



Darrieus Windrad
selbststartend

Typ BH 3 F

Konstruktion und Planung: Bruno Hostettler CH 8570 Weinfelden

Vorwort

Windkraft in all seiner Form ist ein sehr erschöpfliches Thema und unzählige Arten und Konstruktionsformern von Windrädern wurden entwickelt und immer weiter verbessert. Die Typen der Darrieus oder Savonius Rotoren sind aber nicht so verbreitet wie herkömmliche Windanlagen, Grund dafür ist wohl, dass es sich um Widerstandsläufer handelt die keine sehr hohe Energieausbeute erwarten lässt. Auch waren solche Anlagen immer mit dem Nachteil behaftet nicht selber anlaufen zu können, also baute man zusätzliche Starthilfen ein, dies verteuert aber dann die Herstellungskosten. In der Zwischenzeit gibt es aber einige Firmen die Savonius Systeme in ihrem Lieferprogramm führen, welche über sehr gute Laufeigenschaften und gute Energieausbeute verfügen. Perfekte aerodynamische Flügel und der Einsatz modernster Generatoren gehören heute zum Standard dieser Anlagen. Auch der Vorteil der besonderen Bauart sei hier zu erwähnen, lassen sich diese Anlagen doch mit relativ wenig Platzbedarf auf ein Hausdach oder auf eine Mastkonstruktion montieren. Weiteres Plus für die Darrieus Savonius Systeme sind in der nicht auf bestimmte Windrichtung orientierte Stellplätze, denn ein Vertikalsystem wird aus jeder Windrichtung in Drehung versetzt.

Im Internet gibt es dazu unzählige Hinweise und Lieferanten.

Die vorliegende Doku inkl. Baupläne und Fotos soll dem Windkraft Bastler als Vorlage dienen und ihm die wichtigsten Arbeitsprozesse zum Bau einer Darrieus Turbine erläutern. Man kann auch noch einen „Kleingenerator“, anbauen und damit seine Akkus aufladen. Wer den Nachbau in Angriff nehmen möchte, sollte jedoch über entsprechende Kenntnisse im Bereich Mechanik verfügen und auch geeignete Maschinen und Werkzeuge besitzen. An Arbeitszeit benötigt ein einigermaßen versierter Bastler ungefähr 30 bis 40 Stunden, je nach Werkstattausrüstung und Motivation. Viele der zum Bau benötigten Materialien stammen vom Schrottplatz und nur die ALU Röhren, Lager und Schrauben müssen evtl. eingekauft werden.

Zuerst sollten Sie aber die Bauanleitung durchlesen und sich an Hand der Fotos einen ersten Ueberblick verschaffen, bevor Sie gleich zur Sache gehen.

Wünsche Ihnen also viel Spass beim Nachbau und danach beim Energie gewinnen.

Bruno Hostettler

Interessante Links:

<http://www.picoturbine.com/home.htm>

<http://www.ette.no/wind/vawt.htm>

<http://www.windside.com/>

<http://www.turby.nl/>

<http://kleinwindanlagen.de>

Aller Anfang

Zuerst besorgen wir uns mal die benötigten Materialien, dazu ist ein Gang auf den Schrottplatz nötig, ausser Du verfügst über genügende Knete und besorgst Dir alles im Fachhandel. Verwende nach Möglichkeit ALU, leicht, rostet nicht und ist gut zu verarbeiten.

Als erstes suchst Du ein Fahrrad, denn davon benötigen wir das **Lenkerlager**, aber auch diverse andere Bauteile vom Fahrrad sind perfekte Organspender (Tretlager, Kette und Zahnritzel, Naben etc.) und was ganz entscheidendes: Teile für Fahrräder sind für Draussen hergestellt, vertragen also widerliche Umstände wie Regen, Kälte und Schmutz.

Such auch nach entsprechenden **Rohren**, am besten sind Wasser-Heizungsrohre, da sie sich leicht verarbeiten lassen und wichtig für uns, auch zum Löten geeignet sind. Achte darauf, dass es aber dickwandige Teile sind, denn wir müssen dort einige Dreharbeiten ausführen.

