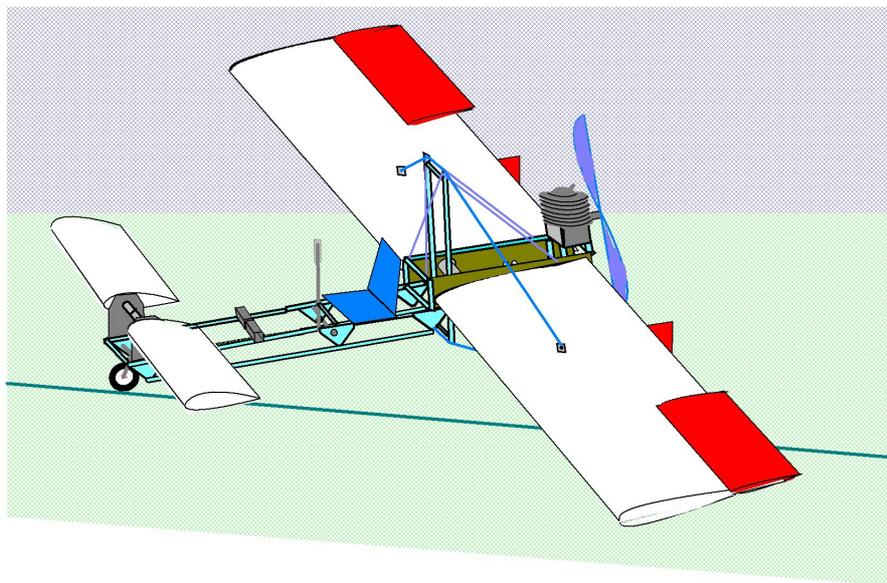


Canard „White Wings“ bauen und fliegen

2013 / Hans Ulrich Stalder / Visit www.quantophon.com

Version 5.0

Die „White Wings“ ist das erste Selbstbau-Flugzeug vom Baumarkt. Sie ist eine drei Punkt gesteuerte Ultra Leichte Ente (Starrflügler) und wurde ursprünglich für das Fliegen in den USA entworfen, nämlich als Ultralight Vehicle. Mit der neuen Ultraleicht 120 kg Klasse (LTF-L) ist dieses Fluggerät nun auch in Deutschland interessant geworden. Die notwendigen Anpassungen sind in dieser Dokumentation bereits berücksichtigt.



Dieses Flugzeug ist rein theoretischer Natur. Es ist nicht bestätigt, dass dieses Flugzeug weder fliegt noch den Sicherheitsnormen entspricht. Dieser Entwurf ist ohne Prüfung Dritter entstanden. Ein Nachbau geschieht auf eigene Gefahr. Bei allen Arbeiten sind die entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen vorzunehmen. Für allfällige Personen-, Sach- oder sonstige Schäden die im Zusammenhang mit dem hier vorgestellten Flugzeugprojekt entstanden sind oder entstehen könnten, lehne ich jegliche Haftung ab. Für das Einhalten der gültigen Vorschriften und Sicherheitsauflagen ist jeder selbst verantwortlich.

Unbedingt beachten – Nachfolgend ein Auszug aus dem Flieger-Forum **low and slow**, "einfach" Fliegen! ...das freundliche Ultraleichtforum

Selbstbau UL-Flugzeug vom Baumarkt nach LTF-L, 120 kg Klasse
TDC 24.10.2013, 23:47

... Also gut, dann muss ich hier auch mal ein paar unumstößliche Weisheiten loslassen. Und du kannst mir glauben daß die total fundiert sind, ganz ehrlich. Ich hab nämlich mal was über pschüslogo... plüschogol... ploschügolie gelesen. Über die Gefährlichkeit engagierter Menschen, die vielleicht sogar ein Buch gelesen haben. 1. Ganz harmlos und ungefährlich sind Menschen, die von einem Thema keine Ahnung haben, dies auch wissen und zugeben und dabei ihre unegalen Finger bei sich behalten. Sie sind nur manchmal lästig weil sie "dumme" Fragen stellen und staunend im Weg rumstehen. 2. Lästiger aber immer noch nicht gefährlich sind Menschen, die schonmal davon gehört oder gelesen haben und schon glauben, dir Tips geben zu können, weil sie gegenüber der Tatsache ignorant sind dass du schon Jahre an Erfahrung hast. 3. Ein durchaus zu bedenkendes Gefährdungspotential geht aber natürlich von Leuten aus die zwar überhaupt keine Ahnung vom Thema haben aber alles ungehemmt antatschen. Da langt aber meistens ein barsches "EY! Nich angrabbeln!" und die Gefahr ist gebannt. 4. Nicht ganz ungefährlich sind Leute, auf die Punkt 2. zutrifft und die aufgrund ihres vermeintlichen Wissens glauben ungefragt auch an sicherheitsrelevanten Teilen rumfummeln zu dürfen. Diese bis hier erwähnten Leute sind kurzfristige Gefahren, denen man durch abschließen der Hallentore entgehen kann. Die wirklich ungleich größere Gefahr geht von Leuten aus, die sich ohne entsprechende Ausbildung und Kontrolle einem Thema widmen. Sie lernen z. B. aus Büchern und Veröffentlichungen, aber was sie wirklich VERSTANDEN haben kann durchaus etwas gänzlich anderes sein als das was die jeweiligen Autoren vielleicht gemeint haben. Da fehlt einfach die Kontrolle, dass das Wissen korrekt beim Anwender angekommen ist. Fundierte Halbbildung! Jetzt können solche Leute zum Beispiel auf die Idee kommen, sie seien ausreichend gebildet um selbst ein Flugzeug zu konstruieren und auch nach fertigstellung sofort zu pilotieren. Im Normalfall kommt das Objekt nie vom Boden hoch und das ist auch gut so. In manchen Fällen kommt es aber durchaus vom Boden hoch - dann ist meistens eine ziemliche Katastrophe das Ende, deren bester Ausgang eine Menge gebrochener Knochen unseres DIY- Flugzeugkonstruktors beinhaltet. Den schlechtesten Ausgang des Grande Finale male sich jeder selbst aus. Aber das ist ja bei weitem noch nicht das schlimmste was solche Halbgebildeten tun können! Denn die können ja auch auf die Idee kommen selbst Autoren zu werden und ihre unausgegorenen Ideen in Form von Aufsätzen, Plänen, Anweisungen, Konstruktionsanleitungen, Vorträgen, Webseiten u. Ä. zu verbreiten. Wenn Sie dabei überzeugend wirken (und schließlich hat man ja vorher im Selbststudium all die richtigen Ausdrücke gelernt) können durchaus "normale" Leute denken der Typ würde tatsächlich was vom Thema verstehen, und befolgen jetzt die Anweisungen und Pläne im festen Glauben das ja alles seine Richtigkeit habe, weil ein "Experte" das alles richtig berechnet und überprüft habe. Und das ist nun wirklich nicht nur gefährlich, das ist eher schon kriminell. Dies ist außerdem eine Gefahr, der man allein durch abschließen der Hallentore nicht entgehen kann, weil sie ihr Gift bis direkt ins Gehirn ihrer Opfer träufelt. Nun gut, dieser Urzeitmöchtgervogel schreibt was von "nicht geprüft" und "auf eigene Gefahr". Ich hoffe das verstehen alle die es lesen! I rest my case, your honour! (Btw., ich habe übrigens durch entsprechendes Hochschulstudium mit Abschluss ein deutsches Ingenieurdiplom in Maschinenbau, Fachrichtung Leichtbau und Verbundfaser. Ich sags ja nur vorsichtshalber...)

Ende Zitat

Vorwort

Die Grundkonstruktion besteht aus zusammengesteckten Aluminium-Profilen von einem Gestell-Bausystem. Entworfen wurde dieses kostengünstige Flugzeug für den Heimwerker mit Fliegerambitionen. Dieses Flugzeug kann im Korridor gebaut und bei Nichtgebrauch an die Schlafzimmerwand gehängt werden.

Bis auf wenige Bestandteile können die dazu benötigten Bestandteile vom Baumarkt, Gartencenter oder im Eisenwaren-Geschäft um die Ecke bezogen werden. Da nur „weiche“ Materialien verwendet werden, wie Aluminium, Holz, Plastik, usw. ist keine hochgerüstete Eisenwerkstatt notwendig. Ein paar elementare Werkzeuge sollten natürlich schon zur Hand sein (mehr als zwei linke Hände sollte man auch nicht haben). Entweder wurden die Einzelteile, respektive Halbfabrikate, gekauft oder sie sind verschraubt. Dazu kommen noch ein paar Pop-Nieten. Auch das hantieren mit Epoxyd-Harz beschränkt sich auf simples mit dem Pinsel eindrücken und benötigt keine Vakuumiergeräte und dergleichen.

Der Fokus der „White Wings“ wurde auf wenig Gewicht, wenig Aufwand und wenig Kosten ausgelegt. Die Anschaffungskosten der dazu benötigten Materialien belaufen sich gut gerechnet bei Neuware auf etwas über 10'000 Euro (davon sind 6000 Euro für den Antrieb eingerechnet). Durch einen geschickten Einkauf können die Auslagen halbiert und das Gesamtgewicht kann weiter reduziert werden. Wenn auf Neuware verzichtet wird, tut sich eine ganze Welt von Möglichkeiten auf. Dies erfordert allerdings Erfindungsgeist und eine kritische Haltung was die Sicherheit betrifft.

Der Hauptvorteil von diesem Flugzeug liegt in seiner Einfachheit. Es ist Überschaubar und überzeugt durch das Erscheinungsbild – hoffentlich. Hohe Flugleistung und andere flugtechnischen Finessen haben sekundäre Priorität. Oder anders ausgedrückt, das Flugzeug entstand im Spannungsfeld von Flugphysik, Vorschriften, Flugeigenschaft, Gewicht, Preis, Ästhetik und - vor allem der Machbarkeit für den Normalbürger. So gesehen kann Jedermann/Frau dieses Flugzeug bauen und wie ein Motorrad fahren, respektive fliegen. Abgesehen von den rechtlichen Auflagen kann dieses Flugzeug ohne eine praktische Flugausbildung geflogen werden – Voraussetzung ist allerdings sich vorgängig eingehend mit Flugphysik befasst zu haben, im speziellen mit den Besonderheiten von Canard-Flugzeugen.

Damit kein Stress aufkommt, ist für das vorliegende Flugzeug mit einem Arbeitsaufwand von zirka 200 Stunden, im Alleingang über ein Jahre verteilt, zu rechnen. Bei konventionellen motorisierten Eigenbau-Starrflügler rechnet man bis 2000 Arbeitsstunden (z.B. beim ULF-2 in Holzbauweise). Die individuelle Komponente spielt dabei eine grosse Rolle. Zusätzlich sind die Lieferfristen der Zulieferer zu beachten. Auch das behördliche Abnahmeprozedere kann sich in die Länge ziehen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	2
Change-Log.....	5
Haftungsausschluss / Disclaimer.....	6
Hyperlinks.....	6
Urheberrecht / Copyright.....	6
Geschäft-Modell.....	6
Ultra Leichte (UL) Flugzeuge in der Schweiz und in den USA.....	6
1. Die „White Wings“ in Übersicht.....	7
2. Technische Daten.....	8
Allgemeine Daten.....	8
Zusammenfassung Gewicht und Preis	9
Antriebssystem mit Verbrennungsmotor	10
ENTEX Canard Berechnungsprogramm.....	11
Eingabewerte und Ergebnisse mit Verbrennungs-Motor.....	11
3. Technische Zeichnungen und Kommentare.....	13
Draufsicht und Vermassungen.....	13
Hinten Ansicht mit Flügel-Draufsicht.....	14
Steuerknüppel und -mechanik	15
Höhensteuerungs-Mechanik.....	15
Haupt-Flügel als zusammenhängendes Stück gefertigt	16
Haupt-Flügel bestehend aus zwei Flügelteile	17
Flügelquerschnitt mit Profil NACA 2412.....	19
Seitensteuerung.....	20
Seitensteuer-Mechanik im Detail.....	21
Quersteuerung.....	22
Canard-Flügel mit symmetrischem Pendelleitwerk.....	23
Symmetrisches Canard-Flügel Profil.....	23
Pendelleitwerke	23
Landesystem.....	24
Federsystem hinten.....	25
Bugrad-Halterung.....	26
Stossstelle Ausleger / Rumpf.....	28
Flugzeug Draufsicht mit durchnummerierten Teile.....	29
4. Konstruktionskonzept und Baubeschrieb.....	30
Zusammenbau.....	31
Dreiecks-Platten und andere Verstärkungen	31
Überrollbügel.....	33
Monocoque mit Sitzkomfort.....	33
Gewichtsreduktion.....	34
5. Flügel-Konstruktion generell.....	35
Abstrakt.....	35
Die Haupt-Flügel-Konstruktion.....	37
Vorbereitungsarbeiten bei zwei Einzelflügel.....	37
Vorbereitungsarbeiten bei vier Flügelteile.....	38
Nun geht es zur Sache.....	38
Die Canard-Flügel-Konstruktion.....	40
6. Ergänzende Informationen.....	41

Gewächshaus oder Party-Zelt	41
Flügel Ummantlung mit Glas-Hohlfasergewebe.....	41
Steckverbindungen.....	42
Einstellung der Flügelhalte Seil-Vorspannung.....	42
Montage vom 4 Punkte Anschlaggurt.....	43
Dem Fahrtwind ausgesetzte Löcher schliessen.....	43
7. Benötigtes Material.....	44
Materiallisten.....	44
Baumarkt Material	44
Material-Bilder.....	47
Steckverbinder von CAD-graphics & more.....	48
Metallbedarf von Rumpf, Landesystem und Steuerung.....	49
Metallbedarf Haupt-Flügel bei zwei Einzelflügel.....	51
Metallbedarf Haupt-Flügel mit vier Flügelteile	52
Metallbedarf Canard-Flügel.....	53
Diverses Material unterschiedlicher Lieferanten.....	54
Ergänzende Bilder.....	56
Gleitlager	57
Materialpläne.....	58
8. Kleine Einführung in Faserverbund-Werkstoffe	61
9. Die Canard „White Wings“ fliegen.....	63
Provisorische Zughilfe am Steuerknüppel.....	64
Anschlaggurte richtig anschnallen.....	64
Benötigte Apparaturen.....	65
Alternative zum Höhenmesser.....	66
Rolltests.....	67
Wichtig zu wissen.....	67
Erste Testflüge.....	67
Transport.....	67
10. Fragen und Antworten.....	68
11. Ausblick.....	70
12. Persönliches Nachwort an Ungehorsame.....	70

Change-Log

In dieser Aufstellungen werden wesentliche Änderungen gegenüber der vorhergehenden Version dokumentiert.

Datum	Version	
18.08.13	4.1	Change-Log eingeführt und den Rettungsfallschirm-Lieferant geändert
21.08.13	4.2	Die LTF-L setzt eine Flügelbelastung 25 kg/m^2 <u>inkl. einem Pilotengewicht von 100 kg und zusätzlichem Benzin</u> voraus. Dies zu erfüllen hatte diverse Anpassungen am ganzen Flugzeug zur Folge. Im Weiteren wurden neueste Erkenntnisse berücksichtigt und dokumentiert.
23.08.13	4.3	a) Beim Canard-Flügel wurde das Gleitlager-Konzept ersetzt.
		b) Beim Haupt-Flügel wurde die bestehende tragende Konstruktion mit Drahtseil-Verstärkungen entlastet. Für die Drahtseil-Halterungen wurden vertikale Alu-Vierkantrohre eingesetzt.
		c) Zusätzlich wurden diverse Text-Korrekturen vorgenommen.
27.08.13	4.4	Wie das Einstellen der Drahtseil-Vorspannung erfolgen kann wurde dokumentiert.
29.08.13	4.5	Die Bugrad-Gabel im Selbstbau wurde entworfen.
06.09.13	4.6	a) Die bestehenden 2D-Zeichnungen mit neuer Vermassung versehen (mit sPlan7, das Zeichnungsprogramm für Elektriker hat nun diese Funktion).
		b) Nicht zwingende Verstärkungen zu Gunsten anderer Elemente entfernt. Beim Hauptflügel wird ein zusätzliches Glas-Hohlfasergewebe vorgesehen.
		c) Die Bugrad-Halterung inkl. Ansteuerung. gezeichnet und dokumentiert. Zusätzlich wurden diverse kleinere Anpassungen vorgenommen.
10.09.13	4.7	Der hinter dem Piloten-Sitz positionierte Überrollbügel wurde entfernt und mit den etwas weiter hinten vertikalen Rohren der Drahtseil-Verstärkung vom Hauptflügel kombiniert (siehe 4.3 b). Dabei wurden die Seilhalterungs-Rohre von Alu-Rechteckrohren auf Alu-Rundrohre gewechselt und eine zusätzliche Drahtseil-Verstärkung gegen das Abkippen in Rumpf-Längsrichtung vorgesehen.
19.09.13	4.8	a) Die Alu-Konstruktion mit Bilder der Verstärkungs-Elementen bebildert.
		b) Die Einkaufs- und Gewichts-Listen mit (fast) allen Kleinteilen ergänzt.
		e) Die Flügel-Dokumentation teilweise ersetzt und mit Detail-Zeichnungen ergänzt.
		d) Der Umfang der Änderungen hat eine generelle Überarbeitung der Dokumentation nach sich gezogen.
07.10.13	4.9	Einen zusätzlichen, durchgehenden „Holm“ von 120 Millimeter Höhe beim Hauptflügel entwickelt – ein stehendes GFK-Wellenprofil (die Dickenrücklage ist bei NACA Profilen immer bei 30% ab Flügel Nase – das ist die Holmposition).
24.10.13	5.0	Die Hauptflügel alternativ auf vier Teile aufgeteilt. Damit ist das längste Teil am Flugzeug nur 2,3 Meter lang und alles kann in einem Van transportiert werden.

Haftungsausschluss / Disclaimer

Für fehlerhafte und korrekte Angaben und deren Folgen kann weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernommen werden.

Hyperlinks

Ich distanzieren mich hiermit ausdrücklich von allen Inhalten aller verlinkten Seiten und mache mir diese Inhalte nicht zu eigen. Diese Erklärung gilt für alle angezeigten externen Links und für alle Inhalte fremder Seiten, zu denen in diesem Dokument sichtbare Banner, Buttons und sonstige Verweise führen.

Urheberrecht / Copyright

Urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Diese Dokumentation darf kopiert und weitergeleitet werden solange keine kommerziellen Absichten dahinter stehen. Kopieren von Bildern und Text für gewerbliche Zwecke bedarf einer schriftlichen Genehmigung.

Im Zusammenhang mit einem Canard-Flugzeug, wo ersichtlich ist, dass dessen Ursprung diesen hat, sind die vorliegenden Flugzeugbezeichnungen urheberrechtlich geschützt. Eine Benutzung derselben ist für Eigenbauer frei, andernfalls bedarf es einer schriftlichen Genehmigung. Bilder, Daten und Dokumente die in diesem Werk mit einer Quellenangabe versehen sind oder offensichtlich ist, dass diese Daten nicht der geistigen Schöpfung des Urhebers von diesem Werk entsprungen sind, sind ebenfalls ausgenommen. In den vorliegend aufgezählten Fällen gelten die Bestimmungen des Ursprungs.

Geschäft-Modell

Für dieses Projekt gibt es kein Geschäfts-Modell. Es wurde ausschliesslich für den Selbstbau privater Personen und Interessengemeinschaften ohne kommerzielle Absichten entwickelt.

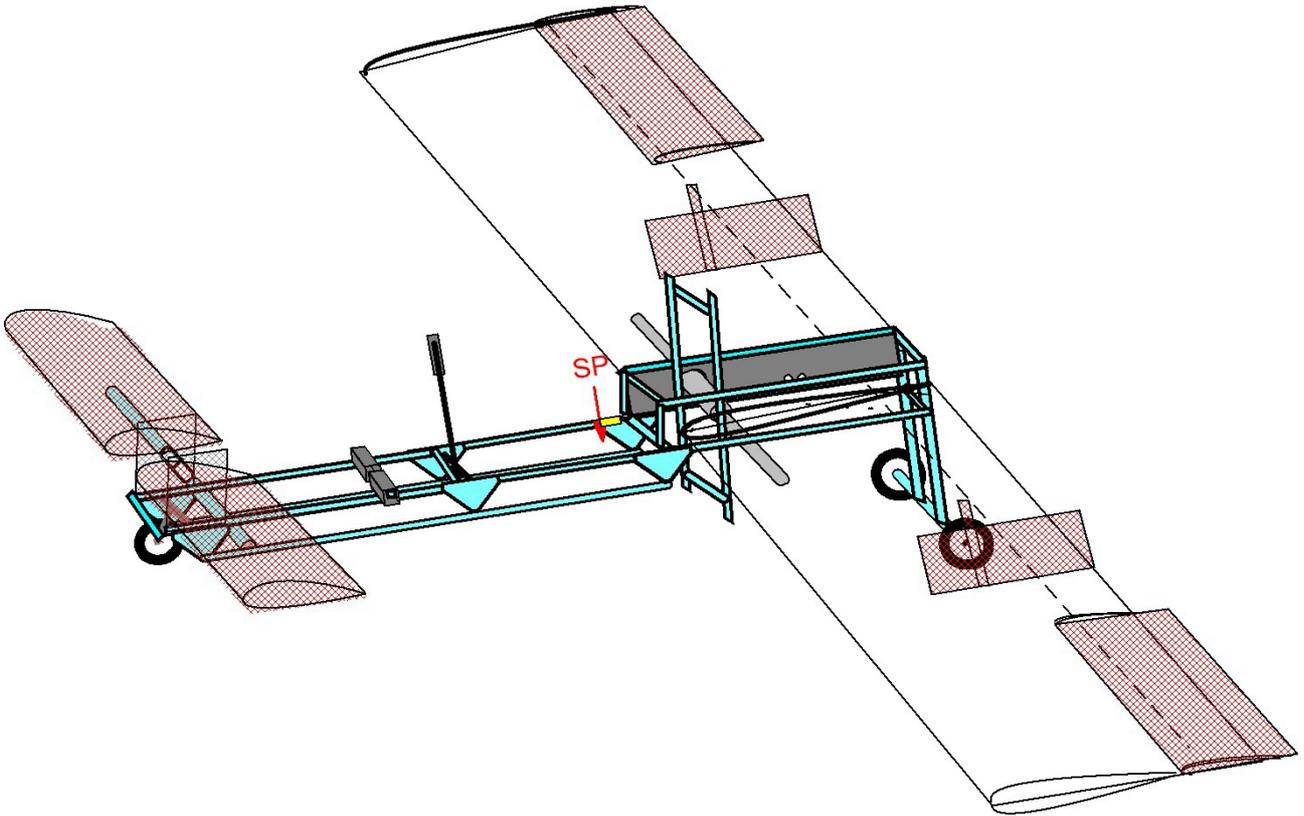
Ultra Leichte (UL) Flugzeuge in der Schweiz und in den USA

Diese Kategorie gibt es in der Schweiz nicht. ... In den USA vermeidet die Federal Aviation Administration (FAA) in den Vorschriften strikt den Begriff „Ultraleichtflugzeug“ und schreibt konsequent „Ultralight Vehicle“, derweil es ausdrücklich keine Vorschriften für die Ausgestaltung dieser auf jeden Fall einsitzigen Geräte gibt, die ohne Pilotenschein geflogen werden dürfen. Sie können nicht schneller als 55 kt (102 km/h) fliegen, müssen bei 25 kt (46 km/h) noch flugfähig sein, dürfen nicht mehr als 5 Gallonen (18,9 l) Kraftstoff mitführen und ihr Leergewicht ist strikt auf 254 lbs (115 kg) zuzüglich Gesamtrettungssystem und Schwimmer begrenzt. Für diese Ultraleichtfluggeräte (*FAR Part 103*) wird in den USA weder eine Flugausbildung noch eine gültige Fluglizenz oder ein Führerschein verlangt.

Quelle (24.4.2013): <http://de.wikipedia.org/wiki/Ultraleichtflugzeug>

1. Die „White Wings“ in Übersicht

Der „White Wings“ Rumpf besteht aus zusammengesteckten Alu-Vierkantrohren basierend auf einem Gestell-System mit Kunststoff-Steckverbindungen, sowie aus handelsüblichen Alu-Rundrohren. Das Antriebssystem besteht aus einem Benzin-Motor am hinteren Rumpfende und einem „Pusher Propeller“.



Die "White Wings" im Durchblick; gelb die Verbindungsstelle Ausleger / Rumpf.

