ausgerichtet.

Als nächstes habe ich zwei Servobrettchen für die Querruderservos erstellt. Prinzipiell müssen beide Servos exakt symmetrisch positioniert werden, sodass elektronisch nichts mehr korrigiert werden muss. Die letzte grosse Arbeit, welche an den Flügeln verrichtet werden musste, war das Beplanken. Die Beplankung gibt dem Flügel die Form und das endgültige Profil. Abgesehen davon verleiht die Beplankung dem Flügel zusätzliche Stabilität und Torsionsfestigkeit. Das Holz muss beim Beplanken so ausgerichtet werden, dass die Maserung senkrecht zu denen im Flug entstehenden Kräften steht. Dies ist eine Faustregel im Modellflugzeugbau mit Balsaholz und wird nicht nur beim Beplanken befolgt, sondern auch bei den meisten anderen Teilen im Flugzeug.

Als nun die letzte grosse Arbeit an den Flügeln vollendet war, nahm ich das Seitensteuer in Angriff. Zuerst habe ich einen Plan erstellt, anschliessend alle dazugehörigen Teile zugeschnitten und zuletzt verleimt. Bei der Erstellung des Plans benötigt man nicht nur Bleistift und Lineal, sondern auch die vorgefertigten Teile des Flugzeuges. Rumpf und Höhenleitwerk braucht man, um besser einschätzen zu können, wie gross das Seitensteuer gebaut werden muss. Bei solchen Dingen spielt neben den allgemeinen Vorgaben, auch das Bauchgefühl eine grosse Rolle. Nach der Fertigstellung des Seitensteuers fehlten mir nur noch alle Ruder, welche zum Steuern benötigt werden. Ich begann mit den beiden Querrudern, welche für das Rollen des Flugzeugs verantwortlich sind. Es ist von grosser Bedeutung, dass die Ruder exakt gleich gross sind. Ansonsten würden die Ruder den Luftstrom unterschiedlich ablenken, was unerwünschte Flugeigenschaften zufolge haben könnte.

Das nächste Ruder, das gebaut werden musste, war das Seitenruder. Bei dem Seitenruder muss glücklicherweise nicht darauf geachtet werden, dass beide gleich gross werden, da es nur eines hat. Dies erleichtert die Arbeit. Dennoch muss sehr konzentriert und genau gearbeitet werden. Das schwierigste und zeitaufwendigste beim Bau des Seitenruders, ist wie bei vielen Teilen des Flugzeugs das Einpassen der Fachwerkkonstruktion. Es muss trotzdem sehr exakt gearbeitet werden, da die Fachwerkkonstruktion einerseits das ganze stabilisiert aber andererseits auch das Holz krümmt, falls ungenau gearbeitet wird. Die Krümmung des Holzes hätte zufolge, dass das Seitenruder möglicherweise nicht mehr am Seitensteuer befestigt werden könnte.

Zu guter Letzt musste noch das Höhenruder angefertigt werden. Das Erstellen des Höhenruders ist etwas schwieriger, da der linke und rechte Teil des Ruders symmetrisch sein müssen. Da es sehr schwierig ist einen millimetergenauen symmetrischen 1:1 Plan zu erstellen, habe ich mir eine andere Methode überlegt und schlussendlich das Problem sehr elegant gelöst, indem ich zuerst den linken Teil des Ruders nach bestehendem, aber nicht symmetrischem Plan erstellt habe. Als nächstes habe ich das gesamte Höhenleitwerk vom Plan gelöst und auf ein leeres Blatt gelegt, worauf ich das Höhenleitwerk inklusive dem linken Teil des Ruders abpausen konnte. Darauf habe ich den linken Teil des Ruders auf die rechte Seite des Höhenleitwerkes gelegt und es abgepaust. Somit habe ich einen symmetrischen Plan

erhalten und konnte nun mit gutem Gewissen den rechten Teil des Ruders bauen. Alle grossen und aufwendigen Arbeiten waren nun erledigt. Nachdem folgten einige kleine aber trotzdem aufwendige Arbeiten. Eine dieser Arbeiten war zum Beispiel die Anfertigung der Halterung für Höhen- und Seitenruderservo. Dazu gilt zu beachten, dass man die Servos nicht nur gut montieren sondern auch wieder einfach demontieren kann. Ausserdem sollte das Bauteil optimal in den Rumpf passen wodurch es keine Spannungen verursachen kann. Im Weiteren muss es so ausgerichtet werden, dass sich die Steuerstangen, welche zum Heck laufen und an den Rudern befestigt sind, nicht berühren können. Sollten sich die Stangen tangieren, gäbe es einen grösseren Widerstand und sie würden sich gegenseitig abnutzen.

Danach wandte ich mich wieder dem Rumpf zu und musste einen Deckel erstellen, welcher unten vor dem Fahrwerk befestigt wurde. Diesen Deckel musste man mit sehr viel Holz bauen, sodass man genügend Material um den Rumpf zu verschleifen zur Verfügung hat. Auch bei dieser Arbeit war Präzision gefordert, da man allfällige Ritzen zwischen den einzelnen Holzteilen durch die Folie sehen würde.