Für die **Mittelnaben** brauchen wir ALU Rundmaterial von min 60mm Durchmesser, hier wird es etwas schwieriger, aber wer sucht der findet und improvisieren ist auch eine Eigenschaft die gute Bastler auszeichnet. Zur Not kannst Du auch im Eisenwarenhandel oder in einer mech. Werkstätte günstige Reststücke ergattern. (Stahl kann verwendet werden)

Für die **Bolzen** benötigen wir V2A oder Messing Rundmaterial gemäss Materialliste aus den Zeichnungen. Solches Zeug findest Du immer auf dem Schrottplatz in Form von Wellen oder Bolzen. Lieber etwas Dickere Durchmesser wählen, da diese ja abgedreht werden müssen.

Bei den **Lagern** wird's wieder etwas komplizierter, aber sehr oft findet man alte Inline Skater oder Skateboards mit entsprechenden Lagern, aber das Lager 30/15/8mm müsst Ihr sehr wahrscheinlich kaufen, denn, auch wenn Ihr fündig werdet, beim Ausbau geht es meistens kaputt.

Brauchen wir noch Eisenblech in 6 mm Stärke für die **Montageplatte** und ALU Blech von 1 mm Stärke für **die Windfahne**, auch hier ist der Schrottplatz unser Lieferant.

Die **Speichen** für die Flügel bestehen aus 10mm ALU Röhrchen, welche ich im Baumarkt gekauft habe (sind in 1 m Länge erhältlich).

Eine **Gewindestange M8** oder eine entsprechende Schraube für den **Excenter Lagerbolzen**, vom Schrottplatz (Rasenmäher Zylinderkopf od. ähnliches)

Wir brauchen noch den **Lagerblock** für die Windfahne, wie in der Zeichnung von mir in ALU ausgeführt, evtl. auf dem Schrottplatz zu finden oder in einer mech. Werkstätte. Kann man aber auch aus einem anderen Material fertigen.

Für die **Flügelager** benötigen wir Flachaluminium in 10 x 25 x 300mm, es kann auch Stahl verwendet werden.

Schrauben, U-Scheiben etc, werdet Ihr wohl in Eurem Fundus haben, wenn nicht, aus dem Baumarkt oder alten Maschinen-Geräten entnehmen.

Schraubensicherungsmittel Loctide und Sekundenkleber, Nagellack

Zum Löten: SanitärLOT (Weichlot, Silberlot für Fitting)

Schmierstoffe: Oel und Maschinenfett

Bemalung: Lack für die Rohre - Eisenteile

Vom Schreiner oder Bootsbauer besorgen wir noch 12 mm dickes wasserfestes Sperrholz für die Flügel (alternativ kann man die auch aus ALU Blech 1,5mm herstellen)

Ablängen der Rohre

Aus den Zeichnungen entnehmt Ihr die genauen Masse, schneidet also sämtliche Rohre (**Hauptwelle, unteres Lagerrohr und Speichen**) mit etwas Plusmass von etwa 3 mm zu.

Jetzt ist die Drehbank angesagt und alle Rohre werden auf die entsprechenden Aussenmasse abgedreht.

Wichtig:

Nachdem Ihr das **Lenkerlager inkl. Verschraubungsring ausgebaut** habt, misst Ihr den Innendurchmesser des Verschraubungsringes und dreht die gesamte Hauptwelle auf dieses Mass. Dabei ist darauf zu achten, dass dies absolut präzise erfolgt, denn wir löten diesen Verschraubungsring, später auf die Welle, der Verschraubungsring muss streng über die Welle gehen, darf also nicht wackeln, damit der Rundlauf garantiert ist.

Jetzt wird das Rohr auf der ersten Seite sauber abgedreht und leicht angefast, danach wird das Innenmass für den oberen **Zapfen** gedreht. Das Rohr nun drehen und entsprechend Längenangabe abgedreht und leicht gefast. Genau wie vorher nun die Ausdrehung für den 2.

Lagerzapfen ausdrehen.

Für das untere Lagerrohr verfahren wir wie oben beschrieben, passen aber nun das **Lenkerlager** ein (bestehend aus **unterer Lagerschale**, Kugelring und Verschraubring), also das untere Lager, so das es passgenau sitzt, eingepresst werden kann. Das Rohr nun wieder drehen und entsprechend Angaben ablängen und die Ausdrehung für das **Lager 30/15/8** ausführen, darauf achten das das Lager eingepresst werden soll. **Wichtig** ist, dass die beiden Lager noch nicht montiert werden dürfen, da ja noch die **Montageplatte** angeschweisst werden muss.