2. Technische Daten

Allgemeine Daten

Flugzeugname	„White Wings“
Flugzeugtyp	Starrflügler Ente
Flugzeug-Klasse	Ultra Light 120 kg nach LTF-L (USA: Ultralight Vehicle)
Steuerung	aerodynamisch
Besatzung	1
Sitz-Position Millimeter bei 80 kg Pilot-Gewicht	1730
(eine grössere Abweichung vom Pilot-Gewicht erfordert eine Neuberechnung ¹ , für die Flügelfläche-Belastungsberechnung wurden 100 kg Pilot-Gewicht angenommen)	
Schwerpunkt-Lage ab Rumpfspitze	1830 mm
MTOW	232 kg
Leermasse	118 kg
Kabine	offene Auslegung
Bodensteuerung	Schwenkrad vorn mit Seitensteuerung gekoppelt
Rumpflänge	3,0 m
Gesamtlänge flugbereit	3,2 m
Sitzhöhe	0,8 m
Spannweite	8,0 m
Profil-Hauptflügel	NACA2412
Haupt-Flügelfläche	8,0 m ²
Hauptflügel Streckung	8,2
Geometrischer Neutralpunkt	25,8 cm
Flächenbelastung	24,9 kg/m ² (inkl. Canard-Flügel)
Leitwerksart Canard	Pendelleitwerk
Profil Canard-Flügel	NACA0012
Canard-Flügel Spannweite	3,4 m
Canard-Flügelfläche	1,5 m ² (20-30% der Flügelfläche!)
Canard-Flügel Streckung	7,7
Geometrischer Neutralpunkt Canard	12,5 cm
Querruderfläche	0,95 m ²
Seitenruderfläche beide	1,0 m ² (10-20% der Flügelfläche)
Antriebssystem	Verbrennungs-Motor, 20 kg inkl.
Druckschraube	Propeller Ø 1,2 m (max. Ø 1,6 m)
Treibstoff	Benzin 13 kg

1) Mit drei Personenwaagen kann der effektive Schwerpunkt (SP) durch Auswiegen vom Flugzeug, inkl. Pilot, wie folgt berechnet werden: $SP = \text{Gewicht_hinten} * \text{Abstand_Messpunkte} / \text{Gesamtgewicht}$.

Stand breite (Flügel demontiert)	0,7 m (ohne Räder-Achse 45 cm)
Standhöhe flugbereit	1,9 m
Standhöhe ohne Überrollbügel, Motor, Räder	1,1 m
Haupt-Flügelänge inkl. Holm-Halterung, etc.	2 x 4 m
Canard-Flügelänge inkl. Holm-Halterung	2 x 1,7 m
Rumpflänge ohne Ausleger vorn	1 m
Ausleger vorn	2,2 m
Zeitlicher Aufwand vom Zusammenbau, zirka	2 Std.
Federung hinten	bedingte Einzeldradaufhängung
Bremssystem	Trommelbremse vorn
Sicherheitssystem	Rettungsfallschirm
Abhebebeschwindigkeit	55 km/h ²
Sichere Take-off Geschwindigkeit	> 60 km/h
Zulässige Höchstgeschwindigkeit	110 km/h (USA 102 km/h)
Reisegeschwindigkeit	≈ 90 km/h bei 20 kW (27 PS)
Bestes gleiten	≈ 80 km/h
Geringstes sinken	≈ 70 km/h
Abrissgeschwindigkeit (Stall)	≈ 40 km/h (Abhebebeschw. / 1,3)
Maximale Reichweite	≈ 300 km (Antriebssystem abhängig)
Steigwinkel	≈ 4°
Startrollstrecke Betonpiste	≈ 90 m
Startrollstrecke über ein 50 ft Hindernis	≈ 250 m

Zusammenfassung Gewicht und Preis

Beschreibung	Gewicht in kg	Auslagen in Euro
Baumarkt Material	22	850
Metallbedarf von Rumpf, Landesystem und Steuerung	20.3	830
Metallbedarf Haupt-Flügel	13	420
Metallbedarf Canard-Flügel	4.9	190
Diverses Material unterschiedlicher Lieferanten, inkl. Antrieb	67.6	7900
Abzüglich Bohrungen, Abschnitte, aufgerundete Gewichtsangaben und zusätzliche Bohrungen für die Gewichtsreduktion, siehe Kapitel „Gewichtsreduktion“	-9.8	0
Gewicht und total Kosten Neuware	118	10190

² Ab hier sind alles nur Schätzungen.

Antriebssystem mit Verbrennungsmotor

Wenn MTOW das Gewicht von 200 kg übersteigt, ist ein Antriebssystem von über 30 KW (40 PS) empfehlenswert. Der Propeller-Durchmesser darf nicht grösser als 1,6 Meter sein. Falls es das Leermasse-Gewicht zulässt, ist einem Viertakt-Motor der Vorrang zu geben (das benötigte Motorenöl kommt zum Gesamtgewicht dazu).

Beispiel mit Ciscomotors-Antriebssystem mit 20 kg Gesamtgewicht
(www.ciscomotors.com)

Propeller diameter: 1220 mm

Tank: 12 Liter

C-Max Engine Modello "S"

Original Technical Data:

ENGINE : Two - Stroke Single Cilinder

CYLINDER : Aluminium with nichel treated

barrel w/6 scavenge ports

BORE x STROKE : 51 X 47 mm

DISPLACEMENT : 175cc

COMPRESSION RATIO : 12:1

INTAKE : By 6 blade reed valve in crankcase

CARBURETTOR : Walbro WB series

MAXIM POWER : 20 KW / 8000 rpm (27 PS)

MAX TORQUE : 22 Nm / 7700 rpm

MAX ROTATION 8100 giri

IGNITION : Electronic inductive

STARTER: Mauual

TRASMISSION : Belt 508 PV-14G

REDUCTION : Pulley 1/2,6 (Optional 1/2,8 1/3)

SUPPORT ENGINE : 4 Silent-Block radial

FUEL : Unleaded NC 623-02 R.O.N. 95

addition 3% oil syntetich

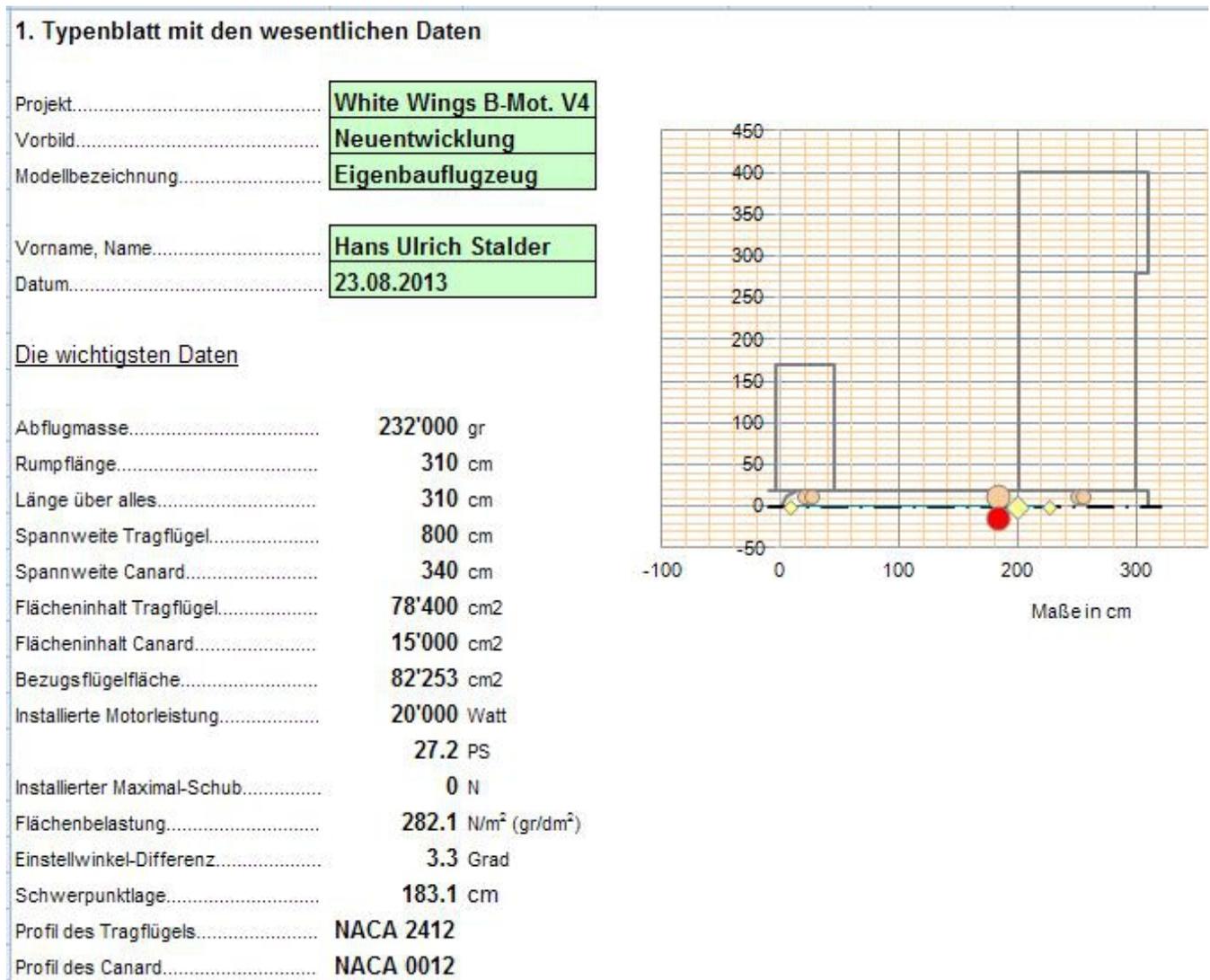
WEIGHT: Engine complete 14.2 KG

WEIGHT: Engine complete of Balance shaft 14.6 KG

ENTEX Canard Berechnungsprogramm

Excel-Programm zur Berechnung von Entenflugzeugen im Modellmassstab - nicht kommerzielle Verwendung (www.modell-aviator.de).

Eingabewerte und Ergebnisse mit Verbrennungs-Motor

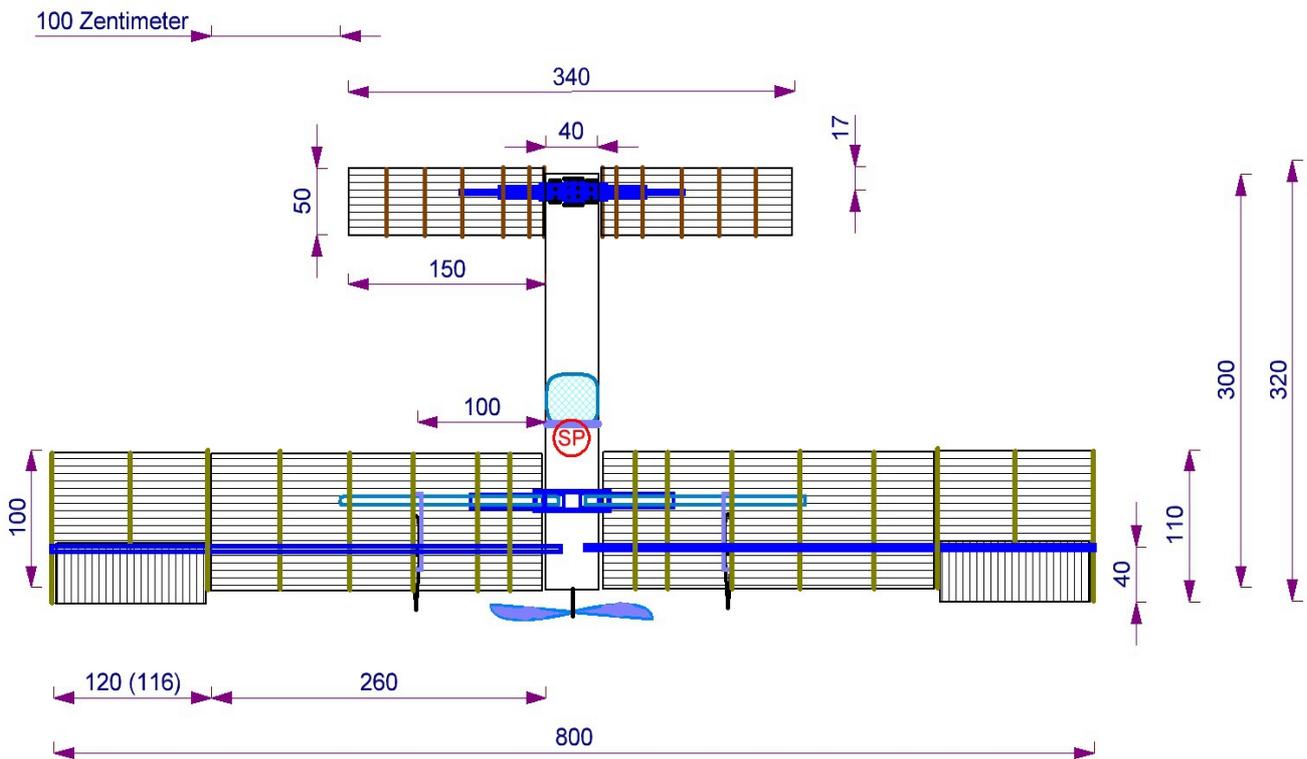


Die ausgewiesene Flächenbelastung basiert auf der Bezugsflügelfläche und entspricht nicht der Berechnungsmethode der LTF-L. Andere Berechnungsmethoden sowie die diesbezüglichen Beobachtungen im Internet bestätigen aber die Ergebnisse. Somit besteht eine legitime Berechtigung sich auf dieses Programm abzustützen. Leider ist das Begleitbuch zum Programm nicht mehr erhältlich. Dies verhinderte das Ausschöpfen sämtlicher Möglichkeiten, wie zum Beispiel die Berechnung vom Energiebedarf.

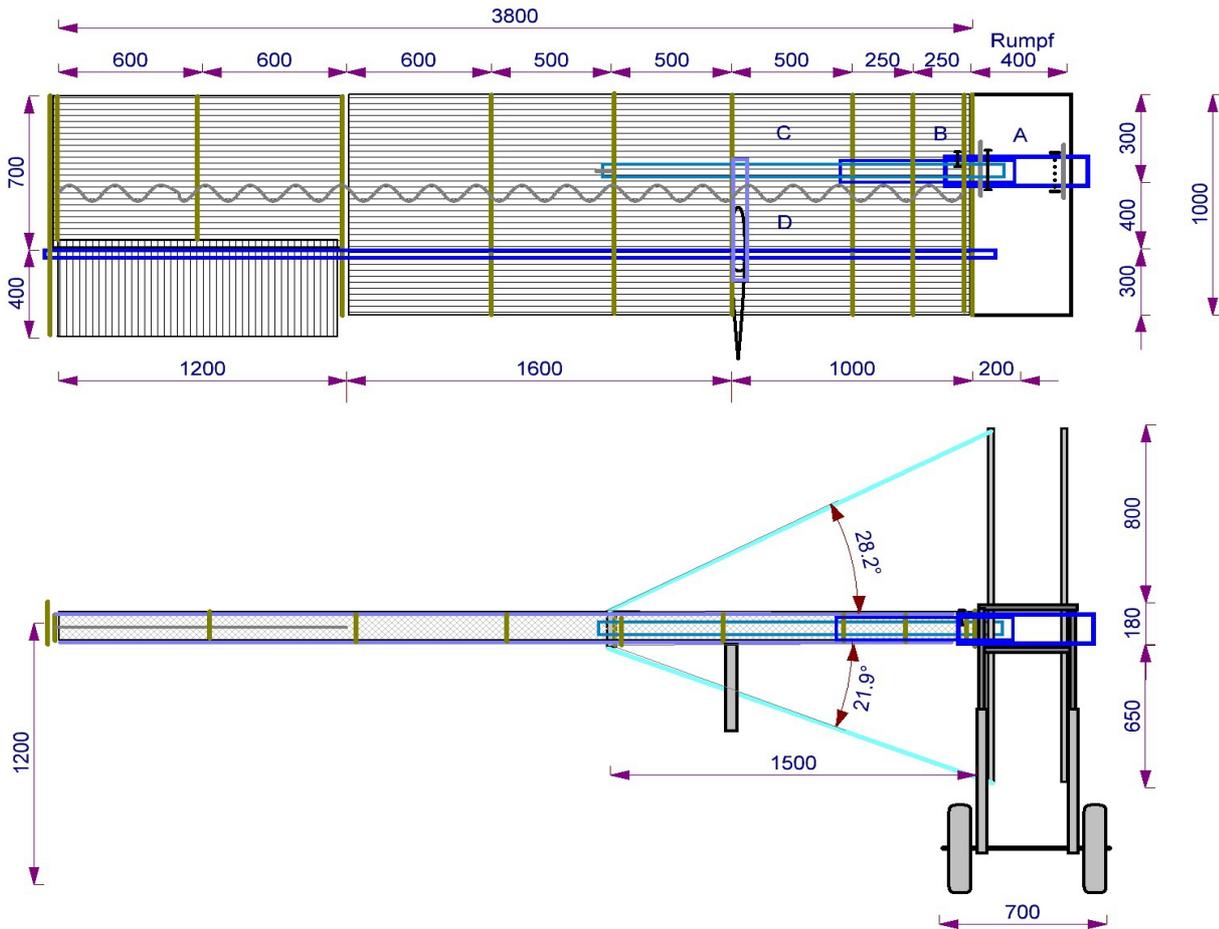
3. Flugzeugmasse und Schwerpunktlage											
Projekt: White Wings B-Mot. V4						Einbauort ab Rumpfspitze					
Bauteil	Auswahl		Anzahl	Faktor Bauart	Gramm g	Einbauort ab Rumpfspitze		% l_R	m_{Teil}	$m_{Teil} \text{ mal } X_{Teil}$	
	x					Vorschlag cm	anders eingeben cm				
GFK-Rumpf			0	0.05	425	155		50%	0	0	
Holzrumpf			0	0.10	786	155		50%	0	0	
Anderer Rumpf	x		1		52000	155	220	71%	52'000	11'440'000	
Tragflügel											
Innenflügel	Der Baufaktor kann gewählt werden			0.80	12272	232		75%	12'272	2'852'472	
Außenflügel				1.00	8303	237		77%	8'303	1'971'396	
Canard	0,8 sehr leicht			0.80	2175	20		6%	2'175	43'500	
Winglets	1,2 schwer			0.00	0	25		8%	0	0	
Steuerung											
			Anzahl	Masse (g)							
Antrieb											
			Anzahl	Masse (gr)							
E-Motor mit Propeller			1	1	15	15	300	280	90%	15	4'200
V-Antrieb mit Propeller	x		1	1	20000	20000	295	300	97%	20'000	6'000'000
Tank leer	x		1	1	1000	1000	237	220	71%	1'000	220'000
Tankfüllung	x		1	1	15000	15000	237	220	71%	15'000	3'300'000
Akkuzellen			1	1	30000	30000	155	10	3%	30'000	300'000
Fahrwerk											
Bugfahrwerk	x		1		2200	2200	20	15	5%	2'200	33'000
Hauptfahrwerk	x		1		9000	9000	226	310	100%	9'000	2'790'000
Zubehör											
Kabine			1		0	0	103	50	16%	0	0
Sonstiges			1	1	0	0		180	58%	0	0
Bleizugabe											
			ganz vorn		0		10	0	0%	0	0
			ganz hinten		0		305	0	0%	0	0
									231'974	42'555'985	
Soll-Schwerpunkt			183	cm	alles paßt						
Ist-Schwerpunkt			183	cm							
Masse (gerundet)			232'000	g							
Anteil Trimm-Masse			0%								

3. Technische Zeichnungen und Kommentare

Draufsicht und Vermassungen



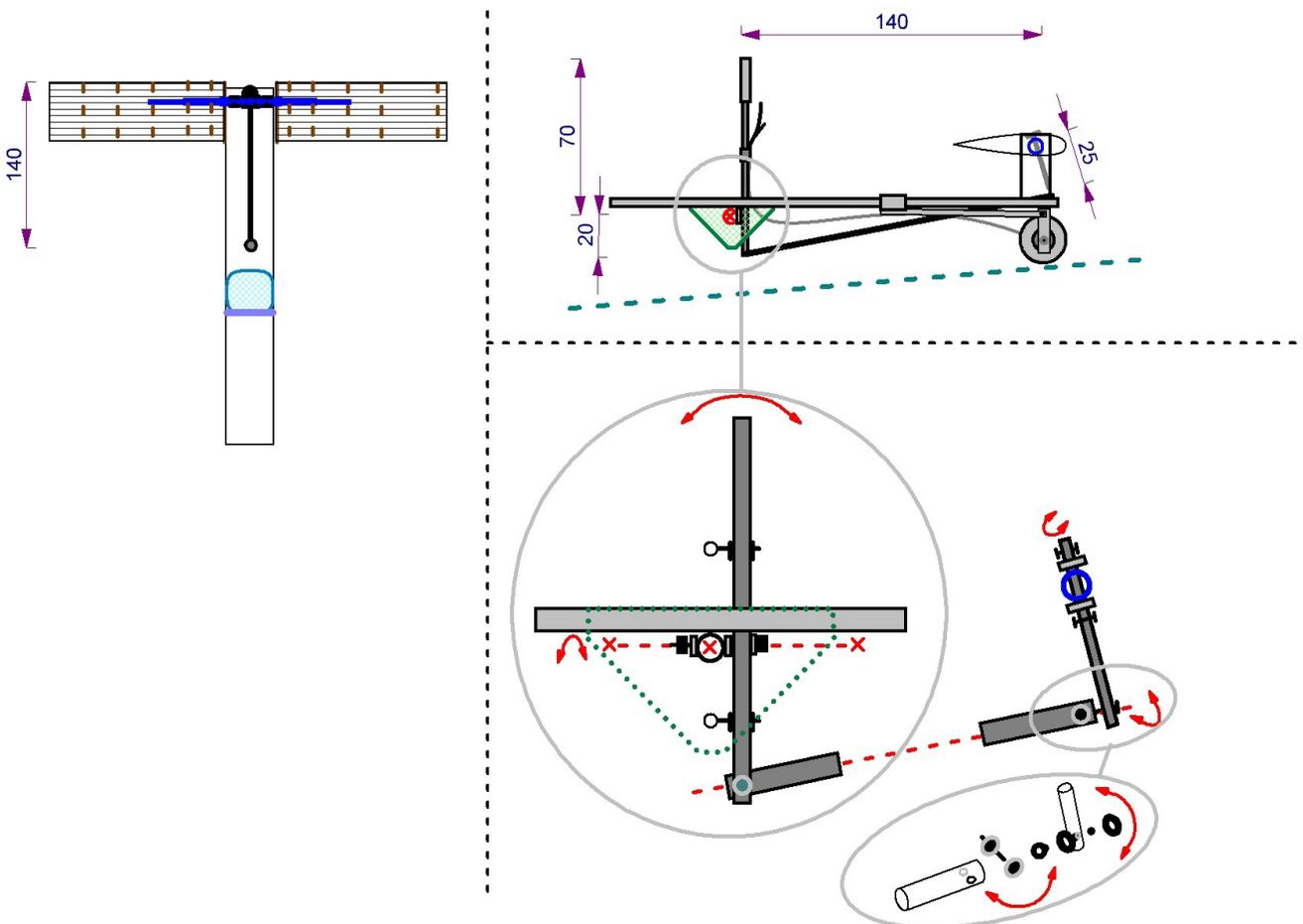
Hinten Ansicht mit Flügel-Draufsicht



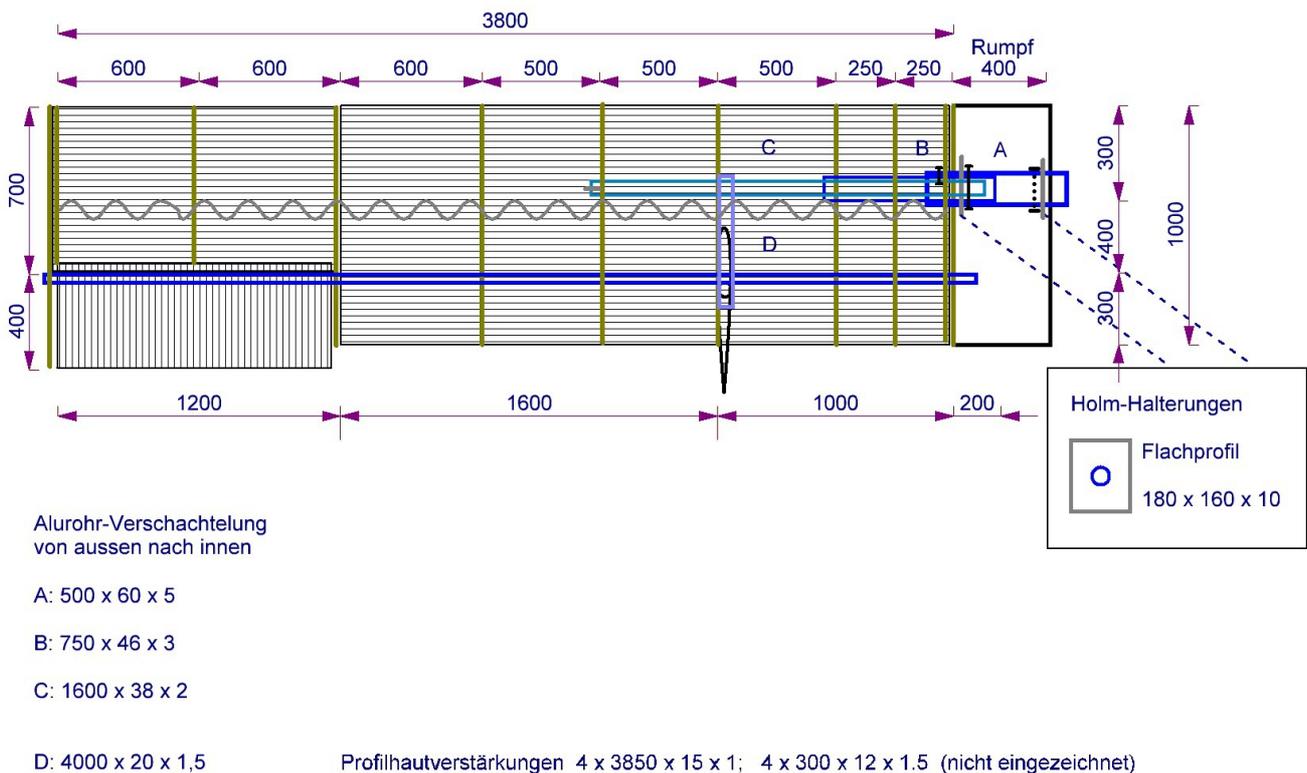
Steuerknüppel und -mechanik

Der Drehpunkt vom Steuerknüppel ist knapp unterhalb der Auslegerstangen (siehe nächstes Bild). Der Steuerknüppel selbst ist schwenkbar mit einer Schraube an einem drehbaren Alu-Rohr befestigt, welches quer unterhalb der Auslegerstangen verläuft. Beidseitig wird dieses Alu-Rohr durch die Alu-Dreiecksplatten geführt und ist drehbar gelagert. Die Verbindung Steuerknüppel/Flügelachse (Canard-Flügel-Holm) wird mit einem Alu-Rohr realisiert. Dieses führt vom nach unten verlängerten Steuerknüppel bis zur Flügelachse, respektive dem nach unten gerichteten Holm-Dorn. Die Seile für die Querruder-Steuerung führen vom Steuerknüppel seitlich weg auf Umlenkräder am Auslegergestänge. Ein (Feststell-) Bremshebel der Vorderradbremse ist unterhalb vom Steuerknüppel-Griff montiert.