Am Leitwerk des Segelflugzeuges durfte ich unter Aufsicht von Hansruedi erstmals versuchen, Kunststoff-Folie auf die Holzkonstruktion aufzubringen, was man im Fachjargon „Bespannen“ nennt. Ich habe schnell gemerkt, dass es nicht so einfach ist wie es aussieht. Doch es ist erstaunlich, wie flexibel das Material ist, obwohl es so zäh zu sein scheint. Man bringt Falten durch Erhitzen ohne Probleme wieder heraus, sofern nicht Folie auf Folie klebt. Die wichtigste Regel, die man beim Bespannen beachten sollte, ist, dass man die Folie zuerst an den Rändern befestigt und erst später beginnt die Flächen zu bügeln. Falls diese Regel missachtet wird und in der Mitte zu bügeln begonnen wird, kann es sein, dass sich die Folie über die Ränder hinaus zusammenzieht und dadurch zu klein wird. Ein anderer wichtiger Punkt ist, dass man bevor man zu Bespannen beginnt, alles bündig schleift, wie zum Beispiel die Fachwerkkonstruktion des Höhenleitwerkes. Deswegen habe ich, nachdem ich das Leitwerk des Segelflugzeuges bespannt hatte und somit das Bespannen einigermaßen im Griff hatte, zuerst alle Teile des Seiten- und Höhenleitwerks bündig geschliffen. Für die Aerodynamik ist es wichtig, dass das Profil der Ober- und der Unterseite symmetrisch ist.

Nachdem das Höhenleitwerk fertig zum bespannen vorbereitet war, habe ich das eckige Vorderteil der Tragflächen weiterverarbeitet, sodass eine runde aber symmetrische Flügel Nase entstand. Anschliessend habe ich den Rumpfaufbau erstellt und da dieser sehr leicht aber auch sehr stabil sein muss, kommt hier nur eine Fachwerkkonstruktion in Frage. Als dieser fertiggestellt war, wagte ich mich das erste Teil meines Projektflugzeuges zu bespannen. Das Bespannen des Seitenruders ist an sich nicht so schwierig, da es ein eher kleineres Bauelement ist. Doch wenn man beginnt zweifarbig zu bespannen erschwert sich das ganze um ein Vielfaches. Es gibt ausserdem viel mehr Dinge worauf man achten muss, wie zum Beispiel, dass man mit der helleren Farbe beginnt und somit Kontraststörungen vermeidet.

Die nächste Arbeit war das Verschleifen des Rumpfes. Es ist erstaunlich, dass man aus einem viereckigen Klotz mit ein paar hilfreichen Tricks einen solch schönen Rumpf erstellen kann. Ausserdem staunt man, wie viel Staub und Späne entstehen.

Am nächsten Tag habe ich das Höhensteuer bespannt, was nicht ganz einfach war. Das Bespannen auf einer Fachwerkkonstruktion ist etwas schwieriger als auf reinem Holz, da man zum Beispiel beachten muss, dass man die Folie zuerst auf den Verstrebungen befestigt. Nachdem man die Folie auf den Verstrebungen befestigt hat, kann man diese durch Erhitzen in den Zwischenräumen spannen. Als nächste Arbeit habe ich mir das Bespannen der beiden Flügel vorgenommen. Es ist jedoch sehr anspruchsvoll solch grosse Teile zu bearbeiten. Dabei ist es wichtig, dass man eine Kante erst am Schluss verschliesst, um eine letzte Möglichkeit zu haben, die eingeschlossene Luft zu befreien und somit Luftblasen zu vermeiden. Beim Ausschneiden der Folie sollte normalerweise darauf geachtet werden, dass man zuerst die

grossen Teile für Flügel und Rumpf ausschneidet und später Teile für das Höhen-, Seitenleitwerk und schliesslich für die Verzierungen. Bei Berücksichtigung dieser Regel, lässt sich sehr viel Folie einsparen.

Da ich beim Rumpf noch den Deckel erstellen musste, habe ich zuerst das Höhenleitwerk bespannt, um meine Fertigkeiten noch etwas zu steigern.

Der nächste Schritt, war das Bespannen der Tragflächen. Das Bespannen an sich ist immer dasselbe, doch im Vergleich zum Leitwerk sind die Flügel einiges grösser, was es sicher nicht einfacher macht. Als beide Flügel nach langer intensiver Arbeit fertig bespannt waren, habe ich den entfernbaren Deckel des Rumpfes angefertigt, um nachher auch den Rumpf bespannen zu können. Als der Leim getrocknet war, habe ich den Deckel mit dem Rumpf bündig geschliffen und anschliessend den Feinschliff durchgeführt. Die Rumpfoberfläche darf absolut keine Unebenheiten aufweisen, da man diese durch die Folie hindurch sehen würde. Um Falten an gewölbten Flächen zu vermeiden muss beim Erwärmen mit mehr Hitze gearbeitet werden, damit sich die Folie geschmeidiger an die Oberfläche anpasst.

Nachdem alle Rumpf- und Flächenteile mit Folie überzogen waren, konnte ich die Ruderhörner (Verbindung zwischen Ruder und Steuerstange) an den Rudern montieren. Diese sollten sehr gut befestigt werden, da ansonsten ein 'Crash' vorprogrammiert ist. Aus diesem Grund verwendet man für die Verklebung 5 Minuten Epoxy Zweikomponentenleim.

Als der Leim trocken war, habe ich das Höhen- und Seitenruderservo montiert und anschliessend die Steuerstangen aus Kiefernholz erstellt. Nachdem ich die Steuerstangen mit den Ruderhörnern und den Servos verbunden hatte, habe ich den handwerklichen Teil abgeschlossen.