Jetzt drehen wir noch die 9 **Speichen** aus ALU Rohr entsprechend der Massangaben ab.

Drehen der Lagerbolzen für die Flügellager

Da wir 12 Stück dieser **Lagerbolzen** benötigen, sollten wir uns die Masse die wir auf der Drehbank einstellen, notieren, so müssen wir nicht dauernd messen. Wie erwähnt kann man hier V2A oder Messing verwenden, welchen Werkstoff Du nun hast spielt eigentlich keine Rolle, wichtig ist, dass er nicht rostet, da das Lager den Witterungen ausgesetzt ist. Zum Drehen dieser Teile gibt es nicht viel zu sagen, ausser das darauf geachtet werden soll, dass der dünnere Teil später in die ALU **Speichen** gepresst werden wird. Hier also, wie immer, passgenaues Arbeiten wird verlangt.



Abdrehen des Zapfens für das Flügellager

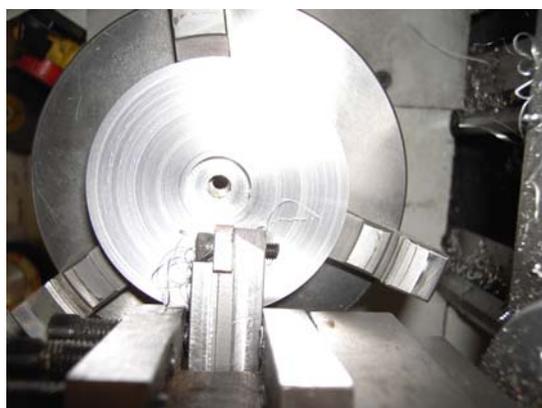
Drehen der Mittelnaben und Excenter

Da wir ja nun schon beim Drehen sind, bearbeiten wir gleich noch die **2 Mittelnaben** und den **Excenter**. Der ALU Rohling wird auf beiden Seiten plangedreht und anschliessend aufgebohrt auf ca. 16mm. Anschliessend wird die Bohrung passend auf das Aussenmass der **Hauptwelle** ausgedreht. Hierbei ist es wichtig, das Mass etwa 1-2 Hunderstel grösser zu drehen, denn die **Mittelnaben** werden anschliessend aufgeschrumpft.

Das gleiche Prozedere erfolgt nun bei der **Excenternabe**, also dem obersten Teil unserer Konstruktion. Nach dem Plandrehen der beiden Seiten, bohren wir zuerst ein Loch mit 7,8mm Durchmesser, was anschliessend mittels Reibahle auf 8 mm aufgerieben wird. In der gleichen Einspannung drehen wir die Bohrung nun passend auf unser **Inlineskate Lager** auf, aber etwa 1-1,5 Hundertstel kleiner, so dass wir das Lager satt einpressen können. Jetzt die Nabe ausspannen und drehen, so dass wir die Bohrung für das **Grafitcarbonlager** ausdrehen können. Wer dieses **Lager** nicht selber giessen kann, ist auch mit einem **2. Inlineskate Lager** gut beraten und wiederholt einfach die vorgängig beschriebenen Arbeitsabläufe. Ich habe mich jedoch bewusst dazu entschlossen, ein absolut wasserfestes Lager einzubauen, denn dieses ist den witterungsbedingten Einflüssen am meisten ausgesetzt, da es als oberstes Bauteil unsere Konstruktion im Einsatz steht. Dafür wird die Ausdrehung im Excenter aber auf 10 - 12 mm Tiefe eingedreht, ebenfalls mit 20 mm Durchmesser.