Höhensteuerungs-Mechanik



Haupt-Flügel als zusammenhängendes Stück gefertigt

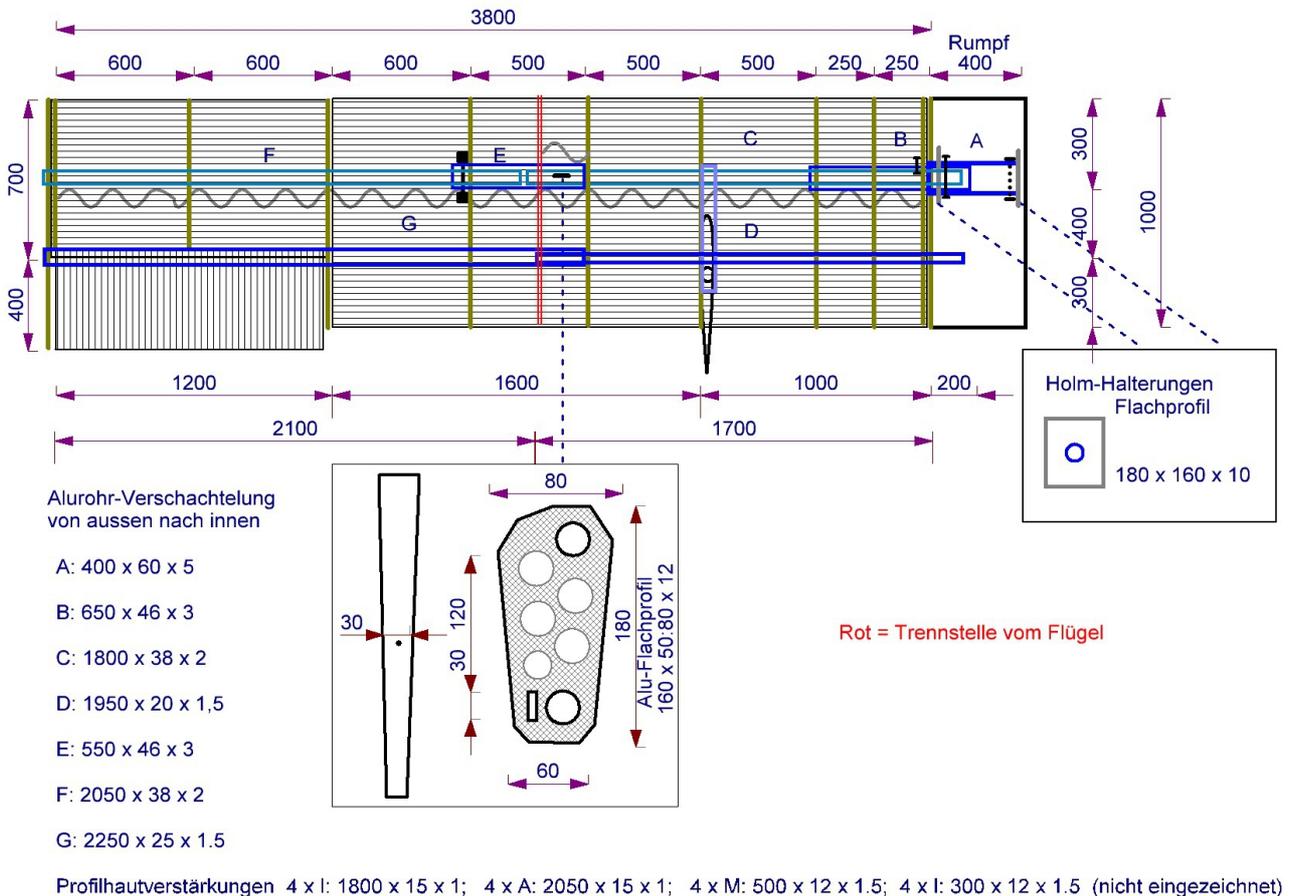


Die Flügel-Holme bestehen aus zusammengesteckten Alu-Rundrohren. Es wurde angestrebt, dass die Rohre ein bis zwei Millimeter Luft zueinander haben. Wenn die Rohre unter Berücksichtigung vom erforderlichen Durchmesser und der Wandstärke nicht erhältlich sind und daraus grössere Abstände von Rohr zu Rohr resultieren, muss das innere Rohr mit Selbstklebe-Alu-Band umwickelt werden. Es darf kein spürbarer Rohr-Abstand vorliegen.

Was die verschachtelten Rohre betrifft, die den Übergang zum Rumpf bilden, ist bei der Bruchbelastungsberechnung zu berücksichtigen, dass das Gewicht der Flügel nicht mit eingerechnet werden darf, da sich die Flügel bekanntlich selber tragen. Bei diesem Flugzeug machen alle Flügel zusammen fast die Hälfte vom leeren Flugzeug aus, das sind 40 bis 50 Kilogramm.

Die Alu-Rohre der Profilhautverstärkungen werden nach dem anstecken vom Flügel an den Rumpf mit Bolzen am Herausrutschen gehindert.

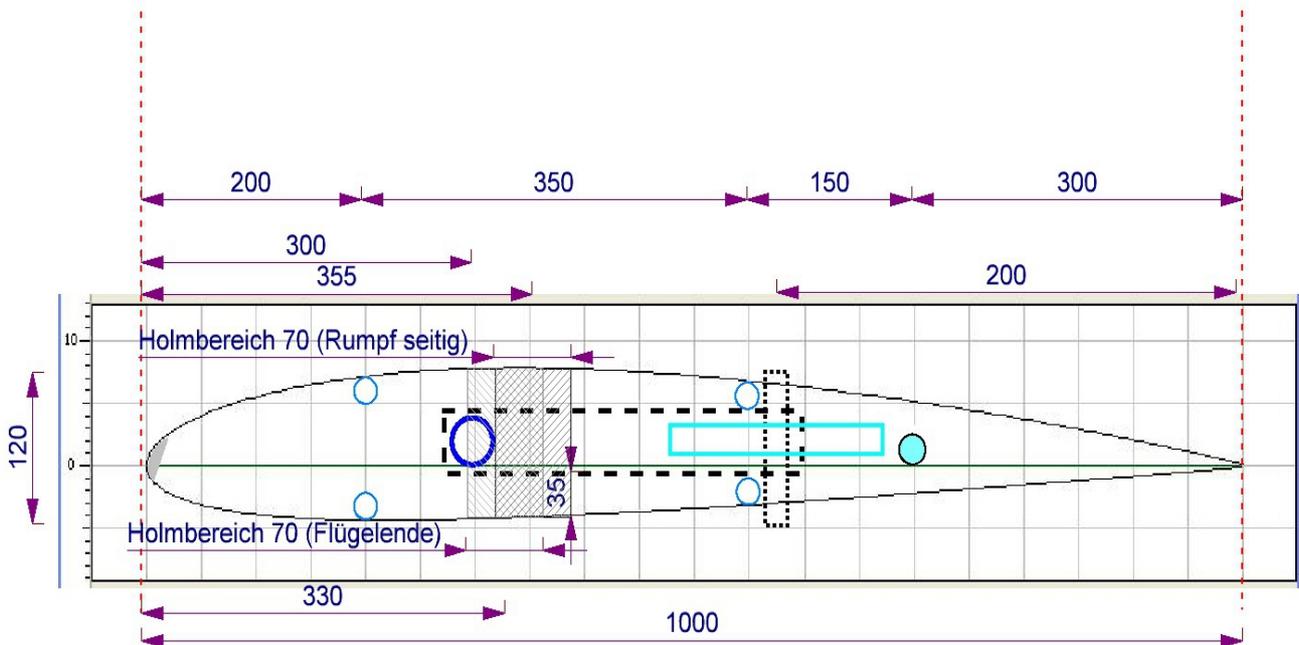
Haupt-Flügel bestehend aus zwei Flügelteile



Wird der Hauptflügel aus zwei Teilen gefertigt, können die Flügelteile innerhalb von einem Van transportiert werden. Der Nachteil dabei ist, dass die Flügel mehr Gewicht auf die Waage bringen. Um trotzdem das geforderte Maximalgewicht einzuhalten, ist zusätzlicher Aufwand wie folgt beschrieben, notwendig. Nachdem das Flugzeug inklusive Antriebssystem zusammengebaut wurde, ist der Rumpfteil wieder in seine Einzelteile zu zerlegen. Ausser auf den Aussenseiten der Rohre sind 18 Millimeter grosse Löcher zu bohren. Dabei ist von Bohrung zu Bohrung ein Abstand von einem Zentimeter einzuhalten und oben, Mitte und unten jeweils zueinander versetzt zu bohren. Bei bereits bestehenden Bohrungen ist ab Lochrand ein Abstand von zwei Zentimeter über alle Seiten einzuhalten. Nie näher als sechs Zentimeter am nächsten Rohr bohren.

Zum Flügelzusammenbau ist zu vermerken, dass zuerst die Flügelteile zusammengesteckt und am Rumpf befestigt werden. Dann wird der konisch geformte Seilhalter (Plan Nr. 5.b) mit dem oberen Seil verbunden und durch die Holm-Rohre gesteckt, die damit durch diesen Seilhalter verbunden werden. Danach wird der Seilhalter mit dem Querstift fixiert und das untere Seil mit dem Seilhalter verbunden und gespannt. Letztlich werden die Überlappungen der Alu-Rohre (Profilhautverstärkungen) mit Kugel gesicherten Bolzen zusammengehalten.

Flügelquerschnitt mit Profil NACA 2412

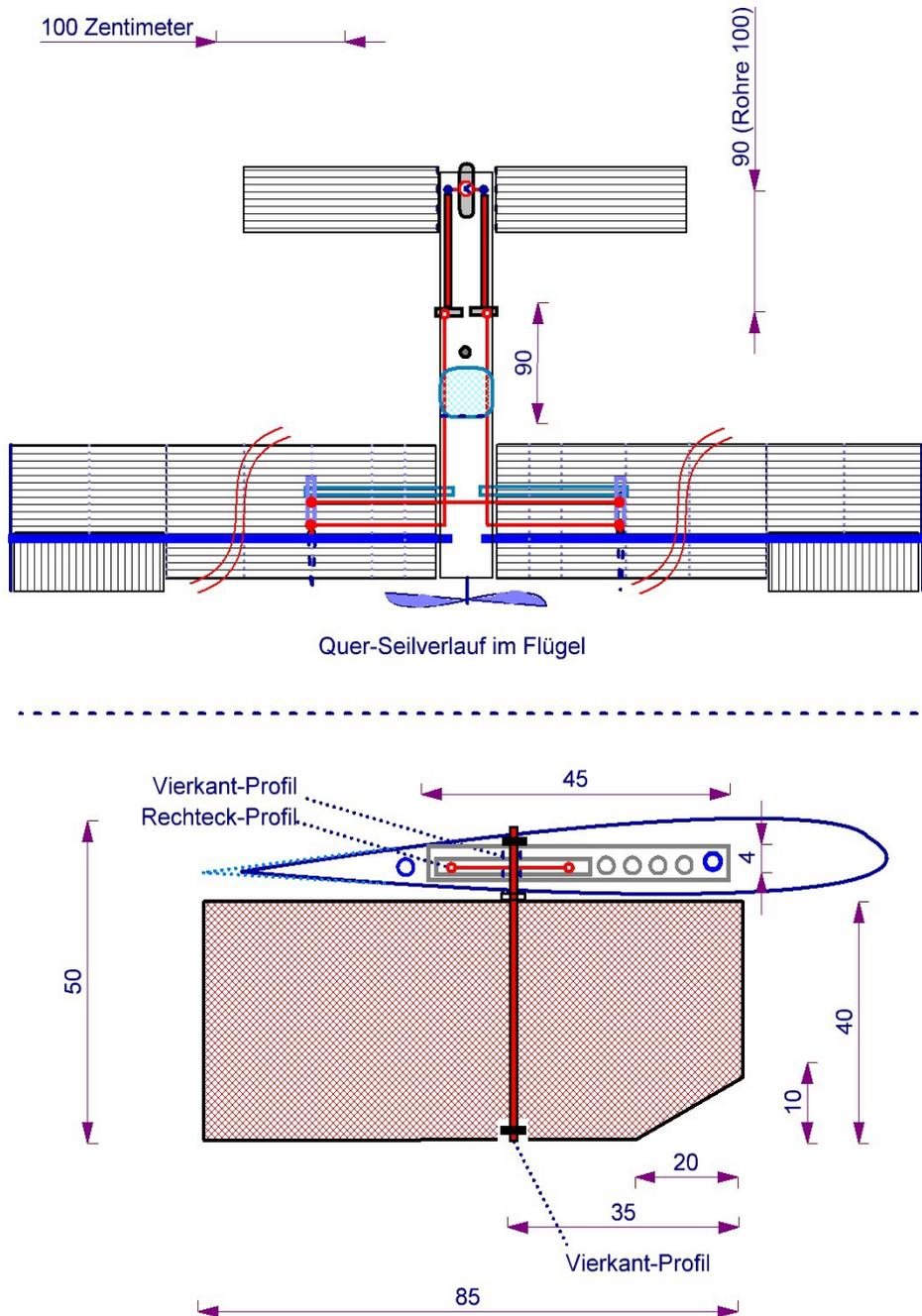


Plan Nr. 4

Datenherkunft: <http://aerospace.illinois.edu/m-selig/ads/coord/naca2412.dat>

Dieses Profil wurde ausgewählt weil es keine Einbuchtungen vorweist, daher durchwegs konvex ist. Dies ist wichtig für die Anbringung vom Glas-Hohlfasergewebe. Beim quer hängenden Flügel wird mit dem Pinsel das Epoxid-Harz auf das Glas-Hohlfasergewebe, das auf dem Plastikgitter aufliegt, aufgetragen, respektive eingearbeitet. Zusätzliche Löcher in den Sperrholz-Rippen reduzieren sein Gewicht. Bei den ersten vier Innen-Rippen sind weniger gewichtsreduzierenden Löcher auszusägen, da diese Rippen die Flügel-Kraft auf den Stummel-Holm übertragen.

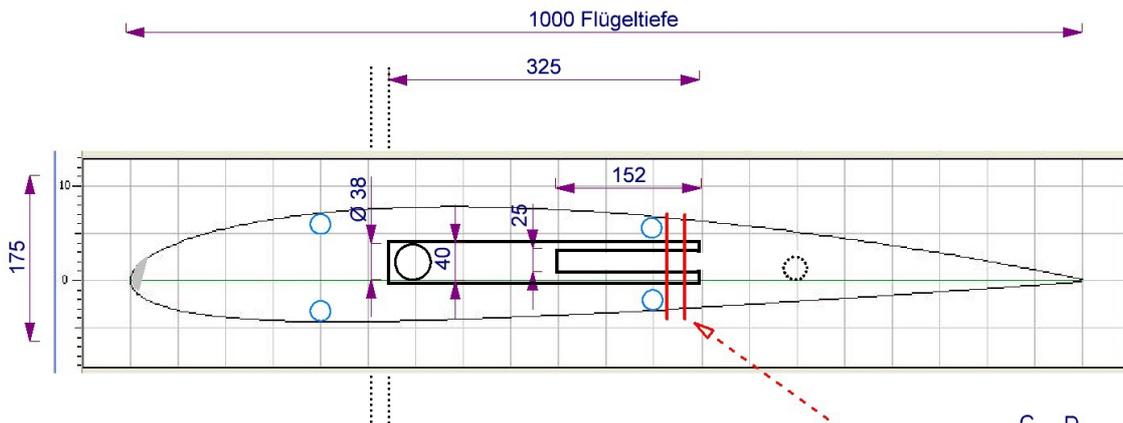
Seitensteuerung



Das Seitenleitwerk ist fest mit seiner Achse verbunden. Es wird über Seilzüge geschwenkt. Die Seitenleitwerks-Achse ist ein Alu-Vierkantprofil und wird von unten durch den Flügel gesteckt und wird unterhalb vom Flügel mit einem Bolzen gesichert.

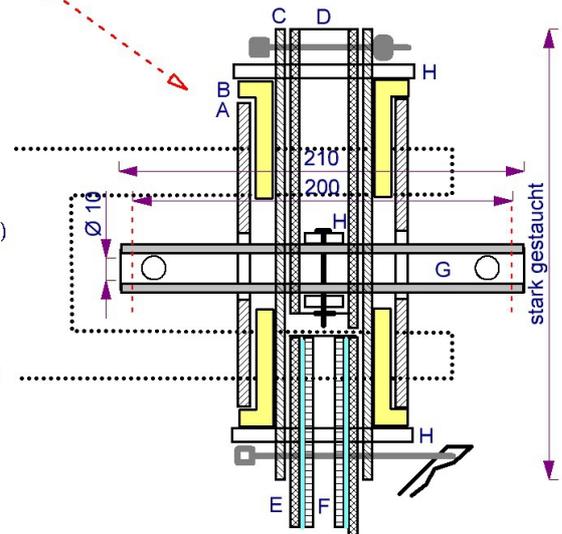
Das Vorderrad-Querrohr hat dieselbe Länge wie die Seitenruder-Ansteuerungs-Rohre. Dies macht die vorliegende Seilzugoptimierung möglich.

Seitensteuer-Mechanik im Detail

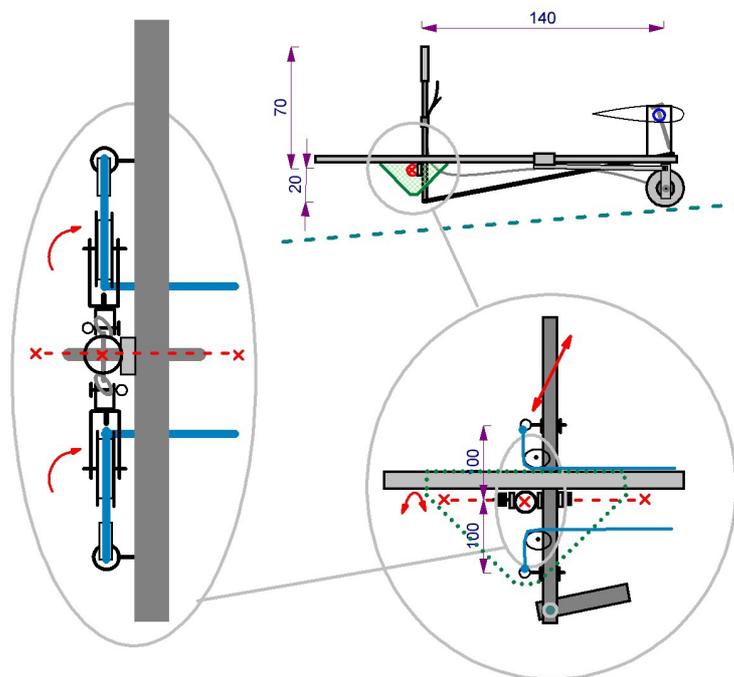
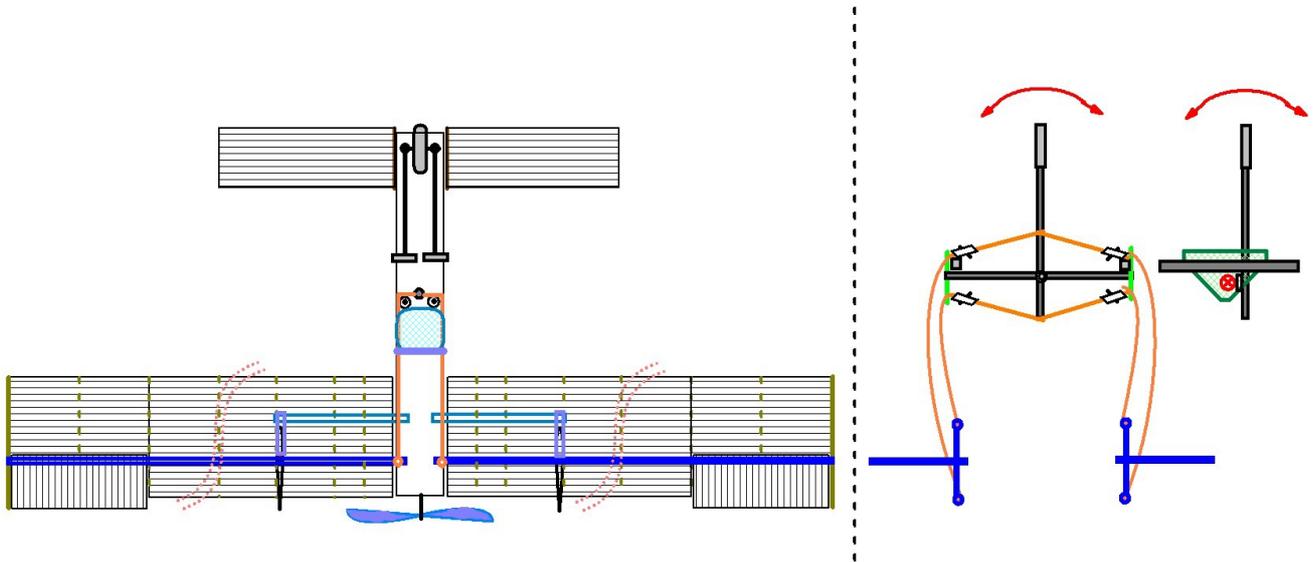


Alu-Rohre Verschachtelung
von aussen nach innen

- A) 120 x 50 x 2,5 - Rundrohr / Flügeldurchführung
- B) 20 x (44 od; 40 id) - Gleitlager / igidur GFM-4044-20
- C) 120 x 30 x 2, R=2 - Vierkantröhr / Seitenruderführung;
(Diagonale 42,426 mm) / 0,2 mm Kanten rund schleifen (passgenau)
- D) 70 x 25 x 2 - Vierkantröhr / Seitenruderachse oben
- E) 480 x 25 x 2 - Vierkantröhr / Seitenruderachse unten
- F) 200 x 20 x 2 - Vierkantröhr / Verstärkung Seitenruderachse verleimt
- G) 210 x 15 x 2,5 - Rundrohr / Querdorn (Seilzug)
- H) U-Scheiben (Polyamid)

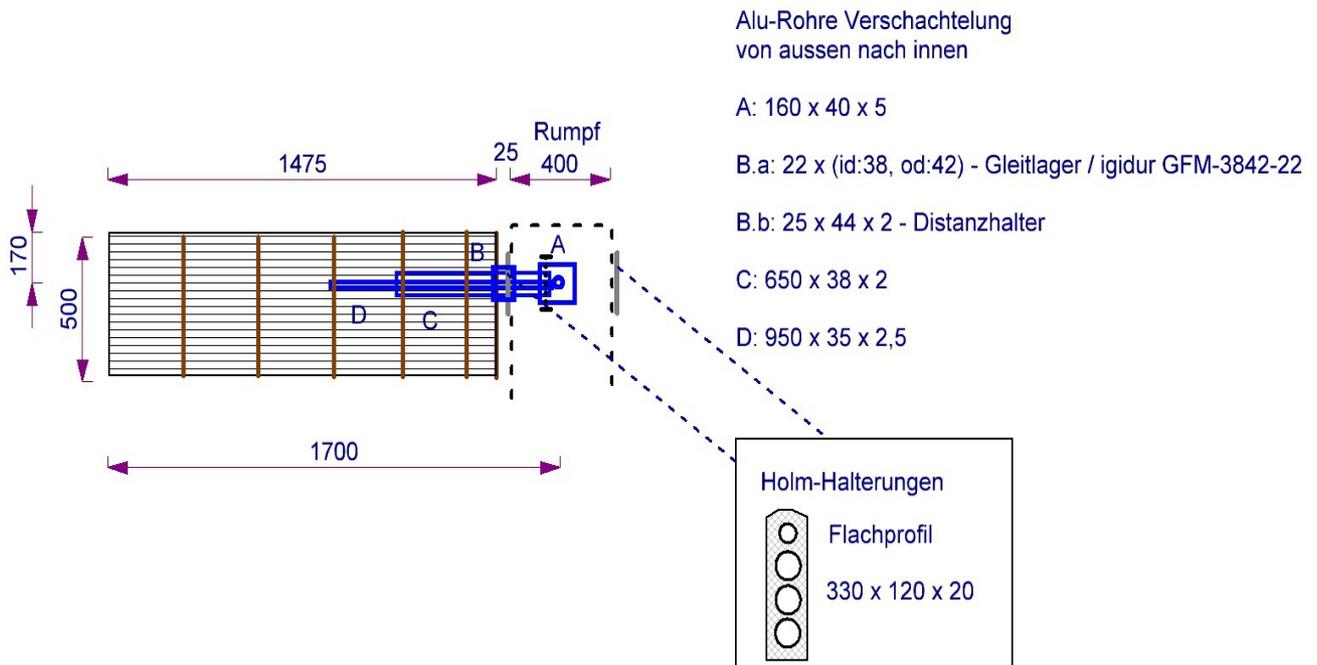


Quersteuerung



Dadurch, dass die Alu-Querachse (roter Punkt) versetzt zum Steuerknüppel liegt, müssen die Seile doppelt geführt werden. Dafür unterstützen die Querruder minimal die Höhensteuer-Bewegungen.