Die letzte Arbeit vor dem Erstflug ist das Programmieren der Elektronik. Aus Sicherheitsgründen sollte bei der ersten Inbetriebnahme kein Propeller an der Motorachse angebracht sein. Nachdem der Regler und alle Servos am richtigen Anschluss des Funkempfängers angeschlossen sind, kann man das elektrische System erstmals mit Strom versorgen. Zunächst prüft man, ob der Motor zu drehen beginnt und alle Servos auf die Eingaben an der Fernbedienung reagieren. Nachher wird darauf geachtet das sich alle Ruder in die richtige Richtung bewegen. Wenn bis dahin alles stimmt, wird der Servomittelpunkt eingestellt, indem man so lange trimmt, bis sich die Ruder in Neutralstellung befinden. Wenn sich alle Ruder in Neutralstellung befinden, werden die Ausschläge festgelegt. Zu guter Letzt werden die Fail Safe Einstellungen durchgeführt. Bei diesen Einstellungen kann man die Motorleistung und Ruderausschläge im Fall eines Funkausfalls bestimmen. Nach dem Montieren einiger Klettstreifen für die Befestigung von Empfänger, Akku und Regler war das Flugzeug endlich parat für den Erstflug.

Flugphase

Am 30. April 2015 war es endlich soweit.

Um einem Absturz wegen falschen Einstellungen vorzubeugen, müssen vor dem Erstflug zahlreiche Kontrollen durchgeführt werden. Zuerst wurden die Richtungen, in welche die Ruder ausschlagen nochmals kontrolliert, anschliessend die Winkel der Ruderausschläge. Daraufhin wurde nochmals begutachtet, ob sich die Tragflächen von der Seite und von Hinten mit dem Höhenleitwerk in einer Linie befinden. Nach all diesen Kontrollen versichert man sich nochmals ob der Schwerpunkt am richtigen Ort ist. Zu guter Letzt haben wir den Reichweitentest durchgeführt. Dazu gibt es in der Fernsteuerung einen separaten Menü Punkt. Bei dem Test wird die Sendeleistung auf ein Minimum reduziert, wobei die Funktionen des Flugzeuges auf eine Entfernung von ca. 100 Meter noch einwandfrei arbeiten müssen. Nun ist das Flugzeug startklar.

Bevor abgehoben wird, überprüft man ob das Flugzeug geradeaus rollt. Erfüllt es dieses Kriterium, erhöht man die Motorleistung bis das Flugzeug abhebt. Sobald man in der Luft ist, muss das Höhensteuer ausgetrimmt werden. Verbleibt das Flugzeug im Horizontalflug, trimmt man die Querruder damit keine ungewollte Rollbewegung mehr eintritt.

Für die darauffolgende Trimmung des Seitenruders fliegt man senkrecht in den Himmel und beobachtet genau in welche Richtung das Flugzeug abdriftet. Falls auch das Seitenruder erfolgreich getrimmt wurde, kann man während eines ersten Loopings darauf achten, ob das Flugzeug in irgendeine Richtung abdriftet. Da bei mir alles gepasst hat, konnten wir mit dem Programm fortfahren. Mit mehreren Rollen untersuchten wir, ob die Querruderausschläge für solche Kunstflugfiguren genügen. Danach muss begutachtet werden, wie sich das Flugzeug im langsamen Flug verhält. Das ist sehr wichtig, da man beim Landeanflug ebenfalls eine geringe Fluggeschwindigkeit anstrebt. Wir haben mit Erstaunen festgestellt, dass die Maschine nur die Nase senkt und wieder Geschwindigkeit aufbaut und auch nicht selbständig ins Trudeln gerät. Dies ist eine sehr erwünschte Flugeigenschaft. Falls man aber trotzdem trudeln möchte muss man diese Figur gezielt einleiten. Als nun alle entscheidenden Tests durchgeführt wurden, konnte ich endlich überprüfen, ob das Flugzeug im Rückenflug gleiche oder ähnliche Flugeigenschaften vorweist wie im Normalflug. Nach Verschiedenen Flugmanövern auf dem Rücken wurde das absolut bestätigt. Ich freute mich, denn ich wusste, dass ich mein Ziel erreicht und meine Leitfrage beantwortet habe. Nun, da alles abgeklärt war und auch die guten Flugeigenschaften bewiesen waren, wagte ich mich an die Landung welche nach einem ersten Go-Around erfolgreich war.

Schlusswort

Die Arbeit an meinem Flugzeug hat viel Spass gemacht. Zudem habe ich handwerklich sehr viel profitiert und auch mein Know-how über die Aviatik erweitert. Es war sehr interessant einen Einblick in das Handwerk des Modellbaus zu erhalten und zu erfahren und zu verstehen, wie ein solches Flugzeug aufgebaut ist und worauf es für bestimmte Flugeigenschaften ankommt. Ich kann mir sehr gut vorstellen, dass mir sowohl das Grundwissen über die Aviatik, als auch meine verbesserten handwerklichen Fähigkeiten später in der Berufswelt sehr nützlich sein werden. Es war jedoch nicht immer einfach für mich, sich den ganzen Bau bildlich vorzustellen, da ich noch nie so etwas gemacht habe.

Auf der anderen Seite ist der Arbeitsaufwand für den Bau eines Flugzeuges durch die vielen Detailarbeiten sehr beträchtlich angewachsen und liegt sicher an der oberen Grenze für ein Schulprojekt. Parallel zum eigentlichen Projekt befasste ich mich zusätzlich mit einem Fertigbausatz für einen Segler um damit einen tieferen Einblick in den Aufbau von Tragflächen, Rumpf und Steuerelemente zu erlangen, was den Zeitaufwand zusätzlich erhöhte.