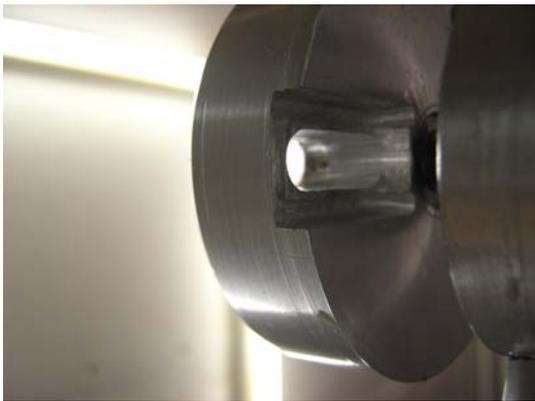
Plandrehen Mittelnabe



Bohrung für Inlineskate Lager

Zum herstellen eines Grafitcarbon Lagers benötigen wir Grafitpulver, Carbonfasern und Epoxydharz. Je 2,5 Gramm Grafit und Carbonfasern werden mit dem Epoxidharz vermengt und diese Mischung vor Zugabe des Härters etwa für 2 Stunden ruhig stehen gelassen. Jetzt

kann der Härter beigefügt werden und alles wird nochmals sehr gut durchgerührt. Wir setzen nun einen Bolzen von genau 8 mm Durchmesser, der vorher mit Maschinenöl eingerieben wurde in das gut entfettete Excenterlager ein. Wir füllen das fertige Gemisch in die Bohrung ein, darf ruhig etwas überlaufen, denn nach dem Aushärten, wird alles nochmals abgedreht. Epoxyharz und Härter sollen aber nur von bester Qualität sein, zum Beispiel für Carrosserie-Flugzeugbau, Giessharz für Pflanzen oder für Basteleien sind nicht zu empfehlen. Auch soll kein schnell härtendes Produkt verwendet werden und auf gar keinen Fall Polyesterharz. Ist das Lager ausgehärtet, klopfen wir den Bolzen vorsichtig heraus, und überdrehen das Lager auf dieser Seite noch einmal. In das nun fertig gedrehte Excenterlager fräsen wir noch eine Nut und ein Langloch, 40° neben einer Bohrung für die Flügelspeiche, die Masse sind der Zeichnung zu entnehmen.



Excenterscheibe von unten mit eingefräster Nut

Zapfen für die Hauptwelle

Für die Herstellung der beiden **Zapfen** bedarf es keiner grossen Erläuterungen, sind doch alle relevanten Masse aus den Zeichnungen zu entnehmen. Lediglich die Passungen müssen eingehalten werden, da die **Zapfen** in die **Hauptwelle** eingepresst werden. Zu beachten ist noch die passgenaue Herstellung für das **Inlineskate Lager**, achte darauf, dass dieses spielfrei auf den Bolzen passt. Beim unteren **Zapfen** habe ich ein Mass von 40 mm angegeben, jedoch kann es durchaus sinnvoll erscheinen, dieses auf etwa 100 mm zu verlängern, kommt ganz darauf an, was man später für einen **Generator** einsetzt. Lieber länger als zu kurz, ist hier die Devise. Sind die beiden **Zapfen** fertig gedreht und mit den Gewindebohrungen versehen, können diese nun eingepresst werden.

Lagerzapfen für den Excenter

Aus der Gewindestange oder noch besser, aus einer Schraube von einem Zylinderblock, wie etwa Rasenmäher oder Mofa (sind besonders vergütete Materialien) bauen wir den Bolzen für den Excenter. Auch hier gibt es keine besonderen Probleme bei der Herstellung, die Masse sind auch hier aus der Zeichnung zu übernehmen. Aufmerksamkeit verdient vielleicht die fertige Welle, soll sie doch perfekt und sauber verschliffen und poliert werden, damit sie einwandfrei in die Lager, besonders das **Grafitcarbonlager** passt.



fertiger Bolzen mit Nutenplatte und Befestigungsmutter

Zapfen für Flügellager

Die 12 **Zapfen** für die **Flügellager** werden nun auf der Fräsmaschine weiter bearbeitet und auf beiden Seiten parallel abgefräst, so das wir ein Endmass von genau 10 mm erhalten. Die Masse sind auf der Zeichnung ersichtlich und das abfräsen stellt keine besondere Schwierigkeit dar. Auch hier sollte man sich die Einstellungen an der Skala notieren, braucht man dadurch nicht dauernd zu messen und man spart wie üblich eine Menge an Zeit.