Canard-Flügel mit symmetrischem Pendelleitwerk



Der Canard-Flügel hat bewusst etwas weniger Fläche als üblich ist. Dies verringert die Überschlagsgefahr. Mit dem symmetrischen Pendelleitwerk-Profil kann Auftrieb durch Veränderung vom Einstellwinkel generiert werden ohne dabei grossen Schadwiderstand zu verursachen.

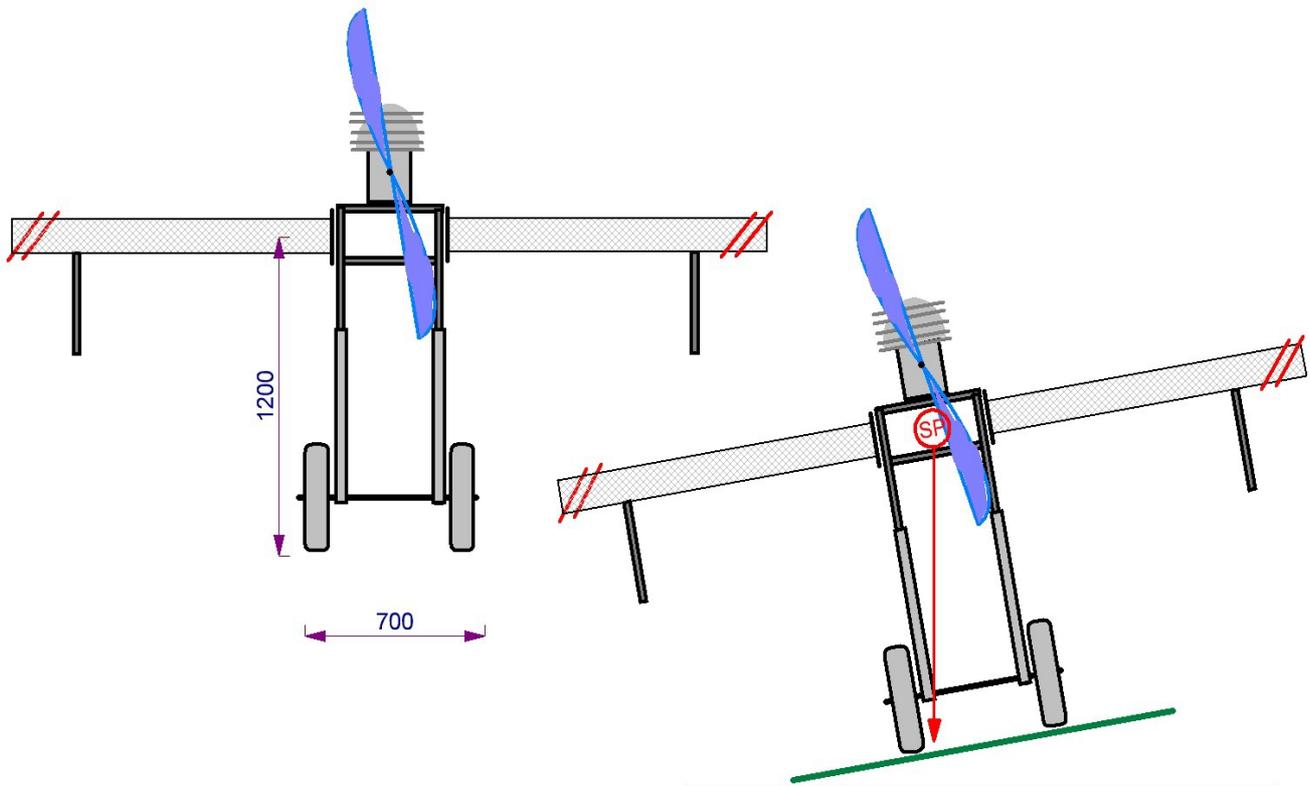
Symmetrisches Canard-Flügel Profil

Begründung für das symmetrische Flügelprofil vorn: Mit einem symmetrischen Profil ist die Achslage einfacher zu ermitteln und der Auftrieb ist linearer bei unterschiedlichen Anstellwinkel. Zudem ist es fraglich ob ein S-Schlagprofil mit so wenig Tiefe genug Auftriebsausgleich bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Anstellwinkel erreicht.

Pendelleitwerke

Für alle Arten von Pendelleitwerken gilt, dass die Drehachse bei ein Drittel der Flügeltiefe liegen muss.

Landesystem



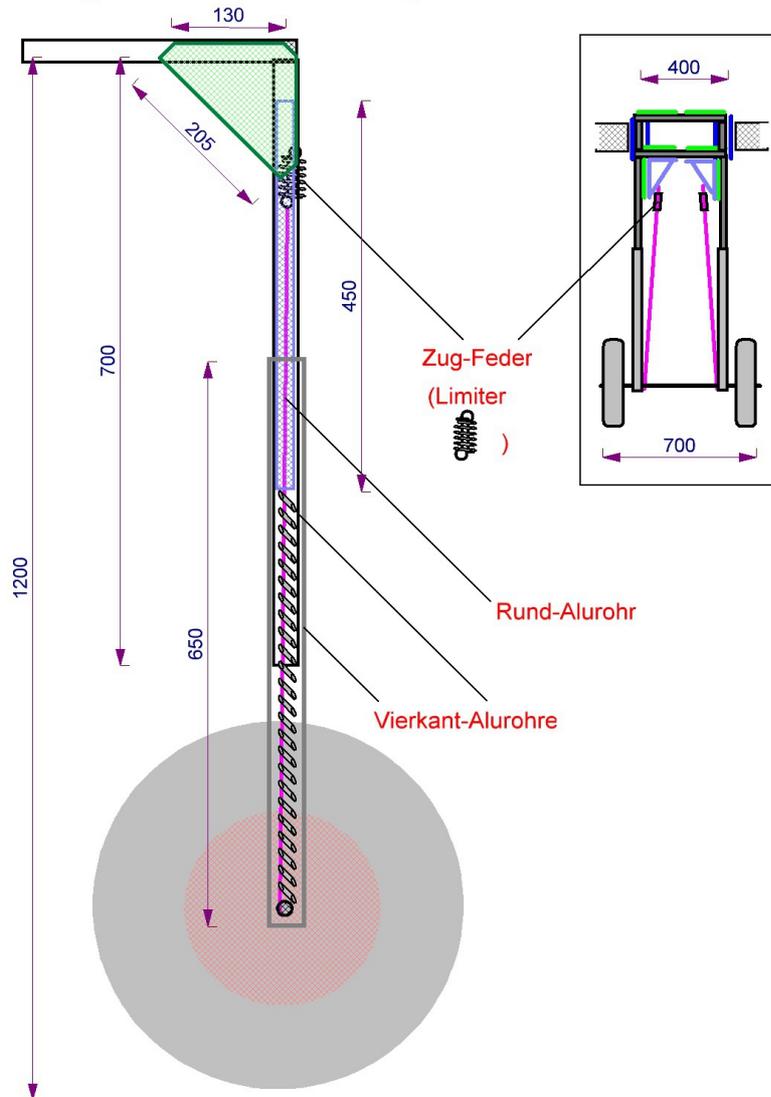
Maximal 10° Schräglage im Stehen erlaubt

Grundsätzlich werden neben einander stehende Räder beim Flugzeug nur beim ganz langsamem Rollen und beim Stehen benötigt. Die Balance kann im Rollen durch die Querruder gehalten werden. Dies ermöglicht den kleinen Radabstand.

Federsystem hinten

Federbeine

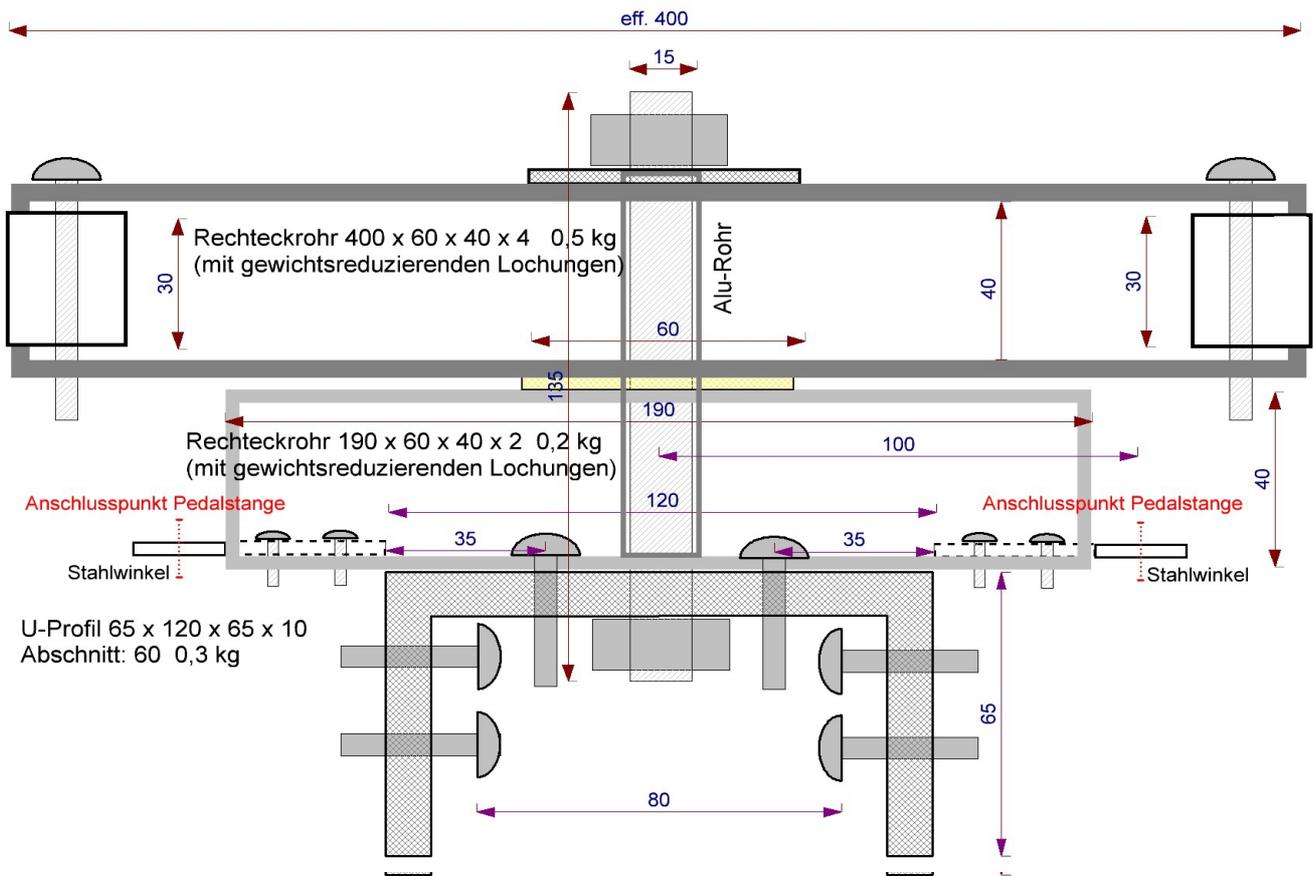
Federlänge 470 mm mit einem Federweg von 220 mm

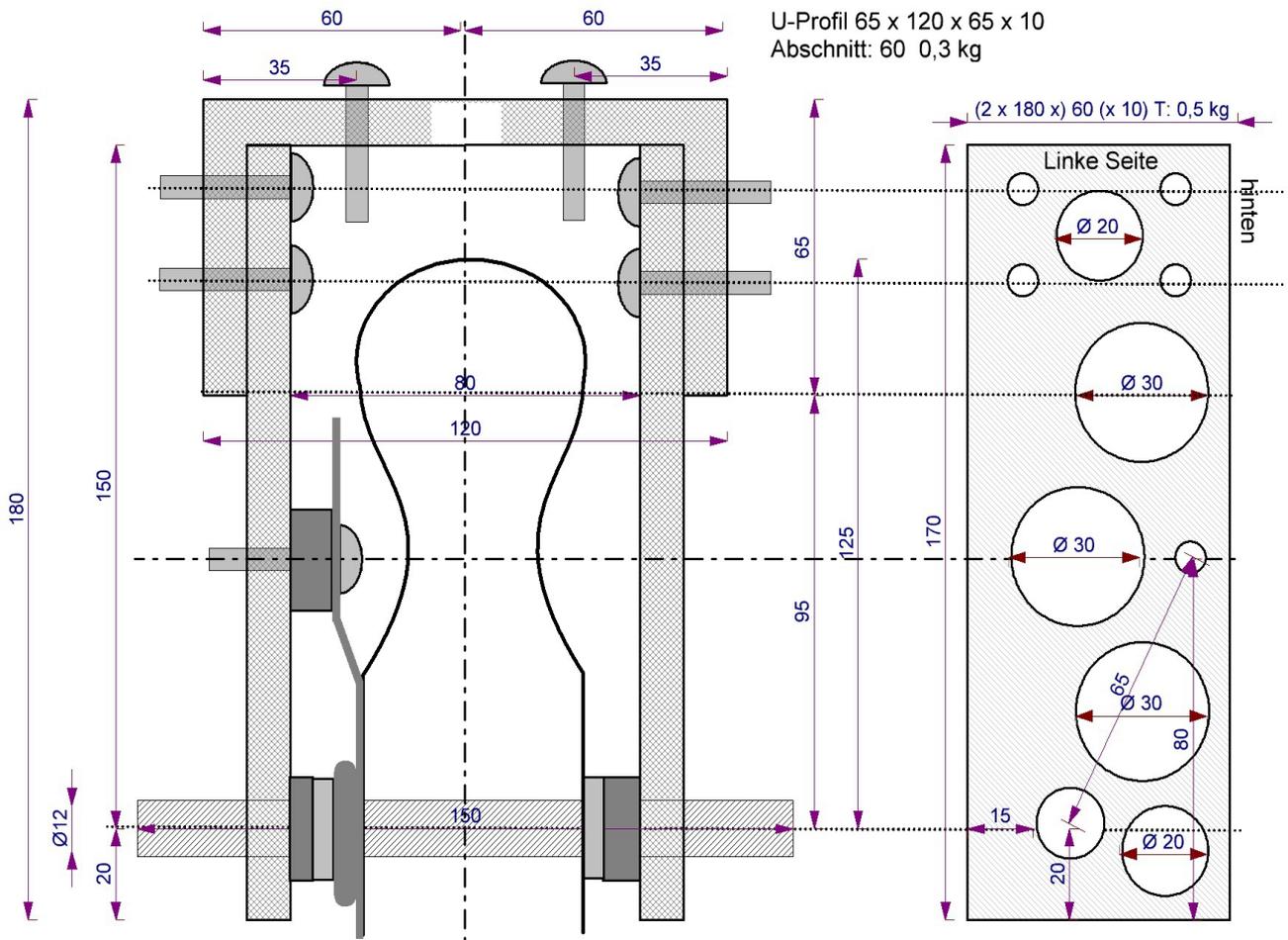


Die Rad-Achse wird mittels Gummi-Polsterung (Gummischlauch-Abschnitt) durch die nach oben ein wenig ausgefeilten Alu-Rohr-Bohrungen geführt. Ebenfalls auf der Höhe der Rad-Achse sind beidseitig Drahtseile befestigt und führen über eine Zugfeder mit einer Distanz-Limitierung (z.B. IKEA Schatten-Segel-Feder Zubehör) zum Flugzeug-Rumpf. Die Drahtseile verhindern ein Auseinanderfallen vom Rad-Federsystem.

Eine Rad-Federdämpfung ist nur im Rollen vorhanden. Sie ist das Ergebnis der Flügelfläche hinten und der Schräglage die das Flugzeug am Boden einnimmt.

Bugrad-Halterung



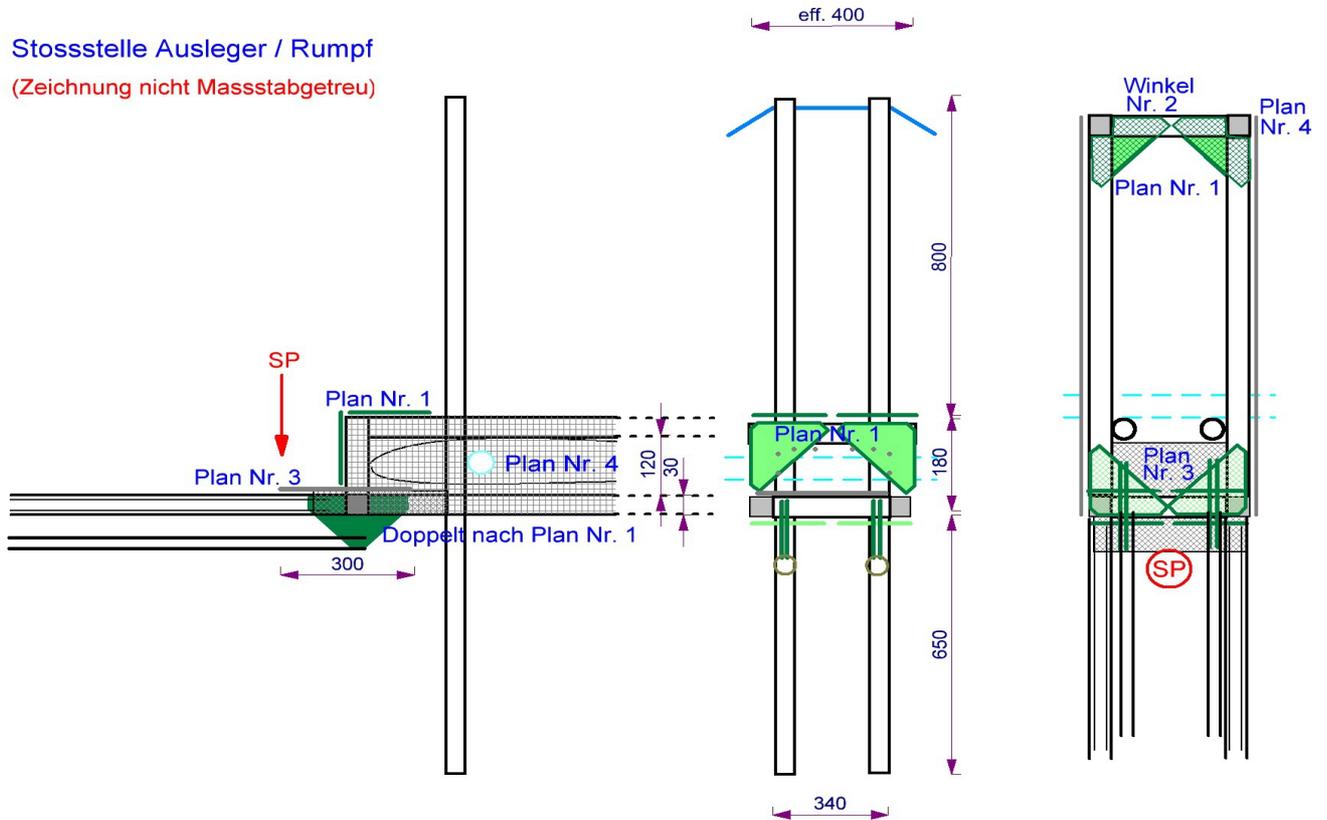


Eine einfachere und leichtere Rad-Gabel wird noch gesucht.

Stossstelle Ausleger / Rumpf

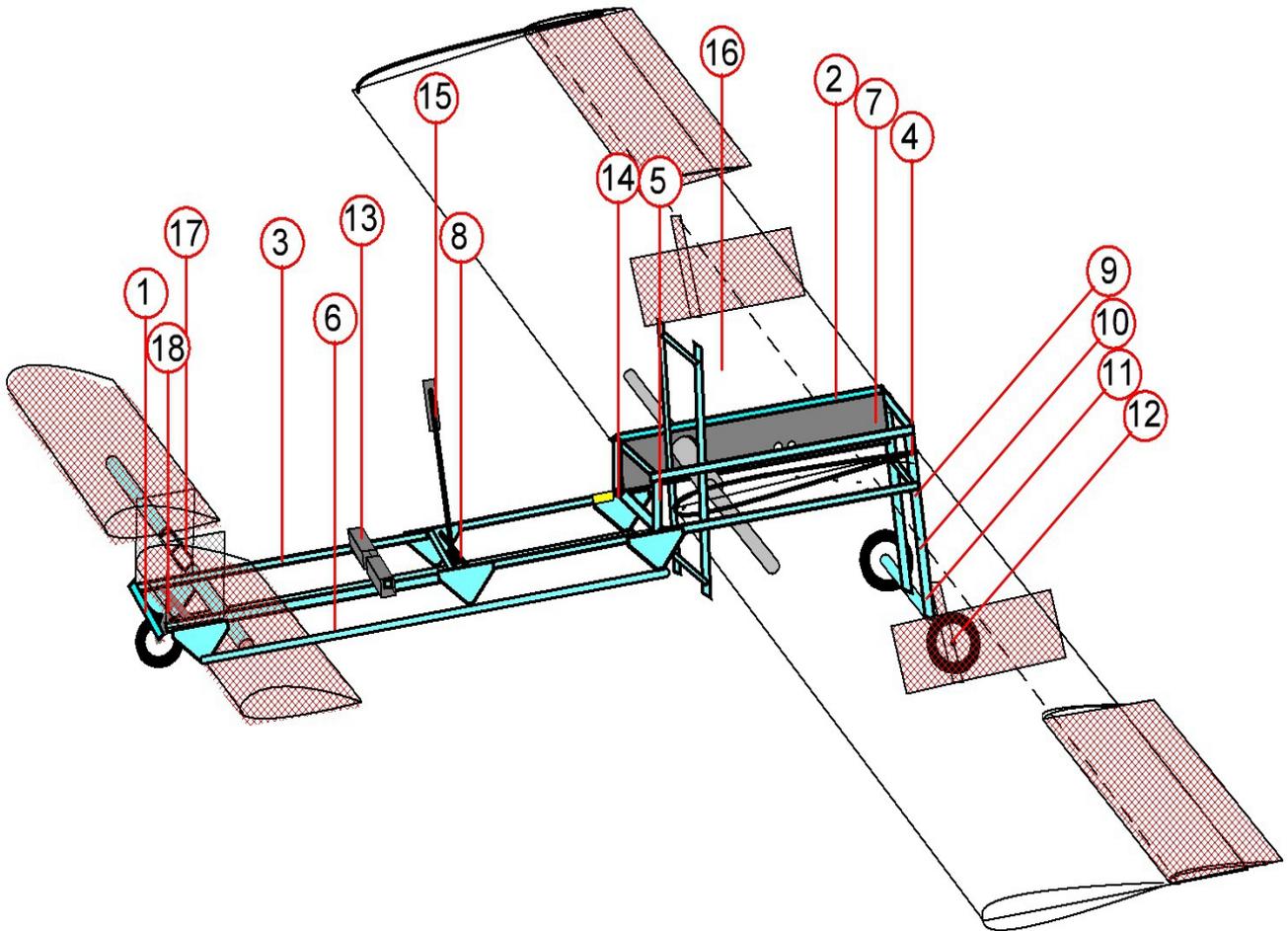
Stossstelle Ausleger / Rumpf

(Zeichnung nicht Massstabgetreu)



Generell werden die Dreiecks-Platten nur dort eingesetzt, wo kein zusätzlicher Luftwiderstand entsteht. Die Dreiecks-Platten hinter dem Piloten-Sitz sind daher eine Ausnahme.

Flugzeug Draufsicht mit durchnummerierten Teile



4. Konstruktionskonzept und Baubeschrieb

Wie eingangs bereits erwähnt, besteht die Grundkonstruktion aus zusammengesteckten Aluminium Vierkantrohr-Profilen³, nämlich aus einem Gestell-Selbstbausystem mit Steckverbinder, im vorliegenden Fall aus dem Bauhaus. Mit diesem System wird die Grund-Konstruktion und die Symmetrie sicher gestellt.

Das Flugzeug besteht aus sieben Konstruktionsgruppen. Das sind:

- der Rumpf, das ist die Kraftzelle bei der alle Kräfte zusammenkommen, bestehend aus der Hauptflügelhalterung, dem Antriebssystem, der Landesystem-Verbindung, der Ausleger-Verbindungseinrichtung, dem Überrollbügel, resp. Seilhalterungsrohren und dem Rettungs-Fallschirm;
- der nach vorne gerichtet Ausleger mit dem Pilotensitz, dem Vorderrad und der Konstruktion für die Canard-Flügel Aufnahme;
- das Landesystem mit den Federbeinen und dem Fahrwerk daran;
- die Hauptflügel bestehend aus zwei Einzelflügel oder vier Teilstücke;
- den zwei Canard-Flügel;
- den zwei Seitenrunder;
- den zwei Querruder.

Das Konstruktionsziel ist, dass bis auf die Haupt-Flügel kein Teil die Ausdehnungen von L:200, H:150 und B:70 Zentimeter übersteigt. Natürlich können letztlich alle verschraubten Teile separiert werden, wenn dafür eine Notwendigkeit besteht.