Ich habe mich sehr über die Zusammenarbeit mit Hansruedi Zeller gefreut, und bin ihm sehr dankbar, dass er mir so viele neue Dinge beibrachte, sehr viel Zeit für mich aufwendete und natürlich dass er mir das Ganze überhaupt ermöglichte.

Quellenverzeichnis

<http://der-rick.biz/share/Projektseite/inh/kraft.html>

<http://www.planet-schule.de/warum/fliegen/themenseiten/t4/s6.html>

Materialbesorgungsorte:

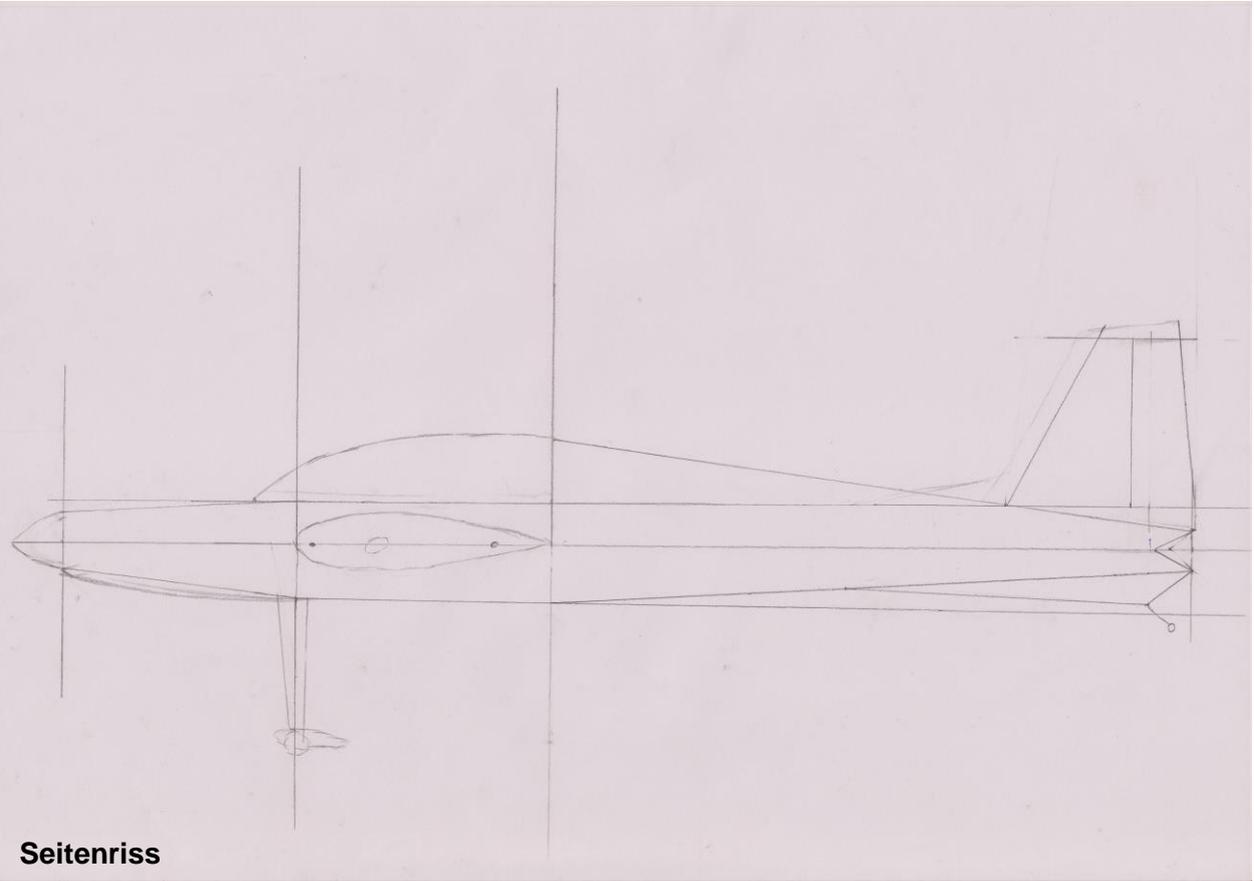
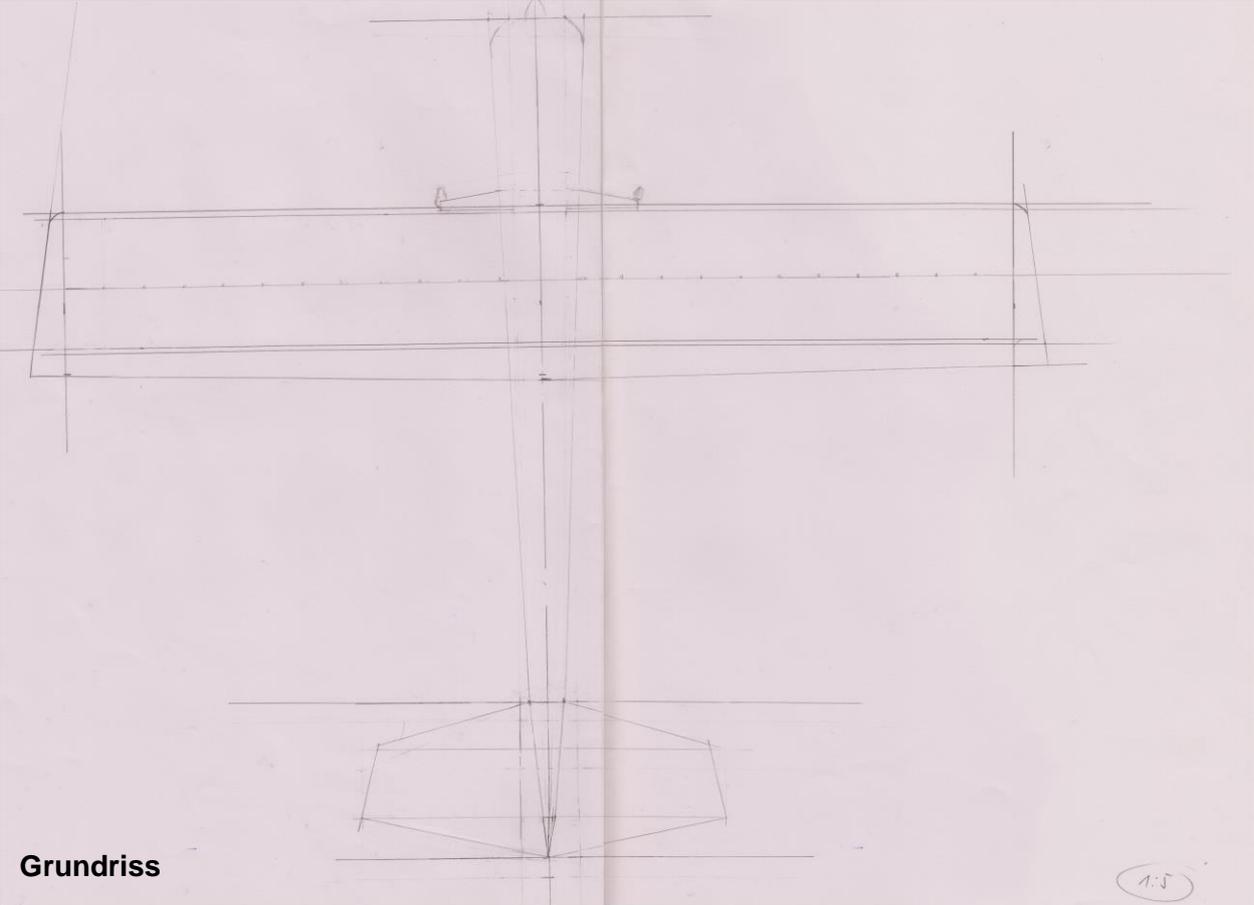
- Küng Modellbau Weinfelden
- RC – Revolution Store Rorschach
- www.topmodel.ch
- Altholzreste Hansruedi Zeller
- Eigenes Ersatzteillager