Alle Rechteckrohr-Verbindungen werden mit einer Dreiecks-Aluminium-Platte verstärkt, teilweise sogar mit mehreren (gem. Plan-Nr. 1 – nachfolgend als Dreieck-Platten bezeichnet).

³ Wenn nicht speziell vermerkt werden mit nachfolgend bezeichneten Rohrprofilen Aluminium Vierkant-Rohrprofile gemeint.

Zusammenbau

Generell gilt: Bis zur Montage vom Antriebssystem werden normale Muttern genommen. Vor dem ersten Testlauf müssen alle normalen Muttern durch Stopp-Muttern ersetzt werden (einmal gelöste Stopp-Muttern dürfen nicht wieder benutzt werden).

Beim Zusammenbau der Rumpfteile ist darauf zu achten, dass sich die Steckverbinder problemlos in die Vierkantrohre einführen lassen. Speziell beim Übergang vom Ausleger zum hinteren Rumpfteil muss sich die Steckverbindung ohne grossen Kraftaufwand wieder lösen lassen (dies ist die Trennstelle zwischen Ausleger und Rumpf).

Spezielle Aufmerksamkeit ist der Stossstelle vom Ausleger zum Rumpf sowie dem Ausleger selbst zu schenken. Die horizontal wie vertikal wirkenden grossen Hebelarm-Kräfte auf die Verbindungsstelle werden wie nachfolgend beschrieben aufgefangen (siehe auch Illustration der Ausleger/Rumpf-Stossstelle).

Der Ausleger (ein normales Gestell-Vierkantrohr) hat als Verstärkung unterhalb von diesem parallel geführte Rundrohre. Beim Lande-System, der Ausleger-Stossstelle und in der Ausleger-Mitte werden die Dreiecks-Platten beidseitig doppelt genommen.

Mit einer Aluminium-Platte (Alu Flach-Blech), die den Rumpf und den Ausleger verbindet, werden die seitlichen Kräfte vom Schwenken aufgefangen. Zusätzlich werden die vertikalen Kräfte am Ausleger und der Stossstelle durch die zusätzlichen, untenliegenden Rundrohr-Verstrebungen aufgefangen. Die vier Dreiecks-Platten an der Stossstelle und die Aluminium-Platte bleiben mit dem Rumpf unlösbar verschraubt, auch wenn der Ausleger demontiert wird.

Dreiecks-Platten und andere Verstärkungen

Jede Dreiecks-Platte wird positionsgebunden eingepasst. Dies ermöglicht die Löcher bei den Vierkantrohren auch mit der Handbohrmaschine zu bohren. Bei den Dreiecks-Platten sind nur die notwendigen Löcher zu bohren.

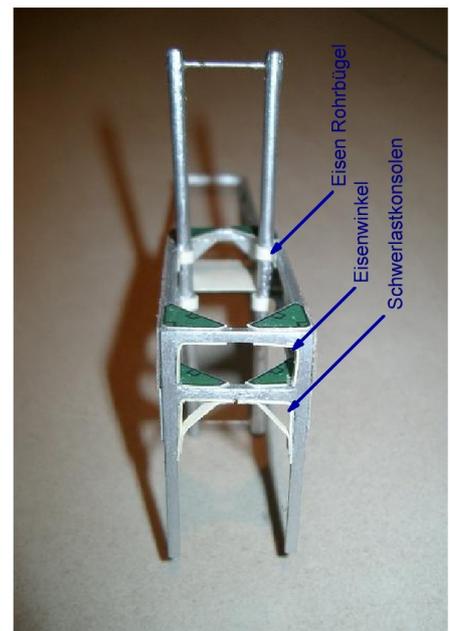
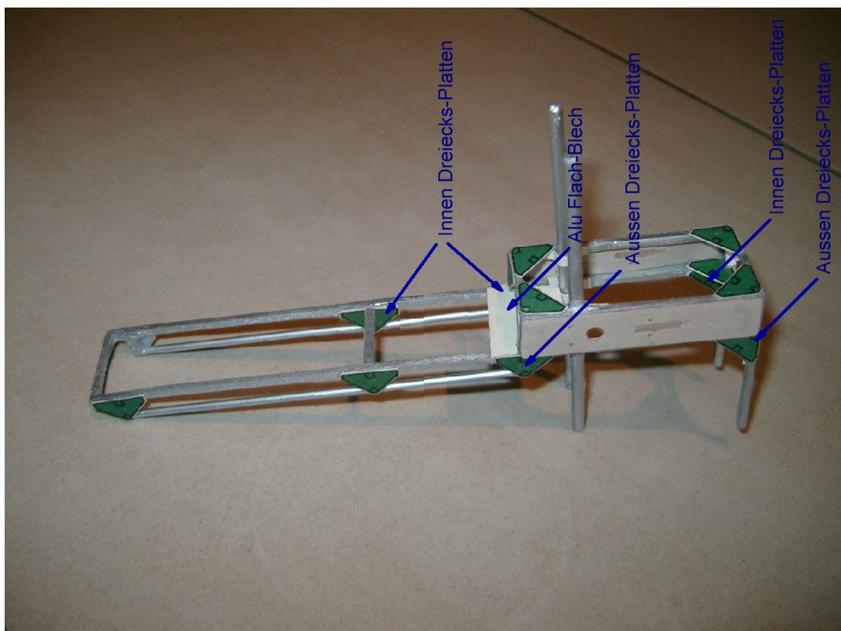
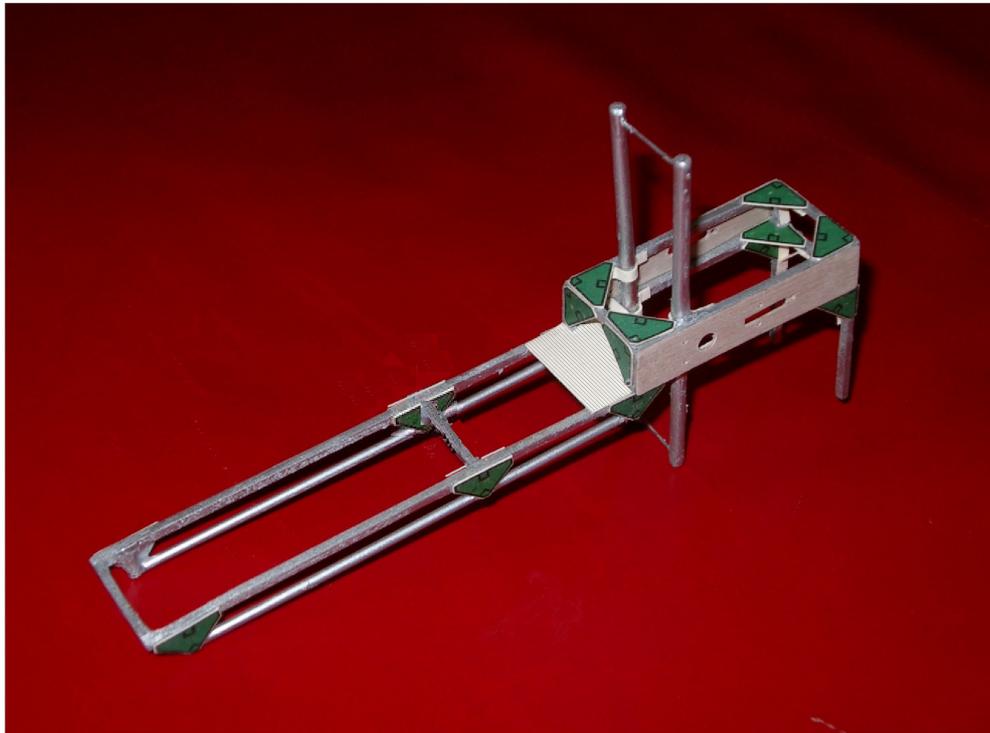
Der Einsatz einer Stand-Bohrmaschine ist empfehlenswert. Gerade bei den Hohlprofilen geht, von Hand gebohrt, der Bohrer gerne eigene Wege.

Die Verschraubung der Dreiecks-Platten erfolgt zuerst immer vertikal bei den schwarz markierten Stellen von Plan 1. An den blau markierten Stellen wird verschraubt, wenn an einer Steckverbindung eine zweite horizontal liegende Dreiecks-Platte montiert wird und eine Schraubenkollision vorliegt.

Die Verschraubung erfolgt mit Schlossschrauben. Am Rumpf ist der Gewindeteil immer nach innen oder unten zu richten. Ausser wenn nicht speziell vermerkt, werden fünf Millimeter Schlossschrauben (M5) genommen (siehe Einkaufs-Liste).

Zuerst wird das Alu Flach-Blech an der Ausleger-Stossstelle montiert, dann die Eisenwinkel-Verstärkungen und erst danach die Dreiecks-Platten.

Wo Dreiecks-Platten, Eisenwinkel, Schwerlastträger und Rohrbügel zur Verstärkung eingesetzt werden, vermitteln folgende Bilder:



Hinweis: Die fehlenden, horizontalen Dreiecks-Platten an der Ausleger-Front wurden nicht vergessen. Die Bug-Rad Konstruktion übernimmt deren Funktion.

Überrollbügel

Beim Überrollbügel hat es oben und unten je ein Quer-Rohr zwischen den vertikalen Rund-Rohren. Diese stecken in den vertikalen Rund-Rohren ohne weitere Verbindung zu diesen (nur das zusammenziehen der Rohre durch die Flügelhalteseile wird damit verhindert). Die Enden dieser Quer-Rohre müssen auf die innere Rundung vom Überrollbügel-Rohr gefeilt werden.

Im oberen Bereich vom Überrollbügel wird der Rettungsfallschirm montiert.

Die Rohre selbst werden mit Kapp-schellen an den Vierkant-Rumpfrohren vom Rumpf befestigt. Zusätzlich werden diese mit starken Schlossschrauben, die durch die Schelle, das Rundrohr und das Vierkant-Rumpfrohr hindurch führen, gesichert. Dies ist notwendig, weil die negative Beschleunigung vom Entfaltungsschoss des Rettungsschirms auch auf ein einzelnes Rohr wirken kann. Ein Sicherheitsfaktor von 1,3 ist einzurechnen. Dies gilt ebenfalls für alle Anschlusspunkte der Rettungsschirm-Tragseile. Die Tragseile sind möglichst weit oben anzubringen. Dies reduziert die Schräglage vom hängenden Flugzeug.

Die Längs-Drahtseile werden auf der Vorderseite gekreuzt und mit einer Seilklemme am Kreuzungspunkt mit einander verbunden (nicht vergessen: auch die Seilklemme-Muttern sind durch Stopp-Muttern zu ersetzen).

Monocoque mit Sitzkomfort

Vielleicht ist der Begriff „Monocoque“ etwas hoch gegriffen. Es wurde aber darauf geachtet, dass der Bereich vom Pilotensitz für sich sehr stabil ist. Das heisst, die angrenzenden Dreiecks-Platten wurden doppelt angelegt. Zudem wird das Verstärkungs-Rundrohr vom Ausleger mit stärkeren Schrauben mit den doppelt angelegten Dreiecksplatten verschraubt. Zudem wird der Rohrteil mit dem Pilotensitz darauf weniger aufgebohrt um das Gewicht zu reduzieren.

Der Pilotensitz wird mittels Schlossschrauben durch die Sitzfläche hindurch an die Querrohre geschraubt. Diese wiederum mit Schlossschrauben an die Ausleger-Vierkantrohre.

Die vorgesehene Sitzpolsterung ist ein fünf Zentimeter hohes Sitzkissen mit Bezug. Zusätzlich zu den Fixierbänder um das Kissen anzubinden, wird der Bezug mit Teppichklebband an die Sitzfläche geklebt.

Gewichtsreduktion

Die im allgemeinen Handel erhältlichen Gegenstände sind vielfach belastungsmässig überdimensioniert. An diesen können zur Gewichtsreduktion Aussparungen vorgenommen werden. Nicht erwähnt sind die Artikel wo konstruktionstechnisch ohnehin Aussparungen geplant sind. Die folgende Liste zeigt die Kandidaten auf wo Gewicht gespart werden kann:

- Sperrholzrippen (ausgenommen sind die äussersten Rippen)
- Sperrholz-Rumpfseitenplatte
- beim Landesystem die inneren Rohre sowie bei den Rohrüberlappungen allseitig
- bei der hinteren Radachse, sofern diese nicht auf ein Alu-Rohr kombiniert mit einem CFK-Rohr, umgerüstet werden kann
- Pilotensitz, 15 Bohrungen a 60 mm vornehmen, dabei die engen Rundungen nicht schwächen und die Lochbohrungen für die Sitzhalterung beachten
- untere, vordere Rumpf-Querverbindung und Ausleger Querrohrverbindungen (im Abstand von 30 mm durchgehend 20 mm Bohrungen vornehmen)
- Steuerknüppel im Bereich der Lenker-Griffe (mit Abstand von 15 mm sind abwechselnd kreuzweise 10 mm Bohrungen anzubringen)
- Rumpfausleger im vorderen Drittel Querbohrungen 15 mm anbringen
- Vorderradgabel nach Plan
- Holm-Halterungen im Rumpffinnern (Flachprofile)
- Canard Holm-Halterung (Flachprofil), nach Plan
- Canard-Holm Abstandhalter (alle 23 mm eine 15 mm Bohrung vornehmen)
- Canard-Holm-Rohr (Ref. 17.c der Bestell-Liste) auf den inneren 500 mm kreuzweise Bohrungen vornehmen
- Seitenruder-Halterung in den Flügel (Rechteckrohre)
- Seil-Halterungen in den Flügel (Flachprofil), nach Plan
- Schwerlastkonsolen kürzen
- Pedalen Quer
- Pedal-Halterungen längs

5. Flügel-Konstruktion generell

Abstrakt

Die Flügel sind ein Hohlgebilde mit einem kurzen Zentralholm und einem bis zum Flügelende reichenden Zusatzholm, ein GFK Wellplatten-Abschnitt. Der Zentralholm überträgt die Summe aller Kräfte auf den Rumpf. Der durchgehende Holm reduziert das Durchbiegen vom Flügel.

Die Schalenkonstruktion selbst besteht aus je vier Alu-Rundrohren, die aussen bündig durch die Sperrholz-Rippen geführt werden. Beim Hauptflügel ragen diese äusseren Alu-Rohre bis in den Rumpf, das heisst, die Alu-Rohre führen Rumpf seitig durch die Sperrholzplatte an der Rumpfseite bis knapp in den Rumpf-Bauch.

Auf die Form gebenden Rippen mit den Alu-Rohren wird ein Kunststoff-Gitter gelegt und über das Kunststoff-Gitter kommen die Gewebelagen (siehe nachfolgendes Bild). Danach wird der Flügel drehbar aufgehängt und die Gewebelagen werden durchgehend mit Laminat-Harz gesättigt. Dies ist die fast vollendete Aussenhülle vom Flügel. Diese sollte noch mit Porenfüller gespachtelt, geschliffen und eingefärbt werden kann. Die einzelnen Arbeitsschritte werden im nachfolgendem Kapitel beschrieben.



Da noch nie ein Flügel dieser Art gebaut wurde, ist ein vorausgehender Belastungs-Test eines einzelnen Flügels empfehlenswert. Dazu eignet sich am besten eine gemauerte Hauswand. Die beiden Seile sind mit Schraube und Dübel an der Hauswand zu befestigen (der normalerweise untere Seilwinkel muss hier aber oben sein). Eine kleine Kernbohrung⁴ ermöglicht das heraus ragende Alu-Rohr vom Flügel in die Hauswand zu stecken und zu fixieren. Die Unterseite vom Flügel muss dabei oben sein. Nach dem anbringen und spannen der Seile, ist der Abstand der Flügelspitze zum Boden zu messen. Danach wird die Flügelspitze mit einem Fahrzeugheber in oberster Position unterlegt. Die Auflagefläche muss sich dabei auf die ganze Flügeltiefe erstrecken, wie auch im Minimum auf die äussersten zehn Zentimeter (Dünger- oder Sandsack auflegen).

⁴ Vielleicht gibt es ja auch noch andere Lösungen.

Nun können die Gewichte, respektive Dünger-Säcke, gemäss Belastungsplan aufgelegt werden (Rumpf seitig beginnen). In der Folge kann der Fahrzeugheber langsam abgesenkt werden bis etwa zwei Zentimeter Luft dazwischen liegt. Nach der Inspektion von ein paar Minuten ist der Fahrzeugheber wieder in die Anfangsposition zurück zu drehen. Mit dem wieder fixierten Flügel können die Gewichte in umgekehrter Reihenfolge abgeräumt werden. Nach der Entlastung vom Flügel ist der Flügelabstand zum Boden wieder zu messen und es darf keine (wesentliche) Differenz vorliegen. Liegt die Flügelspitze am Boden, muss nicht mehr gemessen werden.

Die Haupt-Flügel-Konstruktion

Zuerst muss sichergestellt werden, dass der Boden eben ist und eine der Stirnwände genau rechtwinklig zum Boden steht. Grundsätzlich kann der Flügel hängend und zugleich am Boden aufstehend konstruiert werden.

Vorbereitungsarbeiten bei zwei Einzelflügel

Die Herstellung der Haupt-Flügel erfordert einen 4.50 Meter langen und im Minimum einen 1.10 Meter breiten Raum, äh – Korridor. Wer aber einen grösseren Raum zur Verfügung hat, der soll doch diesen beanspruchen ...

Die 1.10 Meter langen GFK-Wellplattenabschnitte müssen zuerst zu einem 3.78 Meter langen Streifen zusammengefügt werden. Dazu werden pro Flügel vier Abschnitte benötigt. Bei den Plattenverbindungen muss je eine Welle überlappen. Vorgängig müssen die Klebstellen mit grobem Schleifpapier (80er) intensiv aufgeraut und danach sehr gut entstaubt werden (wenn vorhanden mit Druckluft). Sicherheitshalber sind die Klebstellen noch mit Aceton oder Isopropylalkohol zu reinigen, danach aber zwingend noch einmal aufrauen und den Staub gründlich wegblasen (behelfsmässig mit einer Fahrradpumpe). Danach dürfen die Klebstellen nicht mehr mit den Händen angefasst werden. Die Verklebung erfolgt mit niedrig viskosem Langzeit-Epoxyd-Harz (min. 24 Stunden) und einer Aushärtung bei 80° C. Dazu sind z.B. Spotlampen (nicht LED) in einigem Abstand auf die Klebstellen zu richten. Bei Raumtemperatur ist die Klebstelle nach weiteren vier Tagen belastbar.

Die beiden Teile sind mit mehreren starken Klammern und mit grosser Kraft zusammenzupressen. Diese aufwendige Prozedur ist notwendig und wichtig. Auch hier gilt: zuerst einen Test machen.

Die drei goldenen Regeln für die Verarbeitung von Harzen sind: genau abmessen, langsam rühren und gründlich mischen und gut zu wissen: Epoxydharz auf Polyester haben eine bessere Haftung als Polyester auf Polyester - Quelle: Bootswerft Hartmann.

Bei den folgenden Arbeiten mit Harz ist es besser kleinere Mengen anzurühren, als die ganze erforderliche Menge auf einmal zu mischen. Wenn mehrere Personen daran arbeiten, würde es zwar zeitlich schon funktionieren, die Wärmeentwicklung, die beim mischen entsteht, muss aber ebenfalls berücksichtigt werden. Harz kann auf Harz aufgetragen werden, wenn die vorherige Lage noch weich ist und am Finger nichts mehr kleben bleibt.

Gleiches Vorgehen gilt für die oberen und unteren Wellenkanten, die später an das Plastikgitter, respektive mit der Profilhaut zusammengeklebt werden (noch gröberes Schleifpapier nehmen - 40er).

Einmal mehr soll wiederholt werden: Nur mit Schutzbrille und Schutzhandschuhen an die Arbeit gehen.

Vorbereitungsarbeiten bei vier Flügelteile

Gleiches Vorgehen wie bei zwei Einzelflügel, ausser, dass die Wellplattenabschnitte in die Rippen-Zwischenräume eingepasst werden (daher vorgängig nicht überlappend zusammengeklebt werden dürfen). Die Enden werden beidseitig dahingehend gefräst, dass in der Mitte ein etwa fünf Zentimeter breiter „Nocken“ entsteht, dieser wird nach entsprechender Vorbereitung in die Rippen gesteckt und eingeleimt.

Nun geht es zur Sache

1. Herstellung der Rippen mit sechs Millimeter starkem Sperrholz - diese werden mit den notwendigen Löcher versehen, resp. gebohrt (zuerst die Löcher bohren, danach die Rippen aussägen):
 - a) zur Gewichtsreduktion, b) für die aussen liegenden Alu-Rohre, c) ggf. elektrischen Leitungen und d) auf zusätzlich die Durchführung für den Holm-Stutzen (der Durchmesser der Alu-Rohre variiert) und e) für die Querruder-Steuerrohre;
2. Für das Querruder werden bei den beiden letzten Rippen das Endteil, vor der Öffnung vom Querruder-Ansteuerungsrohr, abgesägt;
3. Auf die beiden Endrippen werden Rippen geschraubt, die unten und hinten etwas vorstehen und dienen als Flügel- und Querruderschutz (die Halterung der Querruder-Achse führt durch die zusätzliche Aussenrippe und ermöglicht so ein nachträgliches ein- und ausbauen vom Querruder);
4. Die Flügel inneren Rippen werden auf die aussen liegenden Alu-Rohre aufgezogen und mit Epoxyd-Harz fixiert; die Rippenausrichtung und deren Abstand zueinander wird mit den erwähnten Alu-Rohren sicher gestellt;
5. Nun werden die bereits zusammengesteckten Stummel-Holme eingeführt;
6. Mit kleinen Alu-Stangen (100 x 5 Millimeter), die durch das Alurohr führen, wird der Stummel-Holm mit den Rippen verbunden (auf den Aussenseiten der Rippen anbringen);
7. Die Alu-Flachprofile der Drahtseil-Halterungen werden bündig zur Rippe in das geschlitzte Rundrohr (innerstes Holm-Rohr) geschoben und mit einer Schraube mit dem Rundrohr verschraubt; dabei ist zu beachten, dass der Zug vom Drahtseil nur auf das Rundrohr wirkt und nicht auf die Rippe;
8. Die Alu-Seitensteuerungs-Halterung wird auf die Flügelendseite der betroffenen Rippe geschraubt;
9. Zwischen den Rippen ist beim Flügel-Hinterteil ein Balsaholz-Brettchen anzuleimen um das Plastikgitter zu stabilisieren;

10. Bei nur zwei Flügelteile werden die Rippen, an den Stellen wo die GFK-Wellenplatten Abschnitte durchgeführt werden, Schlitz in die Rippen und auch in die Abschnitte selbst gesägt (Rumpfrippe bei Millimeter zirka 355, Endrippe bei Millimeter zirka 330 – Wellenverlauf beachten und den Klebebereich der Platten anschleifen), danach werden die Abschnitte von unten in die Rippen geschoben und mit Epoxyd-Harz ein- und angeleimt (Aussparungen beachten und die Rundung oben an die Profilform anpassen); bei vier Flügelteile ist das Vorgehen wie eingangs erwähnt.
11. Über die nun bestehende Rippenkonstruktion mit den Alu-Rohren wird das Plastikgitter aufgezogen und im hinteren Bereich mit den Balsa-Holz Brettchen waagrecht ausgerichtet und stabilisiert;
12. Das Plastikgitter wird zuerst wieder nur mit kleinen Agraffen-Nägel auf die Rippen genagelt (Bostitch-Klammern eignen sich nicht wegen der Rundung) und ggf. in kleinen Abständen mit Packschnur an die Alu-Rohre gebunden;
13. Die Flügel-Nase wird nun mit gelochtem und sehr leichtem Alu-Blech eingefasst (Streckmetall), zuerst nur mit kleinen Agraffen-Nägel fixiert (Bostitch-Klammern eignen sich auch hier nicht);
14. Dies ist die letzte Gelegenheit die Flügelgeometrie nochmals zu überprüfen und kleine Korrekturen vornehmen zu können (zum Beispiel, den Flügel auf dem flachen Boden in eine rechtwinklige Ecke schieben);
15. Nun werden die Stummel-Holme mit den kleinen Alu-Stangen und die aussen liegenden Rundrohre mit Epoxyd-Harz mit den Rippen verklebt (mit kleinem Pinsel durch das Plastikgitter hindurch);
16. Das Streckmetall und der GFK-Holm wird mit Epoxyd-Harz mit dem Plastikgitter und den Rippen verklebt;
17. Nun wird die erste Gewebelage, ein leichtes Glas-Hohlfasergewebe, schräg verlaufend mit vier Zentimeter Überlappung aufgezogen und mit Epoxid-Harz punktuell fixiert (am Flügelhinterteil etwas vorstehen lassen – wird später weg gefräst);
18. Danach wird das zweite, schwerere Glas-Hohlfasergewebe, ohne Verdrehung aber auch überlappend aufgezogen (am Flügelhinterteil ebenfalls etwas vorstehen lassen) und wieder zuerst nur punktuell mit Epoxid-Harz an der ersten Lage fixieren;
19. Die ganze Konstruktion wird in einem gut geheizten Raum (ggf. einem kleinen Tomaten-Plastikgewächshaus) drehbar aufgehängt und der Raum auf Minimum 25 Grad Celsius aufgeheizt;
20. Mit einem Pinsel wird das Glas-Hohlfasergewebe mit Epoxid-Harz gesättigt, das heisst, mit einem Pinsel oder einer Borstenrolle in und durch das Gewebe gedrückt (nicht gestrichen) – Topfzeit vom Harz beachten;
21. Nun wird der Flügel senkrecht aufgehängt (Flügel Nase oben) und allfällige Dellen oder Ausbuchtungen werden korrigiert;

22. Nach dem vollständigen Aushärten vom Laminat-Harz (dauert zirka drei Tage bei Raumtemperatur) wird die Flügeloberfläche, das Flügelende so wie die Ränder in Form geschliffen (das Glas-Hohlfasergewebe darf dabei nicht angeschliffen werden – besonders die Überlappungen sind dabei gefährdet); beim Flügelhinterteil ist das überstehende Gewebe gerade zu fräsen (Maske tragen);
23. Nun wird mit Poren-Schliesser alles gespachtelt und wieder geschliffen;
24. Am unteren Flügelteil werden auf der Höhe vom Seitenruder, seitlich der Rippe Rund-Bereiche von zirka 10 Zentimeter Durchmesser ausgeschnitten um den Zugriff auf die Seitenruder-Mechanik zu ermöglichen - das ausgeschnittene Teil kann später als Deckel verwendet werden;
25. Der ganze Flügel wird mit schlagfester Hochglanz-Farbe weiss eingefärbt.