Anlagen

Projektplanung

	2014					2015				
	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	
Aufgabenstellung (Beschreibung)										
Präsentation										
Projektidee										
Konzeptphase Entwicklung										
Besichtigung der Anforderungen										
Projektkizzen										
Projektplan > Grobplanung										
Materialliste										
Kostenabschätzung										
Konstruktionsphase										
Erstellen der Baugrundlagen										
Umsetzung Bauphase (Prototyp)										
Einzeiterfertigung										
Vormontagen										
Testphase										
Funktionskontrolle										
Einfliegen										
Schlussbericht										

Skizzen



Technische Daten

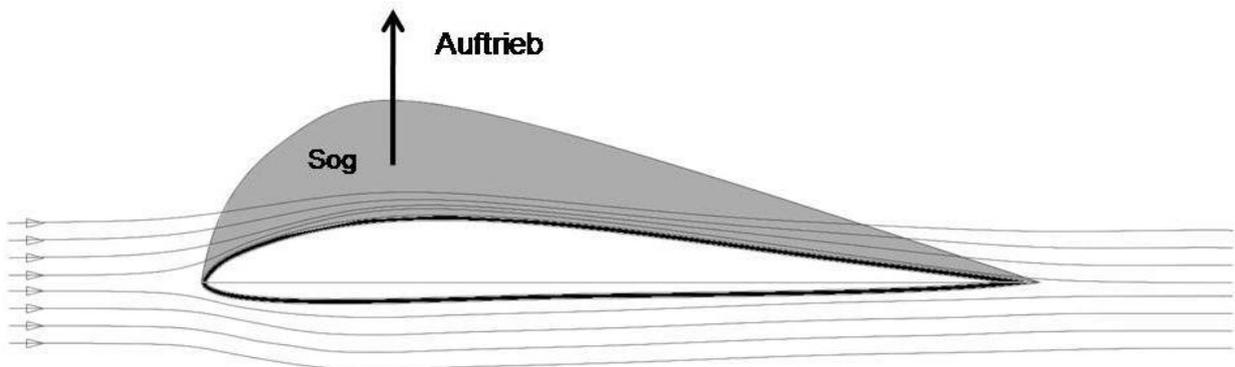
Länge	120cm
Spannweite	141cm
Höhe (Oberhalb Fahrwerk)	27cm
Abfluggewicht	1410g
Abfluggewicht (Fertigmodell SBACH 342)	1430g
Flügelfläche	Ca. 3500cm ²
Flügelprofil	Eppler 169
Zum Bau investierte Zeit	Ca. 100 Stunden
Flugzeit pro Akku	4 Minuten 30 Sekunden
Motor (aus Fertigmodell SBACH 342)	Sbach-11 Brushlessmotor
Regler (aus Fertigmodell SBACH 342)	DYE-1017 50A ESC
Akku (aus Fertigmodell SBACH 342)	Heat RC, 4 Zellen, 14.8V, 2200mAh, 40-80C
Servos (aus Fertigmodell SBACH 342)	DY-1007 9g Servo
Fahrwerk	Sbach-08 Landefahrwerk
Propeller	Sbach-07 Propeller
Spinner	Sbach-09 Spinner
Haube	Sbach-06 Canopy
Gesamtausgaben (ausgenommen Teile Fertigmodell SBACH 342)	174.60Fr.
Gesamtausgaben (inklusive Teile Fertigmodell SBACH 342)	381.40Fr.