Die Canard-Flügel-Konstruktion

Die Herstellung der Canard-Flügel erfolgt grösstenteils analog vom Haupt-Flügel. Die hervorstehenden Alu-Rohre auf der Rumpfseite sowie die GFK-Wellenplatten werden weggelassen.

6. Ergänzende Informationen

Gewächshaus oder Party-Zelt

Wer die Flügel nicht im Flur bei im Minimum 25° C mit Epoxid-Harz behandeln will, ist gut beraten dies in einem Tomaten-Gewächshaus zu tun (ein Hanf-Gewächshaus tut's aber auch). Das abgebildete Zelt hat die Masse von 170 x 120 x 200 cm und kann zweifach gekauft auf vier Meter verlängert werden (Preis zirka 60 EU pro Zelt).

Alternativ gibt es für ein paar Euro mehr, komfortable, so genannte Party-Zelte auf vier mal acht Meter.



Flügel Ummantlung mit Glas-Hohlfasergewebe

Die folgenden Informationen wurden vom erwähnten Lieferant übernommen.

Hohlglasfasern: Im Vergleich zu „kompaktem“ E-Glas oder S-2-Glas weist H-Glas eine niedrigere Dichte auf. Dadurch verringert sich das Gesamtgewicht der gehärteten Schichtstoffe um bis zu 40 %! Darüber hinaus ist H-Glas, verglichen mit „kompakten“ E-Glas-Fasern, elastischer und weist eine höhere Druckfestigkeit sowie eine höhere spezifische Festigkeit auf.

Für ein normales Laminat rechnet man für den Ansatz ca. das gleiche Harz-Gewicht wie Gewebegewicht. Für diese Art der Beschichtung muss etwas mehr gerechnet werden, damit sicher kein erneuter Ansatz während der Beschichtung gemacht werden muss.

Steckverbindungen

Symbolbild für alle Steckverbindungen:



Linker Schenkel: Original; rechter Schenkel: abgetragen.

Die vom Bauhaus erstandenen Steckverbindungen lassen sich nur schwer in die Rechteck-Aluminium-Profile einstecken und sind kaum mehr zu entfernen. Daher wurden alle Schenkel etwas verjüngt, zuerst mit der Bandschleifmaschine und am Ansatz mit dem Steckbeutel.

Einstellung der Flügelhalte Seil-Vorspannung

Da nicht angenommen werden kann, dass in jedem Haushalt ein Newton-Meter (Kraft-Messgerät) herumliegt wird hiermit eine Messgerät freie Technik beschrieben.

Als erstes müssen unbedingt die Flügel, bis auf die Spannseile, flugbereit montiert werden. Danach wird der Flieger aufgebockt, am Bock fixiert und die Positionen der Flügel an einer Distanz-Latte markiert. Dann wird an den Flügelenden ein Gewicht von zirka drei Kilogramm aufgelegt und wiederum die Position an der Distanz-Latte markiert. Nun wird unterhalb vom Flügel ein Seil ohne Seilspanner passgenau angelegt und an den beiden unteren Befestigungs-Ösen festgemacht. Dabei wird die Symmetrie, linker rechter Flügel, mittels zwei Klemmrings (zweifach), die zwischen den Alurohren zu liegen kommen, bewerkstelligt. Als nächstes wird das obere Seil angelegt und gespannt. Dazu wird ein Seilspanner mit M8-Gewinde benötigt, der zwischen die beiden Alu-Rohre zu liegen kommt. Die Spannung wird erhöht bis beide Flügel wieder bei der oberen Position angelangt sind (wiederum wird die Symmetrie mittels zwei Klemmrings erreicht). Mit dieser Technik können sogar kleine Asymmetrien der beiden Flügel ausgeglichen werden. Dadurch entstehen natürlich unterschiedliche Vorspannungen vom linken zum rechten Flügel. Hier ist ein Kompromiss zu finden.

Hinweis: Das vorgeschlagene Auflagegewicht scheint wenig zu sein. Da aber die Seile nicht rechtwinklig zum Flügel stehen ist der benötigte Seilzug um ein vielfaches grösser als das aufgelegte Gewicht. Zudem ermöglicht nur die untere Seildehnung von nur 1,6 Meter Länge das Zurückziehen vom Flügel.

Montage vom 4 Punkte Anschnallgurt

Die Schultergurte werden an der oberen Querstange vom Rumpf befestigt – durch die Aussparungen der vier Dreiecksplatten hindurch (siehe Plan Nr. 1). Damit die oberen Gurte nicht über die Schultern rutschen, werden diese zwischen der Schulter und der Befestigung mit einer pro Seite zwei mal geschlitzten Plastik-Platte zusammengehalten.

Die Beingurte werden an der unteren Querstange vom Rumpf befestigt – durch die dafür vorgesehenen Aussparungen an der horizontal liegenden Alu-Platte hindurch (siehe Plan Nr. 3).

Dem Fahrtwind ausgesetzte Löcher schliessen

Dort wo zur Gewichtsreduktion Lochungen dem Fahrtwind ausgesetzt sind, müssen diese mit Selbstklebe-Aluband abgedeckt werden. Freiliegende Löcher neigen zum Pfeifen und erhöhen den Luftwiderstand. Davon sind auch die Rohrende an den Flügeln und an den Überschlagrohren oben, respektive denselben Rohren der Flügelverstärkung unten, betroffen. Für Endrohr-Öffnungen sind geeignete Verschlüsse zu suchen (z.B. ein Zapfen eines Château Lafite Rothschild 1966 IMPERIAL 6000ml € 9.450,00).

7. Benötigtes Material

Materiallisten

Die Preise sind Wechselkurs abhängig und nicht zwingend beim selben Lieferant und Hersteller gefunden worden. Dort wo kein Einzel-Preis eingetragen ist liegt nur eine Schätzung vor. Die meisten Artikel sind weltweit zu finden. Bei den aufgeführten Lieferanten handelt es sich um bereits berücksichtigte Geschäfte oder aber eine Firma die diesen Artikel anbietet. Gewichte und Preise können von den Angaben abweichen, daher alles ohne Gewähr.

Baumarkt Material

Menge	L: mm	Verwendung und Beschreibung	Ref. Nr.	Lieferant	Tot kg	Einzel Pr. m	Total CHF
2 Stk.	1055	Sperrholz hart, 175x6; Rumpf (-0,1) seitlich, wasserfest (verteilt die Kräfte auf den ganzen Rumpf);	12	Baumarkt (siehe Plan 6)	0.6	16.70	33
6 Stk.	12	Pop-Nieten; Pedal-Konstruktion	13.a	Baumarkt	0		5
1 Stk.	200	Selbstklebe-Filz; 200x3; längs ins 40er Rohr geklebt; Pedal-Konstr.	13.b	Baumarkt	0.1		8
4 Stk.		Steckverbinder Winkel mit Abgang für Vierkantrohr (ohne Stahlverst.)		www.alu-spezi.de oder Baumarkt od. wie unten	0.2	2	8
2 Stk.		Steckverbinder rechter Winkel für Vierkantrohr (ohne Stahlverst.)		wie oben oder wie unten	0.1	3	6
4 Stk.		Steckverbinder T-Stück mit Abgang für Vierkantrohr (ohne Stahlverst.)		Baumarkt oder www.cad-graphics.de	0.2	2	12
2 Stk.		Steckverbinder Kreuz mit Abgang für Vierkantrohr (ohne Stahlverst.)		Baumarkt oder www.cad-graphics.de	0.2	3	6
7 Stk.		Seilspanner		Baumarkt	0.7		70
20 Stk.		Kauschen (Seilösen)		Baumarkt	0.2		10
2 Stk.		Schwerlastkonsole Stahl mit Stütze verzinkt 300x210 (!) mm 280 kg		Baumarkt (prüfen ob auf Zug geeignet)	0.4		60
6 Stk.		Stahlwinkel 25x80x5 stehend		Baumarkt	0.8		40
8 Stk.		Kappschelle 15 mm: H:14,8; A:21,3; Alu-Rohrführung Rumpf (Profilhaut)		Baumarkt (Kappschelle 1/2“)	0.5		8
8 Stk.	32	Steckbolzen 8 mm mit Bohrung; Alu-Rohrführung Rumpf		www.segelkontor.com oder Baumarkt	0.1		10
8 Stk.	22	Steckbolzen 8 mm mit Kugelsicher.; Alu-Rohre, Mitte Flügel		www.segelkontor.com oder Baumarkt	0.2		30
Zwischentotal					4.3		306

Menge	L: mm	Beschreibung und Verwendung	Ref. Nr.	Lieferant	Tot kg	Einzel Pr. m	Total CHF
Übertrag					4.3		306
2 Stk.		Balsaholz Querruder Verstärkung am Rohr hinterseitig		Baumarkt	0.2		10
4 Stk.		Balsaholz Seitenruder Verstärkung am Rohr vorn- und hinter-seitig		Baumarkt	0.4		20
100 Stk.		Schlossschrauben M5 x 40 mm, inkl. Stopp-Muttern 9 Gramm		Baumarkt	0.9		50
20 Stk.		Schlossschrauben M6 x 40 mm, inkl. Stopp-Muttern		Baumarkt	0.2		10
10 Stk.		Schlossschrauben M6 x 45 mm, inkl. Stopp-Muttern		Baumarkt	0.1		8
14 Stk.		Schlossschrauben M6 x 50 mm, inkl. Stopp-Muttern		Baumarkt	0.3		10
2 Rollen		Selbstklebendes Alu-Band 10 m x 50 mm breit, z.B. Tesa Aluminium-Tape 56223-0		Baumarkt	0.5		20
4 x 5 m Rollen		Netz mit Quadratmasche (Plastik-Gitter 18 x 18 mm)		www.tenax.net oder Baumarkt	4		160
4 Stk.		Drahtseil a 2 m (4 mm mit Plastiksenschutz) Hinterrad-Halterung		Baumarkt	0.5		30
1 Stk.		Birkensperrholz-Platten 2000x1000x8 für 10+8 tragende Rippen		Baumarkt	1		50
1 Stk.		Birkensperrholz-Platten 3000x1000x8 für 8+6 Form gebende Rippen sowie zwei Aussenrippen (1060x180) + 2 bei 4 Flügelteile		Baumarkt	1		50
4 Stk.		Drahtseil a 2,5 m; 6 mm (0,13 kg/m) 2 Tonnen Tragkraft; Hauptflügel-Halterung (mit Seilspanner, etc.)		Baumarkt	2		30
4 Stk.		U-Scheibe Polyamid i:30 o:50 2 mm; Seitensteuer Flügel-Mechanik		Baumarkt	0		2
4 Stk.		U-Scheibe Polyamid i:5 o:20 2 mm; Seitensteuer Flügel-Mechanik		Baumarkt	0		2
1 Stk.		U-Scheibe Polyamid i:15 o:60 4 mm; Bugrad-Steuerung		Baumarkt	0		2
2 Stk.		Stahlwinkel 60x60x3 flach (Bugrad Anlenkung)		Baumarkt	0.1		6
1 Stk.		Vierkant-Feile für Alu, 3x3 mm; um die Schlossschrauben-Löcher kopfseitig viereckig zu feilen		Baumarkt	0		8
Zwischentotal					15.5		774

Menge	L: mm	Beschreibung und Verwendung	Ref. Nr.	Lieferant	Tot kg	Einzel Pr. m	Total CHF
Übertrag					15.5		774
6 Stk.		Klemmring, zweifach, für 6 mm Drahtseil; Überrollbügel (beim Längs-Seil im Alu-Rohr verstauen)		Baumarkt	0.3		15
4 Stk.		Gabelterminal mit Aussengewinde M8; Quersteuerung vorn	15	www.huck-gmbh.de oder Baumarkt	0.6	5.00	20
2 Stk.		Ringöse mit Innengewinde M6; Querstange Steuerknüppel	15	Baumarkt	0.1		5
2 Stk.	30	Ösenschraube mit Gewindestange M6; Querstange vom Steuerknüppel	15	Baumarkt	0.1		5
1 Stk.	60	Ösenschraube mit Gewindestange M8; Quersteuerung am Steuerknüppel	15	Baumarkt	0.1		5
8 Stk.		Seilkausche 3 mm; Quersteuerung		Baumarkt	0.1		2
2 Stk.	74	Steckbolzen 10 mm mit Bohrung; Hauptflügel-Holm Mittelteil		www.segelkontor.com oder Baumarkt	0.2		14
2 Stk.	54	Steckbolzen 8 mm mit Bohrung; Canard-Holm Mittelteil		www.segelkontor.com oder Baumarkt	0.1		10
2 Stk.	64	Steckbolzen 6 mm mit Bohrung; Seitenruder-Achse oben		www.segelkontor.com oder Baumarkt	0.1		12
2 Stk.	27	Steckbolzen 6 mm mit Bohrung; Rad-Achse hinten (Bolzenkopf einseitig flach schleifen)		www.segelkontor.com oder Baumarkt	0.1		10
14 Stk.	50	Splinten 2.5 mm (Vorsteckfedern); für alle Steckbolzen		www.online-schraubenhandel.de oder Baumarkt	0.1		7
16 Stk.	1000	Balsaholz-Bretter 50x3 Haupt-Flügel hinterseitiger Abschluss		Baumarkt	0.4		50
3 Stk.	1000	Balsaholz-Bretter 50x3 Canard-Flügel hinterseitiger Abschluss		Baumarkt	0.1		20
4 Stk.		Metall-Bügel rund d:30		Baumarkt	0.2		8
4 Stk.		Kappschelle H:33,7; Id:26;B:30;L:80		Baumarkt	0.3		2
1 Stk.		Drahtseil-Klemme 5 mm		Baumarkt	0.1		2
1 Stk.	2500	ONDUCOLOR GFK-Wellplatte GF-UP 1100 x 1,7; 8 Abschnitte h:120 mm stehend, Wellentiefe ≈ 70 mm	16	Baumarkt	3.5		50
Total Kg und CHF					22		1011
Total Euro (CHF/1,2) aufgerundet							850

Material-Bilder



Winkel Nr. 1 - Schwerlastkonsole Stahl mit Stütze. Die Schweissnaht prüfen. Einige Modelle sind nur auf Druck stark belastbar.



Winkel Nr. 2 - Stahlwinkel verzinkt



Seilklemme



Gabelterminal Aussengewinde

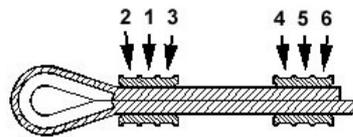


Bild 10

Richtiges quetschen – Quelle: www.schmidtler.de – ist Pflichtlektüre für Anwender



Alternative zum teuren Klemmsystem, wie z.B. Nicopress



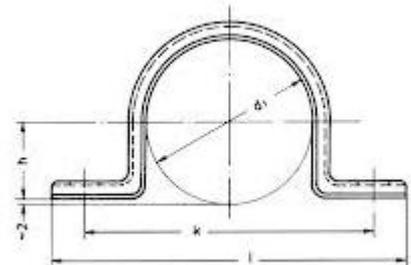
Ösenschraube mit Aussengewinde



Ringöse mit Innengewinde



Klemmring, zweifach



Kappschelle / Rohrschelle



Steckverbinder Winkel mit Abgang - 4 Stk.



Steckverbinder T-Stück mit Abgang - 4 Stk.



Steckverbinder Kreuz mit Abgang - 2 Stk.



Steckverbinder rechter Winkel - 2 Stk.

Steckverbinder von CAD-graphics & more

Die Steckverbinder genannter Firma weisen eine positive Besonderheit aus - sie werden zweiteilig ausgeliefert. Dies ermöglicht bei Bedarf eine Aluminium-Verstärkung hinein zu legen. Dies ist bei der Stossstelle Rumpf/Ausleger und beim Übergang Rumpf/Landesystem anzuwenden. Dazu wird ein Alu-Vierkant-Vollprofil von 15 auf 15 Millimeter mit 115 Millimeter Länge in die Steckverbinder gelegt, bei der Stossstelle Rumpf/Ausleger unter Druck zusätzlich mit Epoxyd-Harz ein-geleimt.



Beispiele: links mit Alu-Verstärkung, rechts ohne

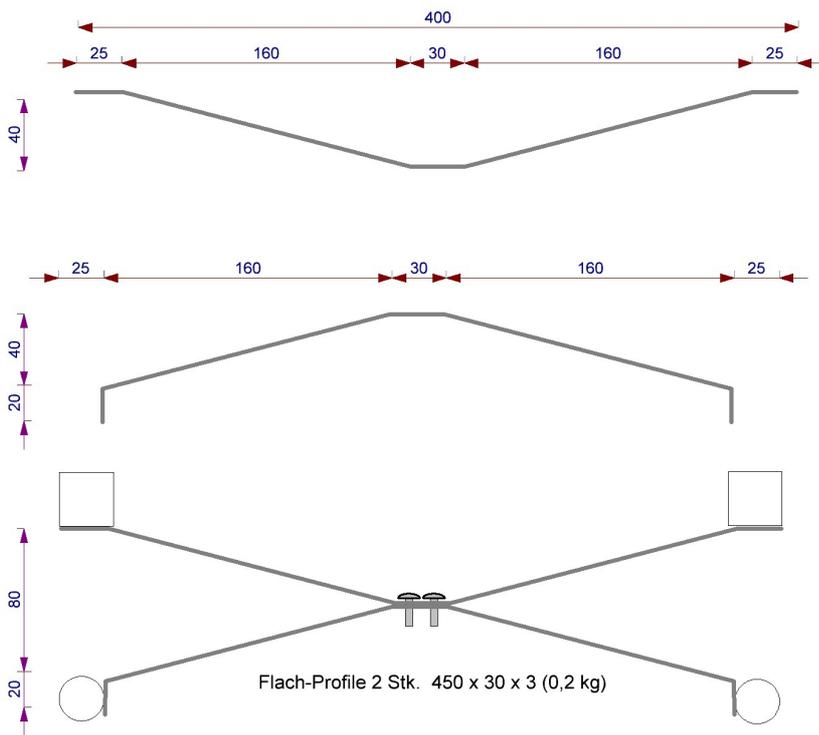
Metallbedarf von Rumpf, Landesystem und Steuerung

Wenn nicht explizit erwähnt, sind Alu-Teile gemeint. Die Lieferanten erstellen auch Teile nach Plan.

Internet: www.metall-laden.ch / www.haeuselmann.de / kleinere Abschnitte werden ggf. dazugekauft

Menge	L: mm	Beschreibung	Ref. Nr.	Verwendung	Tot kg	Einzel Pr. m	Total CHF
6 Stk.	340	Vierkantrohr, R=2.0; T66 30x30x2.0	1	Querverbindungen	1.3	14.20	30
4 Stk.	1000	Vierkantrohr, R=2.0; T66 30x30x2.0	2	Rumpf längs (0,62 kg/m)	2.5	14.20	57
2 Stk.	1300	Vierkantrohr, R=2.0; T66 30x30x2.0	3	Rumpf-Ausleger vorn	1.7	14.20	37
2 Stk.	600	Vierkantrohr, R=2.0; T66 30x30x2.0	3	Rumpf-Ausleger hinten	0.7	14.20	17
4 Stk.	120	Vierkantrohr, R=2.0; T66 30x30x2.0	4	Rumpf Vertikal-Verbind.	0.3	14.20	7
6 Stk.	100	Vierkantrohr, R=2.0; T66 30x30x2.0; Bohrloch D:23, gekürzt auf 80mm	5	Ausleger Vertikal-Verb.	0.4	14.20	10
2 Stk.	1970	Rohr, GP 25 x 1.5; 0,3 kg/m	6	Rumpf-Ausleger unten	1.2	9.65	38
2 Stk.	495	Rohr, GP 25 x 1.0; 0,16 kg/m; Ref. 3	6	Rumpf-Ausleger hinten	0.1	6.10	5
22 Stk. +2 Stk.	180	Ganzblech, glatt, HH 5005, 5.38 kg/m ² 180x2, gem. Plan 1	8	Universal „Dreieck“ Verstärkungen	1.8	16.70	12
2 Stk.	700	Vierkantrohr, R=2.0; T66 30x30x2.0	9	Rad-Halterung oben *	0.8	14.20	20
2 Stk.	450	Rohr, GP 25 x 1.5; 0,3 kg/m	10	Rad-Federungsdistanzh.*	0.3	20.40	20
2 Stk.	650	Vierkantrohr T66 40x40x4.0 1.6kg/m	11	Rad-Halterung unten *	2	32.25	42
1 Stk.	700	Alu-Rundprofil H11-Z 20 mm oder	12	Rad-Achse hinten <-- *	0.5	19.05	12
1 Stk.	700	Alu-Rohr 20x1.0 mit CFK-Innenrohr		siehe: Diverses Material		6.10	
2 Stk.	180	Vierkantrohr, R=2; T66 45x45x3.0	13	Pedalen quer	0.3	14.20	9
2 Stk.	150	Vierkantrohr, R=2; T66 40x40x3.0	13.a	Pedal-Halterungen längs	0.2	26.00	7
1 Stk.	400	Ganzblech, glatt; HH,5005 260x2 5.38 kg/m, gem. Plan 3	14	Stossstelle-Verstärkung – seitliches Schwenken	0.5	16.00	10
1 Stk.	800	Rohr, GP 22 x 2.0; 0,305 kg/m	15	Steuer-Knüppel	0.3	9.90	9
1 Stk.	1400	Rohr, GP 45 x 1.5; 0,55 kg/m	15.a	Höhensteuer-Verbindung	0.8	18.80	27
1 Stk.	300	Rohr, GP 20 x 2.0; 0,305 kg/m	15.b	Höhensteuer-Schenkel	0.1	9.90	3
1 Stk.	250	Rohr, GP 20 x 2.0; 0,305 kg/m (Anschluss 100 mm ab Mitte)	15.c	Vorderrad-Querrohr auf d (Steuerquerstange)	0.1	9.90	2
2 Stk.	1000	Rohr, GP 16 x 1.5; 0,185 kg/m	15.d	Vorderrad-Ansteuerung	0.4	7.20	15
2 Stk.	400	Rohr, GP 16 x 1.5; 0,185 kg/m	15.e	Piloten-Sitz Halterung	0.2	7.20	4
2 Stk.	1600	Rohr, GP 30x2.0; 0,475 kg/m	15.f	Rumpf Seil-Halterungen	1.6	14.50	47
2 Stk.	400	Rohr, GP 15x1.0; 0,120 kg/m (quer)		Flügel/Überrollbügel			
2 Stk.	180	Flachprofil, T66 60x10; 1,63 kg/m	18.a	Bugrad-Seitenteile Pl. 7	0.5	31.60	12
1 Stk.	60	U-Profil WA 65x120x65x10 5.9kg/m	18.b	Bugrad-Gabelstütze	0.3	99.80	7
1 Stk.	250	Rechteckrohr, T66 60x40x2 1,0 kg/m	18.c	Bugrad-Queranlenkung	0.2	22.35	6
1 Stk.	400	Rechteckrohr, T66 60x40x4 2,0 kg/m	18.d	Bugrad-Halterung	0.8	40.95	17
1 Stk.	450	Rohr, GP 22 x 2.0; 0,305 kg/m	15	Querverbindung Steuerk.	0.1	9.90	5
4 Stk.	115	Vierkant voll, T6 15x15 0.61 kg/m		Steckverbindereinlagen	0.3	12.40	6

Menge	L: mm	Beschreibung	Ref. Nr.	Verwendung	Tot kg	Einzel Pr. m	Total CHF
		Externe Arbeiten für alle Alu-Teile					500
		Total Kg und CHF			20.3		993
		Total Euro (CHF/1,2) aufgerundet					830



Auslegerkreuz bei zirka Millimeer 150 (Mitte Dreieckplatte)

Metallbedarf Haupt-Flügel bei zwei Einzelflügel

Wenn nicht explizit erwähnt, sind Aluminium-Teile gemeint.

Internet: www.metall-laden.ch / www.haeuselmann.de / Kleinere Abschnitte werden ggf. dazugekauft.