Flügelprofil

Symmetrisches Flügelprofil



Asymmetrisches Flügelprofil



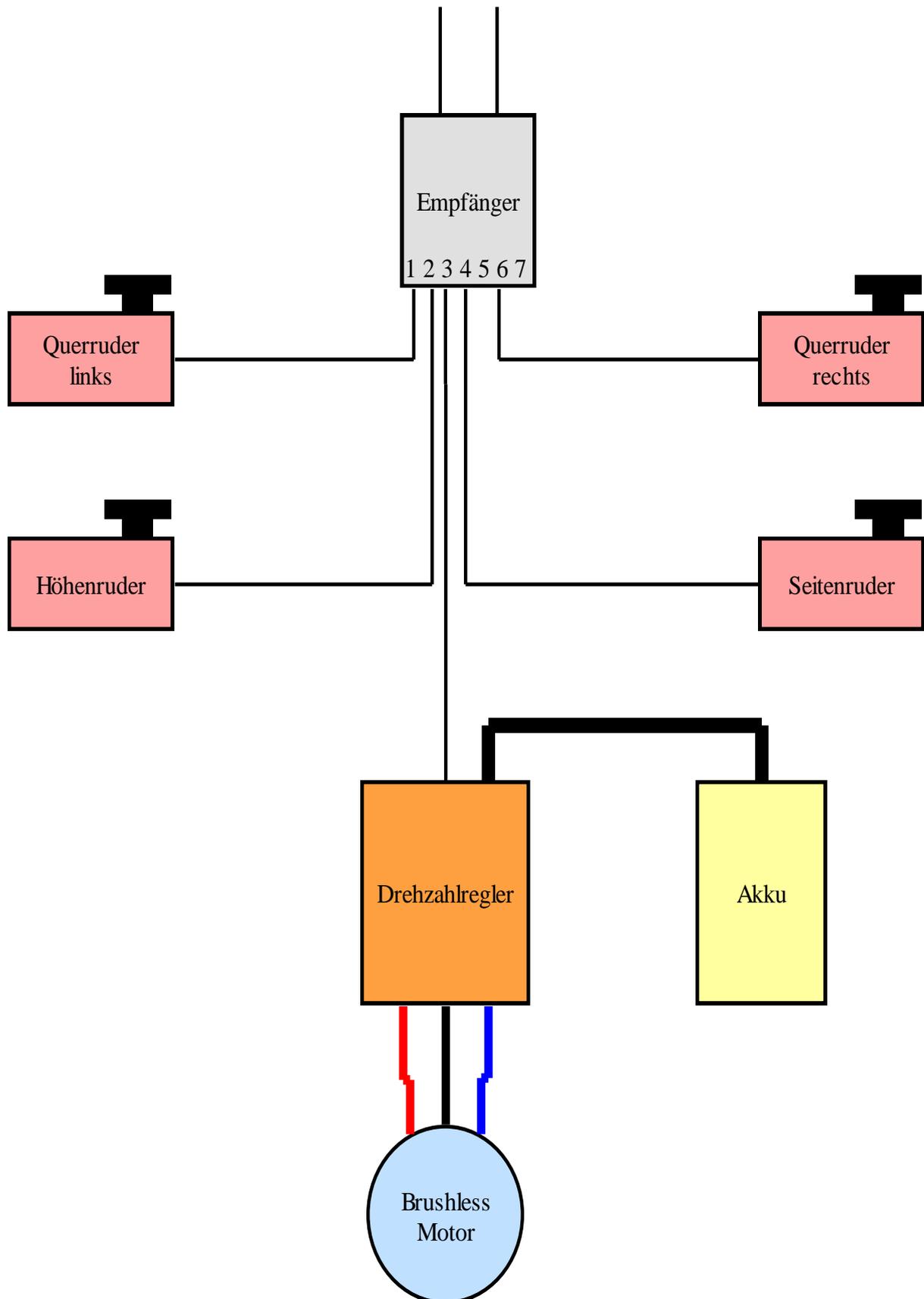
Ich habe ein symmetrisches Flügelprofil gewählt, da das Flugzeug ansonsten nicht die gewünschten Flugeigenschaften vorweisen würde. Denn ein symmetrisches Flügelprofil produziert nach oben und unten gleich viel Auftrieb, was unbedingt notwendig ist, um sowohl im Rückenflug als auch im Normalflug die gleichen Eigenschaften zu haben.

Ein asymmetrisches Profil wird bei Flugzeugen verwendet, welche nicht auf dem Rücken Fliegen müssen, wie zum Beispiel bei Langstrecken- und Segelflugzeugen. Ausserdem sind asymmetrische Profile einigies Effizienter, da sie im Normalflug mehr Auftrieb produzieren und weniger Luftwiderstand verursachen.