Menge	L: mm	Beschreibung	Ref. Nr.	Verwendung	Tot kg	Einzel Pr. m	Total CHF
1 Stk.	500	Rund-Rohr, GP 60x5.0; 2,34 kg/m	16	Haupt-Holm Rumpfteil	1.2	64.25	63
2 Stk.	750	Rund-Rohr, GZ-GP 46x3.0; 1,1 kg/m	16.a	Haupt-Holm aussen	1.7	30.05	45
2 Stk.	1600	Rund-Rohr, GP 38x2.0; 0,61 kg/m	16.b	Haupt-Holm innen	1.9	19.50	60
2 Stk.	4000	Rund-Rohr, KGP 20x1.5; 0,235 kg/m	16.c	Querruder-Achse	1.8	8.40	65
2 Stk.	180	Flachprofil T66; 175x10; 4,35 kg/m Bohrloch Mitte 61 mm; Plan 7	16.d	Holm-Halterung Rumpf innen (mit Zusatzbohrungen)	0.4	77.90	26
2 Stk.	325	Rechteckrohr T66; 60x50x3, 1,36 kg/m (ohne Lochung 0,7 kg); ausen geschlitzt für Dorn + Seil	16.e	Seitenruder-Halterung liegend montiert	0.8	29.5	20
2 Stk.	120	Rund-Rohr, GP 50x2.5; 1,01 kg/m; mitte beidseitig geschlitzt für Dorn; oben und unten mit Gleitlager	16.f	Rechteckrohrführung für 16.g; bei 16.e Lochung oben und unten 52 mm	0.1	28.90	7
2 Stk.	120	Vierkantrohr, R=2.0; T66 30x30x2.0; 0,62 kg/m (Diagonale 42,426 mm)	16.g	Seitenruder-Führung	0.1	14.20	2
2 Stk.	70	Vierkantrohr, R=2.0; T66 25x25x2.0; 0,49 kg/m	16.h	Seitenruder-Achse oben (feste Installation)	0.1	11.15	1
2 Stk.	480	Vierkantrohr, R=2.0; T66 25x25x2.0; 0,49 kg/m	16.i	Seitenruder-Achse unten (mit Seitenruder)	0.5	11.15	12
2 Stk.	200	Vierkantrohr, R=2.0; T66 20x20x2.0; 0,38 kg/m (Verstärkung)	16.i	Seitenruder-Achse unten (mit Seitenruder)	0.1	8.90	2
8 Stk.	3850	Rund-Rohr, GP 15x1.0; 0,12 kg/m	16.k	Profilhaut-Verstärkung	3.6	5.60	173
8 Stk.	300	Rund-Rohr, GP 12x1.5; 0,135 kg/m	16.l	16.k-Verstärkung innen Rumpfseitig einleimen	0.3	5.75	13
2 Stk.	160	Flachprofil T66; 40x12; 1,295 kg/m Plan 5.a	16.	Seil-Halterung Flügel m (mit Zusatzlochungen)	0.2	24.20	8
2 Stk.	200	Flachprofil T66; 40x2; 0,215 kg/m	16.n	Querruderachs-Verstärk.	0.1	5.00	2
4 Stk.	100	Rund-Alu-Stange H11-Z 5 mm 0,055 kg/m		Holm/Rippe Verbindung, Rippe aussenseitig anbr.	0	3.75	2
2 Stk.	210	Rund-Rohr, GP 15x2.5; 0,265 kg/m	16.o	Querdorn Seilzug	0.1	10.70	4
Total Kg und CHF					13		505
Total Euro (CHF/1,2) aufgerundet							420

Metallbedarf Haupt-Flügel mit vier Flügelteile

Wenn nicht explizit erwähnt, sind Aluminium-Teile gemeint.

Internet: www.metall-laden.ch / www.haueselmann.de / Kleinere Abschnitte werden ggf. dazugekauft.

Menge	L: mm	Beschreibung	Ref. Nr.	Verwendung	Tot kg	Einzel Pr. m	Total CHF
1 Stk.	400	Rund-Rohr, GP 60x5.0; 2,34 kg/m	16	Haupt-Holm Rumpf A	0.9	64.25	63
2 Stk.	650	Rund-Rohr, GZ-GP 46x3.0; 1,1 kg/m	16.a	Haupt-Holm aussen B	1.5	30.05	39
2 Stk.	1800	Rund-Rohr, GP 38x2.0; 0,61 kg/m	16.b	Haupt-Holm innen C	2.2	19.50	70
2 Stk.	1950	Rund-Rohr, KGP 20x1.5; 0,235 kg/m	16.c	Querruder-Achse Rumpf	0.9	8.40	33
2 Stk.	2250	Rund-Rohr, KGP 25x1.5; 0,3 kg/m	16.d	Querruder-Achse aussen	1.4	9.65	44
2 Stk.	180	Flachprofil T66; 175x10; 4,35 kg/m Bohrloch Mitte 61 mm; Plan 7	16.e	Holm-Halterung Rumpf innen (mit Z-Bohrungen)	0.4	77.90	26
2 Stk.	550	Rund-Rohr, GZ-GP 46x3.0; 1,1 kg/m	16.f	Haupt-Holm aussen E	1.1	30.05	45
2 Stk.	2050	Rund-Rohr, GP 38x2.0; 0,61 kg/m	16.g	Haupt-Holm innen F	2.5	19.50	80
2 Stk.	2250	Rund-Rohr, KGP 24x1.0; 0,3 kg/m	16.h	Querruder-Achse G	1.3	9.65	43
2 Stk.	325	Rechteckrohr T66; 60x50x3, 1,36 kg/m (ohne Lochung 0,7 kg); ausen geschlitzt für Dorn + Seil	16.i	Seitenruder-Halterung liegend montiert	0.8	29.5	20
2 Stk.	120	Rund-Rohr, GP 50x2.5; 1,01 kg/m; mitte beidseitig geschlitzt für Dorn; oben und unten mit Gleitlager	16.j	Rechteckrohrführung für 16.g; bei 16.e Lochung oben und unten 52 mm	0.1	28.90	7
2 Stk.	120	Vierkantrohr, R=2.0; T66 30x30x2.0; 0,62 kg/m (Diagonale 42,426 mm)	16.k	Seitenruder-Führung	0.1	14.20	2
2 Stk.	70	Vierkantrohr, R=2.0; T66 25x25x2.0; 0,49 kg/m	16.l	Seitenruder-Achse oben (feste Installation)	0.1	11.15	1
2 Stk.	480	Vierkantrohr, R=2.0; T66 25x25x2.0; 0,49 kg/m	16.	Seitenruder-Achse unten m (mit Seitenruder)	0.5	11.15	12
2 Stk.	200	Vierkantrohr, R=2.0; T66 20x20x2.0; 0,38 kg/m (Verstärkung)	16.n	Seitenruder-Achse unten (mit Seitenruder)	0.1	8.90	2
8 Stk.	1800	Rund-Rohr, GP 15x1.0; 0,12 kg/m	16.o	Profilhaut-Verstärkung	1.8	5.60	80
8 Stk.	300	Rund-Rohr, GP 12x1.5; 0,135 kg/m	16.p	16.b-Verstärkung innen Rumpfseitig einleimen	0.3	5.75	14
8 Stk.	2050	Rund-Rohr, GP 15x1.0; 0,12 kg/m	16.q	Profilhaut-Verstärkung	2	5.60	92
8 Stk.	500	Rund-Rohr, GP 12x1.5; 0,135 kg/m	16.r	16.q-Verstärkung Mitte	0.5	5.75	46
2 Stk.	160	Flachprofil T66; 40x12; 1,295 kg/m Plan 5.b	16.s	Seil-Halterung Flügel (mit Zusatzlochungen)	0.2	24.20	8
2 Stk.	200	Flachprofil T66; 40x2; 0,215 kg/m	16.t	Querruderachs-Verstärk.	0.1	5.00	2
4 Stk.	100	Rund-Alu-Stange H11-Z 5 mm 0,055 kg/m		Holm/Rippe Verbindung, Rippe aussenseitig anbr.	0.1	3.75	2
2 Stk.	210	Rund-Rohr, GP 15x2.5; 0,265 kg/m	16.u	Querdorn Seilzug	0.1	10.70	4
Total Kg und CHF					19		735
Total Euro (CHF/1,2) aufgerundet							620

Metallbedarf Canard-Flügel

Wenn nicht explizit erwähnt, sind Aluminium-Teile gemeint.

Internet: www.metall-laden.ch / www.haeuselmann.de / Kleinere Abschnitte werden ggf. dazugekauft.

Menge	L: mm	Beschreibung	Ref. Nr.	Verwendung	Tot kg	Einzel Pr. m	Total CHF
1 Stk.	160	Rund-Rohr, GZ-GP 50x4.0; 1,5 kg/m	17	Canard-Holm Rumpfteil	0.3	41.60	7
2 Stk.	25	Rund-Rohr, GZ-GP 44x2.0; 0,73 kg/m	17.a	Canard-Holm Abstandhalter Flügel/Gleitlager	0.1	19.50	2
2 Stk.	650	Rund-Rohr, GZ-GP 38x2.0; 0,61 kg/m	17.b	Canard-Holm mitte	0.8	19.50	26
2 Stk.	950	Rund-Rohr, GZ-GP 35x2.5; 0,69 kg/m	17.c	Canard-Holm innen	1.3	20.60	40
2 Stk.	330	Flachprofil; 120x20, 6,53 kg/m gem. Plan 2 (4,3 kg ohne Löcher)	17.d	Holm-Halterung Canard-Flügel	0.9	119.60	80
8 Stk.	1500	Rund-Rohr, GP 15x1; 0,12 kg/m	17.e	Profilhaut-Verstärkung	1.5	5.60	70
Total Kg und CHF					4.9		225
Total Euro (CHF/1,2) aufgerundet							190

Diverses Material unterschiedlicher Lieferanten

Menge	L: mm	Verwendung und Beschreibung	Ref. Nr.	Lieferant	Tot kg	Einzel Pr. m	Total CHF
1 Stk.		Motor 27 PS, 2-Takt und Druckschraube 1,22 m; besser 4-Takt Motor mit 1,4 m Druckschraube		www.ciscomotors.com	20	6000	6000
2 Stk.	480	Druckfedern Harley Davidson Touring; A:32 I:22, D:5, Wdg:40 progr. 5-10mm, kN: 0,68 1/2-weg, kg 0,5; Hinterrad-Federung	11.a	Ebay-Schnäppchen	0.5	20	40
2 x Einheit 17 lt		Laminat-Harz Hauptflügel inkl. Canard; Topf-Zeit 90 Min. oder mehr; zwingend wässrig dünn- flüssig! (pro m ² wird zirka ein Liter Harz benötigt)		www.swisscomposite.ch oder www.r-g.de Verarbeitung bei >24°C	21	60	120
20 lm		190.0508 Glas-Hohlfasergewebe 160g/m ² Atlas 92cm Lfm, Hauptflügel inkl. Canard		www.swisscomposite.ch oder www.r-g.de	3		120
20 lm		190.0708 Glas-Hohlfasergewebe 216g/m ² Atlas 92cm Lfm, Hauptflügel inkl. Canard		www.swisscomposite.ch oder www.r-g.de	4		160
1 Stk.	1800	Vorderrad-Bremssystem mit Kabel und Festhalte-Hebel		Fahrrad Reparatur- Werkstatt	0.2		60
1 Stk.		Pilotensitz (halbhoch); eff. CHF 0 von Wald-Littering		IKEA Stuhl-Oberteil B:44/T:40/H:40/O:35 cm	1		50
1 Stk.		Vorderrad 250x55 mit Rillen-Kugel- lager + Trommelbremse 12 mm Id.		www.cadkat.com	2	90	90
2 Stk.		Hinterräder mit Rillen-Kugellager 20 mm Innendurchmesser (vorhandene 400x100 4 kg)		www.cadkat.com oder Baumarkt	2		60
1 Rolle		Steuerseil LN 9374 / ISO 2020 2,4 mm, 50 m, 1 lm / Bestell Nr. 45150		www.siebert.aero	1.2		100
1 Stk.		Anschnallgurt (gem. Bild)		www.friebe.aero	0.7	200	200
1 Stk.		Staudruck-Fahrtmesser Falcon Gauge ASI (D:80 mm)			1	170	170
1 Stk.		Querneigungsmesser Winter (oder kombiniert mit Kompass und Fluglage-Anzeige 250 EU)		<a href="http://www.winter-
instruments.de">www.winter- instruments.de oder www.flugversand.de	0.5	50	50
1 Dose	500 gr.	Trockenschmierstoff, OKS 510 MoS ₂ -Gleitlack, schnelltrocknend		www.oks-germany.com (Landesystem)	0		30
1 Stk.	700	CFK-Rohr pultrudiert Nr.100.1618 A:18.00mm I:16.0mm 95g (eff. 70g); (Teleskopierbarkeit mit Alu-Rohr?)	12	www.swisscomposite.ch oder www.r-g.de	0	15	0
Zwischentotal					57.1		7250

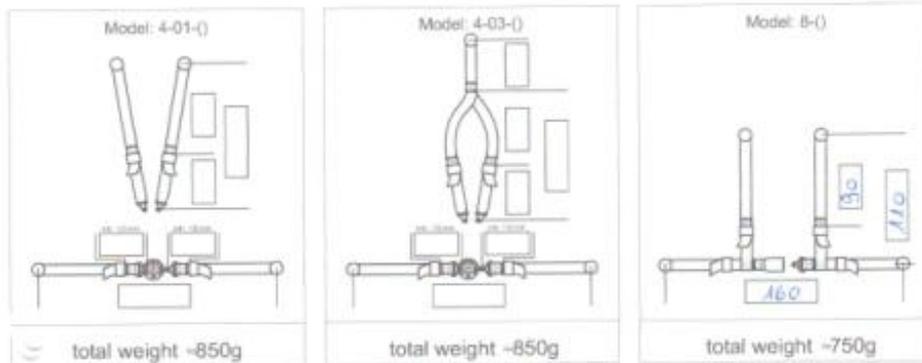
Menge	L: mm	Verwendung und Beschreibung	Ref. Nr.	Lieferant / Bemerkungen	Tot kg	Einzel Pr. m	Total CHF
Übertrag					57.1		7250
2 Stk.		Zugfeder mit Zug-Limitierung (Schatten-Segel-Zubehör gem. Bild)		IKEA oder selber machen	0.2		10
1 Stk.		Rettungs-Fallschirm HFa610 ohne Container 1090,00 €		www.finsterwalder- charly.de	7		1350
8 Stk.		Seilspanner (Ruder-Ansteuerungen)		Flugzeug-Zubehör	0.5		160
2 Stk.	1500	Feinmaschiges Streckgitter Alu 100x0.5, Flügel-Nase-Verkleidung Canard-Flügel; Maschenlänge 10 mm, Maschenbreite 5 mm, Stegbreite 1 mm, Stegdicke 0,5 mm, Gewicht je Tfl. 1 kg, Ao freie Fläche 60%	16.d	www.rotec-berlin.de oder www.metallpfister.ch	0.3		60
2 Stk.	3500	Feinmaschiges Streckgitter Alu 100x0.5, Flügel-Nase-Verkleidung Haupt-Flügel; wie Canard-Flügel	16.d	www.rotec-berlin.de oder www.metallpfister.ch	0.7		130
2 Stk.	22	Gleitlager igidur GFM-3842-22 id: 38 mm, od: 42 mm; L: 22 mm	17.a	www.igus.de Canard-Holm-Drehlager	0.1		10
2 Stk.	20	Gleitlager igidur GFM-4044-20 id: 40 mm, od: 44 mm; L: 20 mm	16.g	www.igus.de Canard-Holm-Drehlager	0.1		10
3 Stk.	25	Gleitlager igidur GFM-2224-25 id: 22 mm, od: 24 mm; L: 8 mm	16.c	www.igus.de Querruder-Drehlager	0.1		15
2 Stk.	4	Gleitlager igidur GFM-2224-04 id: 22 mm, od: 24 mm; L: 4 mm	15	www.igus.de Steuerknüppel-Querrohr	0.1		10
1 Stk.	25	Gleitlager igidur GFM-0810-25 (M7) id: 22 mm, od: 24 mm; L: 8 mm	15	www.igus.de Steuerknüppel-Schraube	0	5	5
8 Stk.	3	Gleitlager igidur GFM-0507-03 (M5) id: 5 mm, od: 7 mm; L: 3 mm	15	www.igus.de Höhensteuer-Mechanik	0	5	5
4 Stk.	75	Kunststoff Umlenkrolle, Id. 41 mm, Befestigungsbügel mit Innengewinde M8; Quersteuerung vorn	15	<a href="http://www.edelstahl-
seilrollen.de">www.edelstahl- seilrollen.de	0.6	50.00	200
2 Stk.	75	Kunststoff Umlenkrolle mit Ringöse, Id. 41 mm; Quersteuerung hinten		<a href="http://www.edelstahl-
seilrollen.de">www.edelstahl- seilrollen.de	0.2	50.00	100
2 Stk.	75	Kunststoff Umlenkrolle mit Ringöse, Id. 41 mm; Seitensteuerung hinten		<a href="http://www.edelstahl-
seilrollen.de">www.edelstahl- seilrollen.de	0.2	50.00	100
1 Paar	12.5	Lenker Griffe LSL schwarz 22 mm; Steuerknüppel-Griffe		www.louis.de (siehe Griffe.pdf)	0.2	40.00	40
1 Stk.	410	Sitzkissen Sito 410x410x50 mm		www.kuhnbieter.ch	0.2	22	22
Total Kg und CHF					67.6		9477
Total Euro (CHF/1,2) aufgerundet							7900

Ergänzende Bilder

Webbing colors



Note: Colors seen on a computer screen or on a print-out often are not exact due to the settings of the individual computer.



Please fill out the boxes of the model chosen with the length of the straps needed.

Shoulder harness endfittings



Lap belt endfittings



Anschnallgurt mit EASA Certificate DE.21G.0114 15-Jun-2012



Zugfeder mit Zug-Limitierung (IKEA)

Dieses Stuhl-Oberteil von IKEA, wurde im Wald gefunden. Gereinigt und frisch gespritzt, zusammen mit einem Motorrad Rücken-Protector eignet sich dieses Teil bestens.



Gleitlager

Beispiel: Canard-Flügel

iglidur® G, Gleitlager mit Bund, Form F (metrisch)

Art.-Nr. : GFM-3842-22

Wellendurchmesser d1 [mm]:

Lagerbreite b1 [mm]:

Bunddicke b2 [mm]:

Außendurchmesser d2 [mm]:

Bunddurchmesser d3 [mm]:

d1-Toleranz min. [mm]: +0,050

d1-Toleranz max. [mm]: +0,150

Toleranz für d1 : -

b1-Toleranz : h13

b2-Toleranz : -0,14

d3-Toleranz : d13

Die angegebene d1-Toleranz stellt sich nach dem Einpressen ein.

» Prüfverfahren

? Benötigen Sie in iglidur® G eine neue Standardabmessung?
» Bitte sprechen Sie uns an. Wir erweitern gerne unser Programm für Sie.

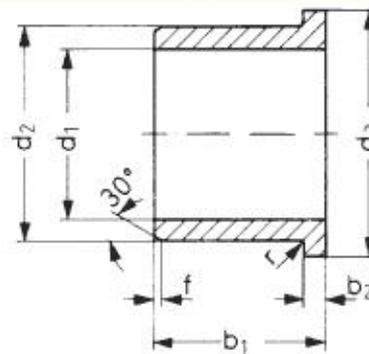
Online Services:

Anfragen/Bestellen

> 1 Stk. 5,58 CHF/Stk. > 10 Stk. 3,57 CHF/Stk.
 > 25 Stk. 2,48 CHF/Stk. > 50 Stk. 1,94 CHF/Stk.
 > 100 Stk. 1,70 CHF/Stk. > 200 Stk. 1,61 CHF/Stk.
 > 500 Stk. » Auf Anfrage

Stk.  in den Warenkorb



(Abmessung nach ISO 3547-1 und Sonderabmessungen)
Empfohlene Toleranz für den Einbau:
- Aufnahmebohrung H7
- Welle h9

r = max. 0,5 mm

Fase in Abhängigkeit von d1

d1 [mm]:	∅ 1-6	∅ 6-12	∅ 12-30	∅ > 30
f [mm]:	0,3	0,5	0,8	1,2

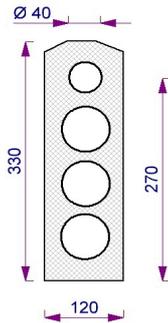
+ Wann nehme ich iglidur® G-Gleitlager?

- wenn ich ein wirtschaftliches Allroundlager brauche
- bei extrem hoher Belastung
- bei niedrigen bis mittleren Gleitgeschwindigkeiten
- wenn das Lager für unterschiedliche Wellen geeignet sein soll
- für einfache Schwenk- und Drehbewegungen
- wenn das Lager extrem vielseitig einsetzbar sein soll
- wenn Trockenlauf gefordert ist
- wenn das Lager unempfindlich gegen Schmutz sein soll
- bei starken Schwingungen

- Wann nehme ich sie nicht?

- wenn mechanische Nacharbeit der Wandfläche erforderlich ist
 - ▶ iglidur® M250
- wenn allerhöchste Verschleißfestigkeit im Dauerbetrieb gefordert ist
 - ▶ iglidur® W300
- wenn Temperaturen dauernd grösser als 130°C vorliegen
 - ▶ iglidur® H
 - ▶ iglidur® X
 - ▶ iglidur® H370
- bei Unterwasser-Einsatz
 - ▶ iglidur® H

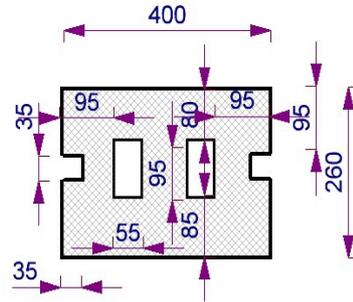
Plan Nr. 2



Alu-Flachprofil 330 x 120 x 20

Halterung Canard-Flügel

Plan Nr. 3



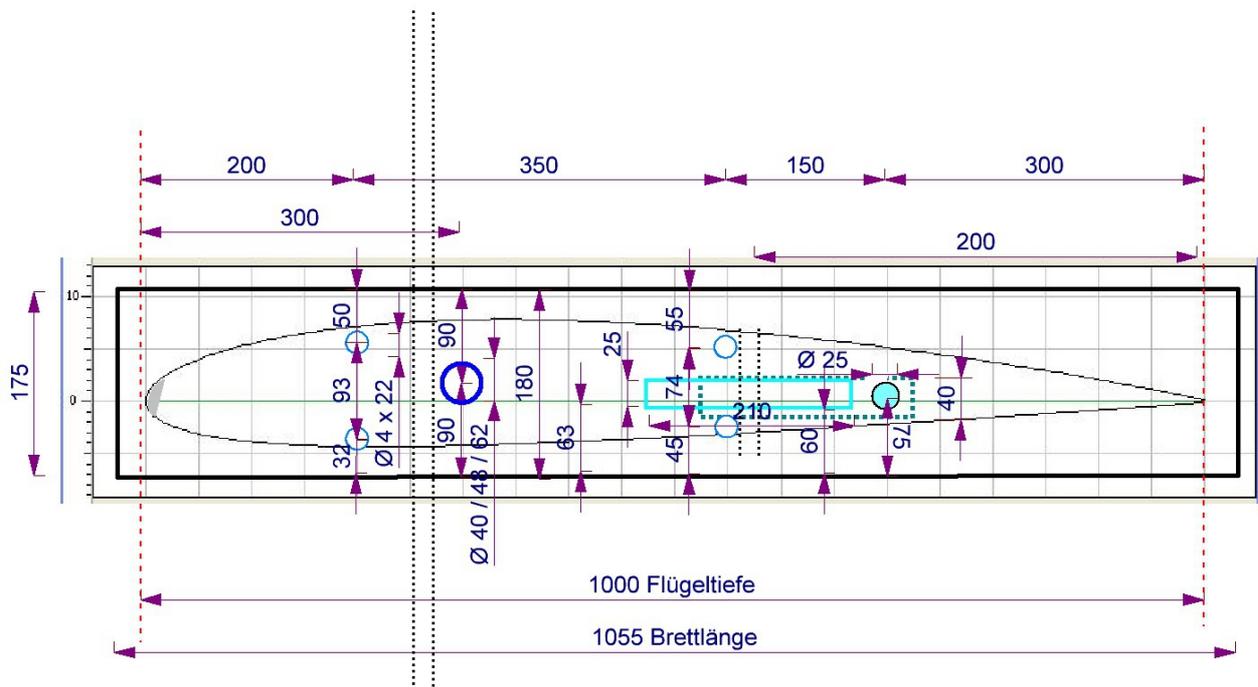
Alu-Blech 400 x 260 x 2

mit zwei Aussparungen für die Gurten

Ausleger vorn Verstärkung bei seitlichem Schwenken

Plan Nr. 4.a

(ergänzende Informationen zu Profil-Querschnitt)

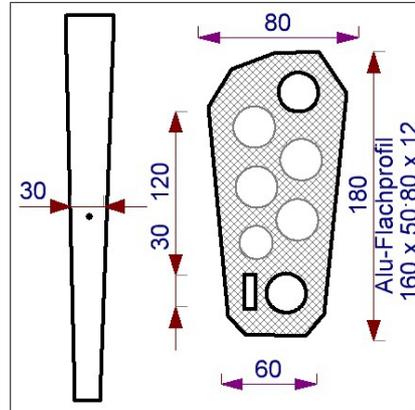
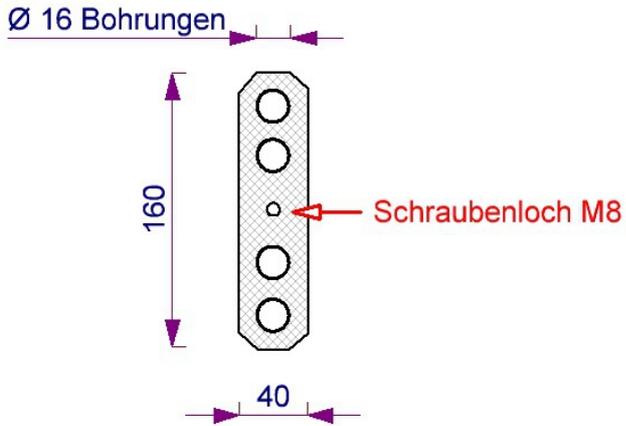


Das grün punktiert Rechteck ist ein Alu-Flachprofil zur Verstärkung der Querruder-Achse beidseitig vom Querruder (zugleich Gleitlager-Führung).