Kostenübersicht

Menge:	Ware:	Preis pro Stück CHF:	Preis CHF:
6	2mm Balsabrett	3.55	21.30
1	8mm Balsabrett	5.70	5.70
1	6mm Balsabrett	4.90	4.90
2	8mm Balsaholm	4.25	8.50
2	6mm Balsaholm	2.25	4.50
4	6mm Kiefernleiste	3.20	12.80
2	6mm Balsavierkantleiste	4.30	8.60
1	Flugzeugsperrholz	18.10	18.10
1	2mm Balsabrett gross	16.90	16.90
1	Papplersperrholz	10.50	10.50
4	1.5mm Balsabrett	2.20	8.80
2	Bespannfolie rot	13.50	27.00
2	Bespannfolie cubgelb	13.50	27.00
Total:			174.60

Verdrahtungsplan



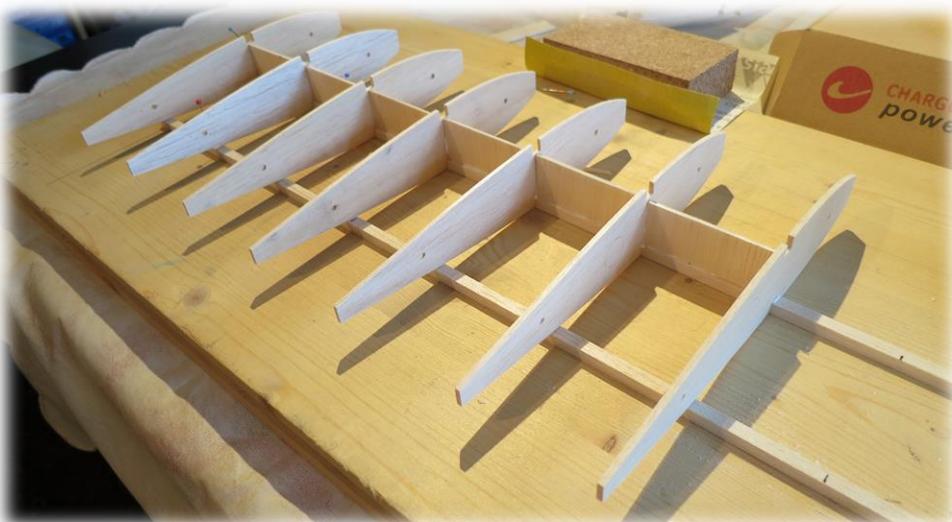
Bilder



Ausschneiden aller Rippen



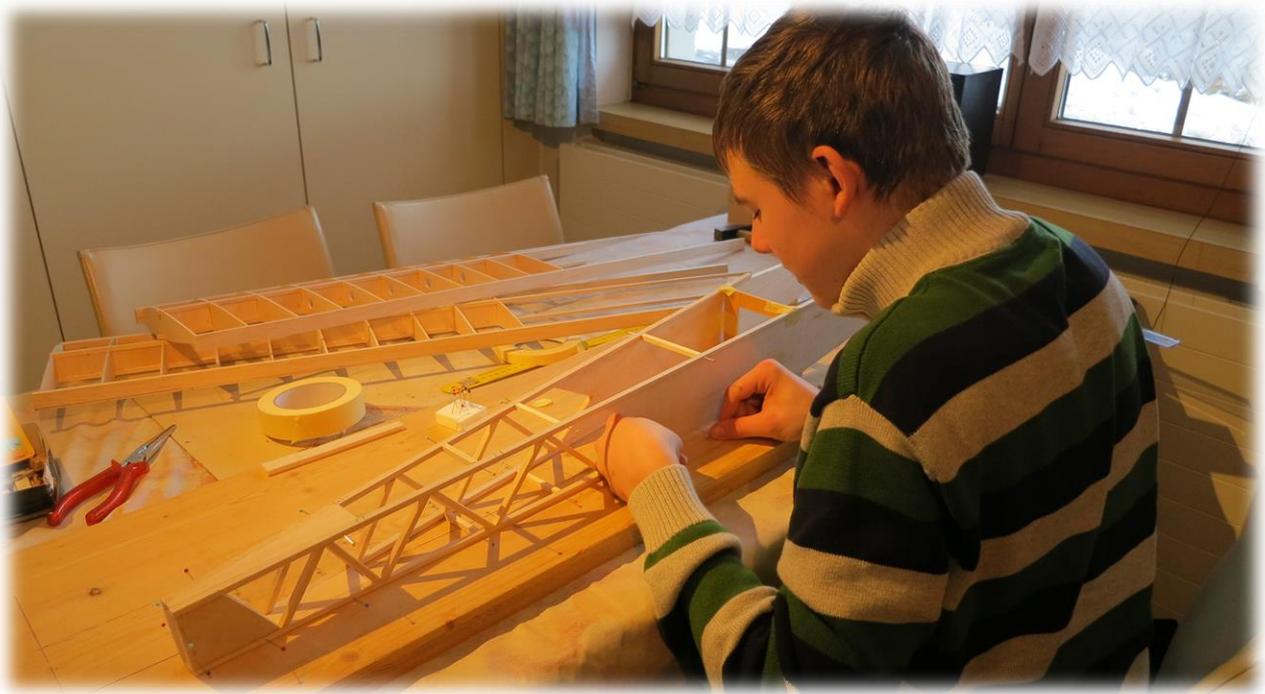
Bau der Tragflächen





Beplanken der Tragflächen

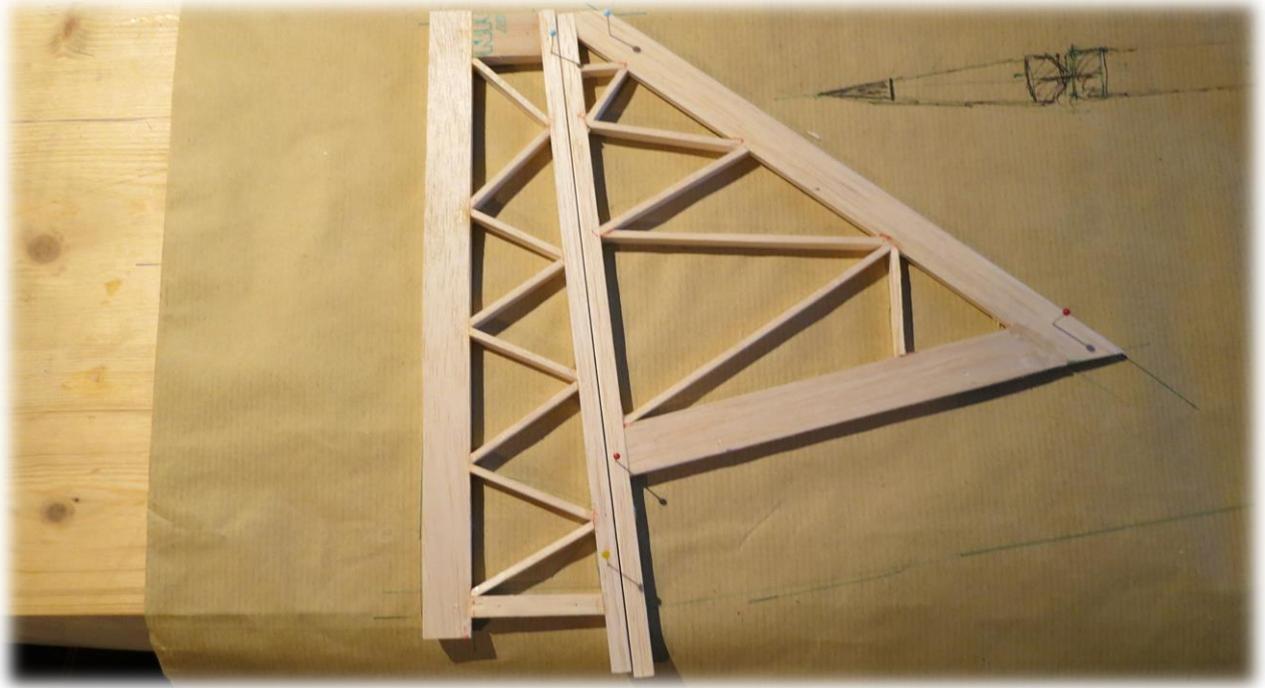




Bau des Rumpfes

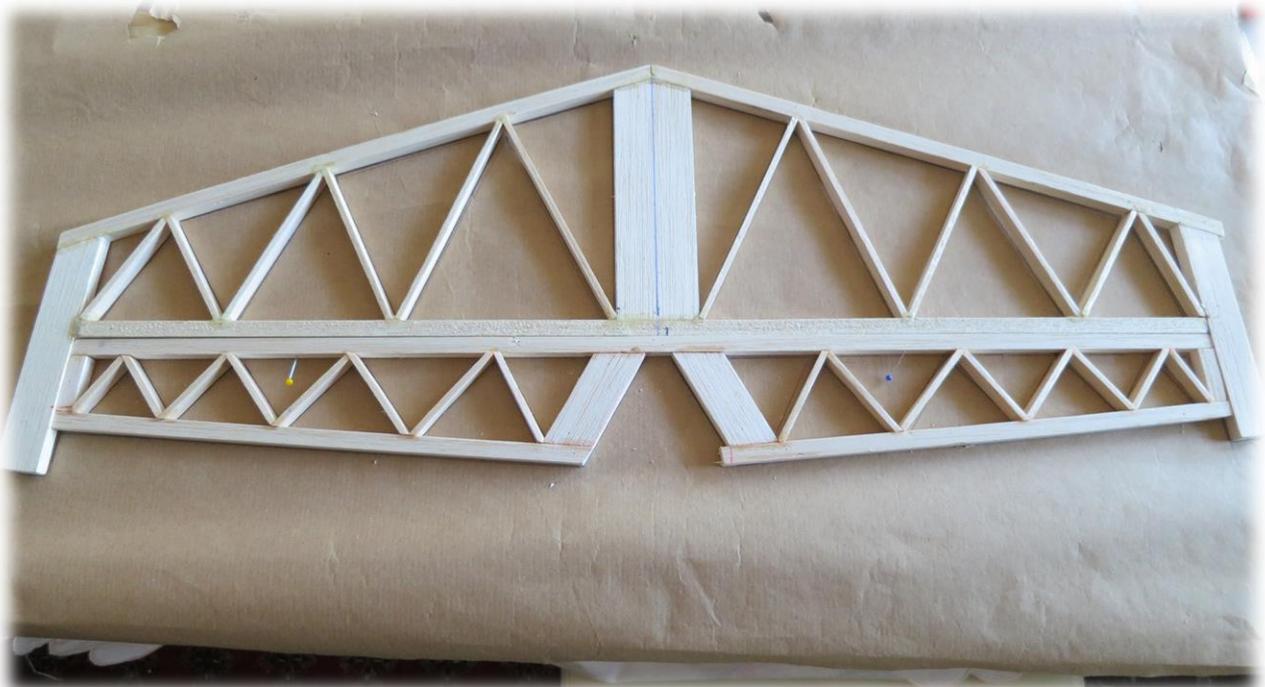
Halbfertiger Rohbau





Seitensteuer

Höhensteuer





Rohbau

Hinterteil des Rohbaus





Bespannen des Seitensteuers

Bespanntes Seitensteuer





Bespannen der Tragflächen

Bespannte Tragfläche





**Vergleich mit Fertigmodell
SBACH 342**

Vorbereitungen zum Start



Kurz vor dem ersten Start