Plan Nr. 5.a

oder

Plan Nr. 5.b bei zweiteiligen Flügel

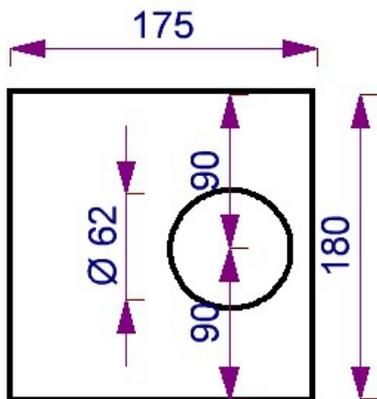


Alu-Flachprofil 160 x 40 x 12

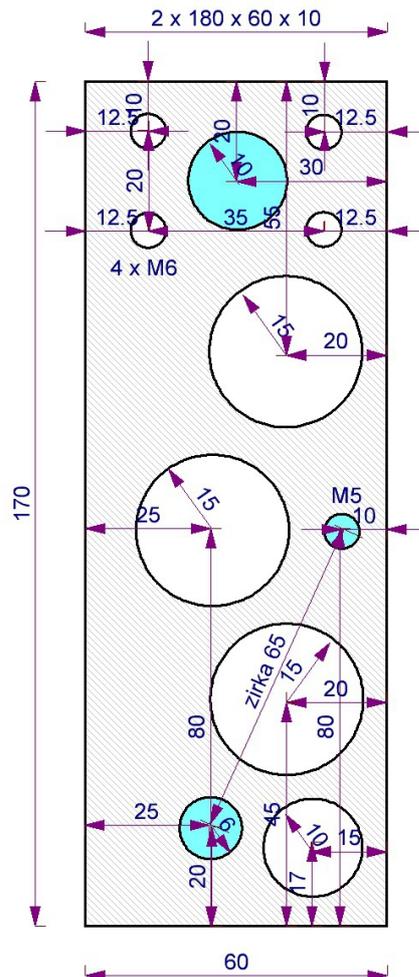
Hauptflügel Seilzug-Halterungen

Plan Nr. 7

Plan Nr. 6



Alu-Flachprofil 180 x 175 x 10



8. Kleine Einführung in Faserverbund-Werkstoffe

Allgemeiner Hinweis bezüglich Harze: In diesem Dokument werden Epoxyd-Harze mit „normaler“ Konsistenz nur als Harze bezeichnet. Dünnflüssige Harze werden als Laminat-Harze bezeichnet. Die Topf-Zeit von Harzen ist die Zeit von 100 Gramm Harz die benötigt wird bis zur Erhärtung bei einer Raumtemperatur zwischen 22 und 25 Grad Celsius. Grössere Mengen von Harzen verkürzen die Verarbeitungszeit, höhere Temperaturen verringern die Viskosität. Bis zur vollständigen Aushärtung wird jedoch viel mehr Zeit benötigt als die Topfzeit vorgibt. Durch erwärmen vom Flügelteil auf 30 bis maximal 50 Grad Celsius kann die Zeit bis zur vollständigen Aushärtung verkürzt werden.

Zusätzlich ein wichtiger Hinweis der über die ganze Baustrecke vor Augen gehalten werden muss. Faserverbundteile erhalten ihre Festigkeit durch die Fasern. Werden diese zerstört verliert das Teil seine ursprüngliche Festigkeit. Fazit: jede Schwächung vom Faserverbund, zum Beispiel durch eine Bohrung, muss daher irgendwie kompensiert werden oder wenigstens die Lastverteilung vergrössert werden, zum Beispiel mit Unterlegscheiben aus Kunststoff und /oder zusätzlicher Harz-Glas-Schnitzel-Mischung.

Bei Aussparungen sind die Ränder mit Harz zu „versiegeln“ und die angrenzende Fläche ist stufenweise abfallend mit dünnem CFK- oder GFK-Material zu verstärken (vorher verstärken – danach weiter verarbeiten).

Daher ist beim Flügelaufbau darauf zu achten, dass die richtige Glasfaser-Matte und das richtige Harz gewählt wird. Die Ausdehnungskoeffizienten GFK zu Aluminium stehen in folgendem Verhältnis zueinander: Ausdehnung $\text{Mm}/^\circ\text{C}$ GFK 25 bis 40×10^{-6} und $25-40 \times 10^{-6}$; Quelle: Wernli AG 1998 (www.w77.ch/logos/z84.pdf).

Es gibt daher durchwegs eine unproblematische Konstellation bei GFK 25×10^{-6} und $25-40 \times 10^{-6}$. Die diversen vorgefundenen ALU/GFK Verbindungen die im Internet gefunden wurden, belegen die Unbedenklichkeit dieser Verbindungen.

Noch etwas, GFK-Staub ist ungesund und überall haftend.

Bei allen Arbeiten mit Harz sind Handschuhe, eine Schutzbrille und eine Atemschutzmaske zu tragen. Hautkontakt mit dem Harz ist zu vermeiden. Zudem muss der Arbeitsraum zwar sehr warm, aber trotzdem gut belüftet sein.

Vergleichstabelle Aluminium und Faserverbund-Werkstoffe

Eigenschaft	Al-Leg.	GfK	CfK HT	AfK
statische Festigkeit	1	1,94	2,94	2,12
Längssteifigkeit	1	0,5	1,77	1,23
Torsionssteifigkeit	1	0,32	1,12	0,3
Knickstabilität	1	0,81	1,77	0,73
Beulstabilität	1	1	1,76	0,9
Arbeitsaufnahmefähigkeit	1	8,4	4,5	11,0
Schlagzähigkeit	1	0,75	0,2	1,02
Schwingfestigkeit	1	1,7	3,2	2,33

Quelle: <http://www.magic-scooter.de/fvw2.htm>

Weiterführende Informationen sind mit folgendem Link einsehbar:
<http://www.swiss-composite.ch/pdf/i-Werkstoffdaten.pdf> .

PS. Eine Lochzange wird benötigt um Harz-Tropfen aus dem Kaschmir-Pullover zu stanzen. Für das somit entstandene Loch, etwas in die Länge gezogen, muss dann die Kleidermotte (*Tineola bisselliella*) hinhalten.

9. Die Canard „White Wings“ fliegen

Enten sind grundsätzlich gutmütige Tiere. So verhält es sich auch mit Canard-Flugzeugen. Fliegen sie einmal, wird ein „Stall“ durch die Flügel-Konstellation verhindert. Der vordere kleinere Flügel verliert zuerst den Auftrieb und die Flugzeugnase senkt sich. Dadurch gewinnt das Flugzeug wieder an Geschwindigkeit und der normale Flug stellt sich wieder ein. Knapp über dem Boden fliegend, kann dieses Verhalten ein „normales“ Landen bewirken und ist gleich zu stellen wie „in den Boden fliegen“.

Am Boden kann eine Ente aber auch zickig sein. Denn jedes Canard-Flugzeug neigt bei einer bestimmten Rollgeschwindigkeit zum Überschlagen. Daher muss unter der Abhebe-Geschwindigkeit die Höhensteuerung immer einen negativen Einschlag haben (Knüppel weg vom Bauch).

Canard-Flugzeuge reagieren empfindlich auf Piloten die leichter sind als der vorgesehene Pilot (ggf. ist Zusatzgewicht im vorderen Bereich zu platzieren, was natürlich einen Einfluss auf die Flugdynamik hat). Die komfortabelste Sitzposition ist die beim Schwerpunkt (was dem Drehpunkt entspricht), notwendigerweise kommt der Pilotensitz aber etwas weiter vorn zu liegen (ausser bei Elektro-Antrieb, sofern der Akku vor dem Pilotensitz liegt).

Und hier noch ein Hinweis an bestandene Piloten von herkömmlichen Flugzeugen, wo beim Landen „Knüppel zum Bauch“ gilt. Die Erklärung warum beim Canard-Flugzeug „Knüppel weit weg vom Bauch“ gilt, ist die Folgende: der Canard-Flügel macht Auftrieb, kann der Hauptflügel nicht folgen, erfolgt der bereits mehrfach zitierte Überschlag. Daher sollten Testfahrten und -Flüge nur in Anwesenheit weiterer Person durchgeführt werden.

Starten und Fliegen kann eigentlich jeder, solange der Staudruck-Fahrtmesser im Auge behalten wird. Verfolgt man die Unfälle von UL-Flieger auf YouTube wird augenfällig, dass die Piloten meinen sie sitzen in einer MIG-15 mit Nachbrenner – Knüppel zum Bauch und senkrecht in die Höhe. Alles klar?

Das Landen ist wieder eine andere Sache. Bei „normalen“ Flugzeugen ist dies eine Disziplin die gelernt werden muss – bei der „White Wings“ muss es nur verstanden werden. Hier fliegt man wesentlich über der Stall-Geschwindigkeit auf den Boden zu. Das Aus-schweben (Flare out) ab „Gate“ wird primär dazu benutzt den Anflugwinkel zu verringern. Knapp über der Landebahn wird der Motor abgestellt und das Steuerhorn an den vorderen Anschlag gedrückt. Dies bewirkt das erwähnte „in den Boden fliegen“ und der hintere Flugzeugteil klatscht relativ hart auf den Boden. Dies ist aber kein Problem für die „White Wings“ mit seinem langen Federweg hinten. Auch für den Pilot ist es kein Problem, da das Flugzeug nicht zurück schnell. Dies verhindert der Anstellwinkel vom Flugzeug und der hintere Flügel. Zwei Dinge müssen beachtet werden, das Steuerhorn muss bis zum Stillstand am vorderen Anschlag anstehen und das Bremsen sollte man auch nicht vergessen.

Abgesehen von den normalen Checks die man vor einem Flug durchführt, muss beim Canard-Flugzeug die Schwerpunktlage bei Piloten mit unterschiedlich schwerem Knochenbau immer neu berechnet werden und entsprechende Massnahmen sind bei Abweichungen vorzukehren. Nach dem Auswägen vom Flugzeug inklusive Pilot kann durch verschieben vom Pilotensitz die korrekte SP-Lage erreicht werden. Alternativ kann zusätzliches Gewicht angebracht werden – hat aber eine Neuberechnung der Schwerpunktlage zur Folge.

Die vorliegende Konfiguration kann auf betonierter Piste oder ebenem harten Gelände gestartet und gelandet werden. Die Grösse und Beschaffenheit der Räder haben dabei einen wesentlichen Einfluss auf die Entscheidung wo gerollt wird.

Provisorische Zughilfe am Steuerknüppel

Da unbekannt ist wie sich ein auftriebwirksames Pendelleitwerk verhält, wird am Steuerknüppel eine Zugvorrichtung nach vorn und nach hinten angebracht. Dazu sind zwei Gepäck-Befestigungsgummi (Spanngummi mit Metallhaken) notwendig. Der eine führt ohne wesentliche Vorspannung nach vorn, um den Mittelholm vom Canard-Flügel herum und wieder zurück an den Steuerknüppel. Der andere führt ohne wesentliche Vorspannung nach hinten an die Pilotensitz-Halte-Querstange. Je nach dem welche Zugrichtung unterstützt werden muss, wird der eine Befestigungsgummi an der Pilotensitz-Halte-Querstange eingehängt, respektive der andere am Steuerknüppel. Diese Zugvorrichtung kann nach erfolgreichen Trimm-Vorkehrungen wieder entfernt werden.

Anschnallgurte richtig anschnallen

Zuerst werden die Beckengurte über die Beckenknochen straff angezogen. Danach werden die Schultergurte eher lose eingestellt (der Gurtverschluss darf nicht durch die Schultergurte nach oben gezogen werden). Die Gurten-Abstandhalterung sollte sich etwa 20 Zentimeter hinter dem Kopf befinden und die Gurte sicher am verrutschen hindern.

Benötigte Apparaturen

Zwingend ist ein Staudruck-Fahrtenmesser. Auch ein Kompass kann ganz nützlich sein. Weitere Instrumente haben sich in der Fliegerei zwar bewährt, sind aber für die Art wie die „White Wings“ geflogen wird unnötiger Ballast. Trotzdem sollen die allgemein verwendeten Instrumente vollständigheitshalber aufgeführt werden. Als Alternative zu Einzelinstrumenten bietet sich das EFIS D60 von Dynon Avionics an (zirka 2000 Euro mit allem drum und dran). Es beinhaltet zehn gängige Bordinstrumente auf einem Display. Die wichtigsten können über einen Tastendruck ausgewählt werden. Beispielsweise könnten die folgenden Anzeigen auch in Bodennähe ganz hilfreich sein.

- Der Staudruck-Fahrtmesser 0 – 200 km/h (Airspeed Indicator) verhindert bei normalen Flugzeugen das Abschmieren – ist bei der „White Wing“ auch zwingend notwendig;
- Querneigungsmesser (Bank Indicator) und die Libelle hilft beim Kurven unter Normalbedingungen;
- Der künstliche Horizont (Artificial Horizon), kombiniert mit der Libelle (rate of turn) sagt dir was nicht oben und bald unten ist;
- Der Höhenmesser (Altimeter) gibt dir einen Hinweis darüber ob man noch am Boden steht. Da eine Nullpunktberichtigung vorgenommen werden muss, ist dies eher ein unnötiges Cachet (siehe nächstes Kapitel), macht aber Eindruck wenn das auf dem Display angezeigt wird.

Wenn die Sonne nicht gerade scheint, ist auch ein Flieger-Kompass nützlich. Ich habe mir sagen lassen, dass in unserem Breitengrad auch schon ältere Modelle selbst kalibrierend sind was Norden betrifft.



Quelle: <http://www.der-lustige-modellbauer.com/t2782p1-fokker-dri-deagostini-umbau-m-16>

Alternative zum Höhenmesser

Bei normaler Sicht und durchschnittlicher Sehschärfe erkennen wir mit blosssem Auge:

50 m	Augen, Mund, Nase, Ohren deutlich
80 m	einzelne Dachziegel
100 m	die Augen als Punkte
150 m	die Augenlinie im Gesicht
200 m	Einzelheiten der Bekleidung, glänzende Abzeichen
250-300 m	das Gesicht als hellen Fleck
300 m	Fensterkreuze
500 m	Farben verblässen (ausser dem weit sichtbaren Rot)
700 m	verschiedene Menschen nebeneinander
800-900 m	die Bewegungen der Beine
1000-1200 m	Kuh, Pferd, einzelne freistehende Bäume, Wegweiser
1500-2000 m	Menschengruppen
2000 m	grosse, freistehende Bäume
3000 m	fahrende Autos
4000 m	Kamine auf Häusern
5000 m	einzelne Häuser, Scheunen, Fabrikschornsteine
12-15 km	grosse Gebäude (Kirchen, Schlösser, Fabriken, Türme)

Quelle: jungschar.biz

Rolltests

Wichtig zu wissen

Wie bereits erwähnt, hebt das kleine Höhenruder via den Hebelarm zum Schwerpunkt (Drehpunkt) das Canard-Flugzeug vorn an. Die Eigenstabilität vom Canard-Flugzeug kommt also dadurch zustande, weil nun durch die Winkelveränderung vom Flugzeug die Hauptflügel Auftrieb generieren (der Nullauftrieb liegt beim NACA2412 bei zirka -2°).

Ist beim „Take-off“ die Rollgeschwindigkeit kleiner als für das Anheben vom Flugzeug benötigt wird, überschlägt sich ein Canard-Flugzeug. Das heisst, zum Abheben muss die Rollgeschwindigkeit immer um einiges grösser sein als die Stall-Geschwindigkeit.

Auf die White Wings bezogen bedeutet dies, dass das Höhenruder bis zur Abhebe-Geschwindigkeit Druck auf das Vorderrad ausüben muss. Zuviel Druck bedeutet aber auch grossen Luftwiderstand. Ich schätze, dass eine gute Canard-Flügelstellung beim starten vorliegt, wenn die Profil-sehne parallel zum Rumpf steht. Entschärfend wirken die am hinteren Rumpfteil liegenden Räder. So lange nämlich das Flugzeug rollt, ist der vertikale Drehpunkt auf der Höhe der Räder. Kann also das Flugzeug vorn angehoben werden, ist wahrscheinlich die Geschwindigkeit auch gross genug, dass der hintere Flugzeugteil angehoben werden kann (aber ohne Gewähr).

Erste Testflüge

Der Testflieger sollte zudem ein gutes Motorradkombi, ein Rücken-Protector und ein Rundhelm tragen (in die Länge gezogene stromlinienförmige Helme eignen sich nicht).

Transport

Die „White Wing“ kann in einem normalen Van ohne Anhänger verstaut werden. Nur ein zusätzlicher Dachträger wird noch benötigt. Die Flügel kommen auf den Dachträger. Um die Fahrtwind-Angriffsfläche möglichst klein zu halten, sind die Flügel gegeneinander verdreht hochkant auf einander zu legen. Zwei Sperrholz-Platten mit gepolsterten Ausschnitten in der Form der übereinander gelegten Flügel, die fest mit dem Dachträger verbunden sind, können sicher stellen, dass die einzelnen Flügel nicht voneinander rutschen (das Festbinden nicht vergessen). Zudem wird mit dieser Einrichtung die Beschädigungs-Gefahr beim Transport reduziert.

10. Fragen und Antworten

F: Ist der Aussenbereich vom Hauptflügel nicht zu schwach dimensioniert?

A: Die deutsche LTF-L mit höchstens 25 kg/m^2 Flügelbelastung erforderte eine längere Flügelspannweite. Dies hatte zur Folge, dass die vorgesehene, leichte Flügel-Konstruktion sein theoretisches Limit erreicht. In der Folge wurde der durchgehende, zusätzliche Holm vorgesehen. Trotzdem drängt sich ein vorgängiger Belastungstest mit nur einem Flügel auf - es muss mit zirka 800 kg Balast pro Flügel gerechnet werden. Über den Daumen gerechnet ist die Bruchlast bei der vorliegenden Laminat-Konstruktion, ohne den zusätzlichen Holm, zirka 600 kg/m . Verstärkend wirken die (fast) nur auf Zug und Druck belasteten Aluminiumrohre über den ganzen Flügel, ohne Ausweichmöglichkeit. Das in der Flügelnase halbrund im Laminat eingebettete Streckmetall wirkt ebenfalls verstärkend. Letztlich fallen auf den Flügelbereich, nach dem Stummelholm, höchstens noch 480 kg an (Schätzung), was mit der vorliegenden Konstruktion tragbar erscheint. Ein Profil-Strak mit einem auftriebsneutralen Profil am Flügelende würde zwar die Belastungsberechnung zu einer weniger grossen Flügelbelastung am Flügelende beeinflussen, die Flügelkonstruktion aber dermassen erschweren, dass ein Bauen für den Normalbürger nicht mehr vorstellbar ist.

F: Warum wurde ein Enten-Flügler für dieses Eigenbau-Flugzeug gewählt?

A: Bei den meisten Flugzeugen bleibt einem die Rundumsicht in weiten Bereichen verwehrt. Zudem ist es wahrscheinlich, dass der Pilot bei normalen ULs von Drahtseilen und Alu-Stäbchen umgeben ist. Der Enten-Flügler aber garantiert gute Frontsicht und verleiht einem (hoffentlich) dasselbe Gefühl wie auf einem Motorrad. Zudem bewirkt eine Schubänderung beim vorliegenden Flugzeug kein spürbares Nickmoment. Der Nachteil der verwirbelten Luft die auf den Pusher-Propeller trifft, wurde in Kauf genommen.

F: Was spricht für die gewählte Canard-Flügel-Grösse.

A: Ein Canard-Flügel muss so klein sein, dass durch Böen kein Überschlag verursacht wird (und auch nicht durch übertriebene Höhensteuerung), das heisst, der Hauptflügel muss folgen können. Dazu muss der Canard-Flügel so gross sein, dass der kurze Hebelarm zum Drehpunkt (Schwerpunkt) die vor dem Drehpunkt liegende Masse ohne grosse Verzögerung in der Vertikalen beschleunigen kann. F: Warum ist im Stand (und im Rollen) die Flugzeugnase viel weiter unten als der Hauptflügel?

A: Dies hat zwei ganz unterschiedliche Gründe.

Erstens: Rollt das Flugzeug auf dem Boden, ergibt sich eine Federdämpfung mit der Schräglage vom Flugzeug und der Flügelfläche vom Hauptflügel.

Zweitens: Der Nullauftrieb vom gewählten Profil vom Hauptflügel liegt bei zirka -2° . Diese sind zuerst einmal zu kompensieren. Werden doch Entenflügler beim Landen „in den Boden“ geflogen. Dies hat mehrere Gründe. Es reduziert erstens die Überschlagsgefahr (das Flugzeug wird auf den Boden gedrückt). Wird beim Entenflügler

klassisch gelandet, also über dem Boden schweben bis zum Strömungsabriss, wird wiederum „in den Boden“ geflogen. Der Hintergrund ist die kleinere Re-Zahl am Canard-Flügel, das heisst, der vordere kleinere Flügel verliert zuerst den Auftrieb was zur Folge hat, dass der vordere Teil vom Entenflügler auf dem Boden aufsetzt und der hintere Teil folgt nach. Also wie eingangs vermerkt – Entenflügler werden beim Landen „in den Boden“ geflogen.

F: Wann wird das Flugzeug beim Starten aus der Schräglage in die Horizontale aufgerichtet?

A: Sobald der Staudruck-Fahrtmesser mehr als die Abhebegeschwindigkeit anzeigt, können die Canard-Flügel in die horizontale Ausrichtung geschwenkt werden.

F: Warum wurde ein Pendelleitwerk gewählt?

A: Dem Canard-Flugzeug wird nahe der Abriss-Geschwindigkeit ein empfindliches Reagieren auf Böen nachgesagt. Beim Pendelleitwerk wirken spontane Auf- und Abwinde auf den (längeren) Teil hinter der Flügel-Achse. Dies bewirkt eine dem Druck entgegengesetzte Kraft sobald sich in der Folge das Pendelleitwerk dreht.

F: Verursacht das Pendelleitwerk vom Canard-Flügel nicht stetige Bewegungen am Steuerhorn?

A: Grundsätzlich schon, aber der Auftrieb und der Abriss werden gefühlt bevor das Flugzeug seine Lage verändert. Es muss die Geschwindigkeit gefunden werden wo sich der Canard-Flügel selber stabilisiert. In Notfällen werden auch grosszügige Ausschläge ermöglicht. Zudem kann das Pendelleitwerk beim Landen als Bremsklappen eingesetzt werden und stellt zudem sicher, dass die Flugzeugnase am Boden bleibt.

F: Sind die Flugeigenschaften vom elektrisch angetriebenen Flugzeug zum Verbrennungs-Motor angetriebenen unterschiedlich?

A: In beiden Fällen liegt der Schwerpunkt vor dem Hauptflügel und bildet den Drehpunkt. Beim Verbrennungs-Motor angetriebenen Flugzeug sitzt der Pilot vor dem Drehpunkt. Das heisst, er wird er bei jeder horizontalen Richtungsänderung zusätzlich in der vertikalen Richtung beschleunigt. Oder salopp ausgedrückt, das Verbrennungs-Motor angetriebene Flugzeug entspricht einem Gelände-Fahrzeug und das elektrisch angetriebene einer Luxus-Limousine – sofern sich die Akkus vorn befinden.

F: Warum befinden sich die Seitenruder unter dem Flügel?

A: Befinden sich die Seitenruder unter dem Schwerpunkt hat das Flugzeug kein negatives Drehmoment, das heisst, es rollt nicht zuerst auf die entgegengesetzte Seite. Zudem unterstützt dies den Kurvenflug, der mit den Querruder eingeleitet wurde, besser. In der Praxis können daher saubere Richtungsänderungen nur mit den Seitenruder vorgenommen werden (dies ist keine Aufforderung beide Hände vom Steuerknüppel zu nehmen, nur um an den Flaschenöffner zu kommen).

F: Müssen die Flügel geschliffen und weiss eingefärbt werden?

A: Das kommt darauf an wie man Ästhetik definiert.

11. Ausblick

Es gibt noch vieles zu tun.

12. Persönliches Nachwort an Ungehorsame

Sollte jemand auf die Wahnsinns-Idee kommen, entgegen den Warnungen und Vorschriften und obwohl noch nie ein Flugzeug geflogen, trotzdem dieses Flugzeug schon jetzt zu bauen und den Erstflug gerade ab der Dachterrasse zu starten, möchte ich folgende wichtige Hinweise geben.

Fliegt ein Flugzeug einmal eine Kurve, bleibt es im Kurvenflug auch wenn der Steuer-Knüppel schon wieder in die Geradeaus-Position zurückgeschwenkt wurde. Dasselbe gilt, wenn auf einer seitlich abfallenden Wiese gestartet wird - ohne etwas dazu zu tun ist das Flugzeug nach dem Abheben bereits im Kurvenflug. Um zum Geradeaus-Flug zu kommen ist also in beiden Fällen kurzzeitig Gegensteuer zu geben - und dabei immer schön die Staudruck-Anzeige im Auge behalten. Vielleicht ist dieser Hinweis ja überflüssig. Auf jedem Fall wünsche ich einen guten Flug.

Stalders Ente lässt grüssen.

*

* * *

* * * * *