Parallelfрэsen des Lagerzapfen

Lagerzapfen in Flügelspeichen montieren

Die so abgefrästen **Lagerzapfen** können wir nun auf die vorbereiteten ALU Rohre montieren. Dazu nehme wir etwas Sekundenkleber und streichen die Bolzenenden ein, nun werden diese mittels Polyesterhammer in die ALU Rohre geschlagen. Danach die Körnugen genau im Bereich der V-Nute einschlagen, rundherum an etwa 5 – 6 Punkten.



Zapfen einkleben und verkörnern

Lagerblock für Flügel

Für die **Flügelager** benötigen wir Flach ALU Material in der Stärke von 10 mm, 25 x 25 mm (kann als Stangenware im Fachhandel gekauft werden). Ich hatte Glück und bekam Abschnitte in der Länge von etwas mehr als 10 cm und konnte somit in einem Arbeitsgang je 3 Nuten fräsen. Besonders wichtig ist hier eine Nutenbreite von 10,1 mm, denn hier werden nachher die **Speichen** eingesetzt und sollten über etwas Spiel verfügen. Nach dem die Nuten für alle **9 Lagerblöcke** gefräst sind werden diese abgeschnitten auf ungefähr 30 mm Länge. Danach werden die einzelnen Blöcke massgenau auf das Endmass von 25 mm Länge zugefräst.



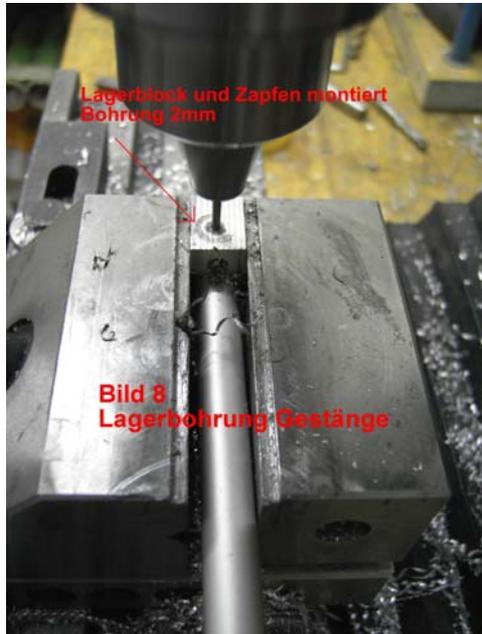
Einfräsen der Nuten



auf Endmasse fräsen

Nach diesem Vorgang werden alle Kanten fein sauberlich entgratet und jeweils eine **Flügel-speiche** eingesetzt. Hier ist darauf zu achten, dass wir mittels einer Unterlage von ca. 3 mm einen Abstand zwischen **Lagerblock** und **Lagerbolzen** einhalten. Dieser Abstand wird benötigt, damit sich die Flügelspeiche einwandfrei bewegen kann, also nicht am Lagergrund aufliegt. Die beiden so vorpräparierten Teile werden eingespannt und mit einer 2 mm Bohr-

ung versehen, es muss sehr vorsichtig gebohrt werden damit der Bohrer nicht abbricht, viel schmieren ist also angesagt. Sind alle **Lagerblöcke** fertig gebohrt werden noch die 2 Bohrungen für die M4 Gewinde ausgeführt und alle Bohrungen mittels 45° Senker angesenkt.



Bohrungen der Flügellager

zusammengebautes Lager mit Speiche

Wenn wir gerade beim Bohren sind werden die 3 übrigen **Lagerbolzen** auf 5,8mm aufgebohrt und mit einer Reibahle auf den Enddurchmesser von 6 mm aufgerieben. Diese 3 Bolzen werden dann in einer Flucht mit dem auf der gegenüberliegenden Seite befindlichen Bolzen gebracht und provisorisch, eingebaut (noch nicht festkleben). Die definitive Verklebung erfolgt erst, wenn wir den genauen Abstand vom **Excenterbolzen** zum **Flügelager** ermittelt haben. Siehe dazu unter Flügelmontage.



Aufreiben der 3 Bolzen für das Excenterlager

Als **Lagerstifte** nahm ich handelsübliche gehärtete Bildernadeln mit Messingkopf (bekommt man bei jedem Einrahmer) alternativ kann man aber Präzisions Lagerstifte einsetzen, nur sind diese sehr teuer und schwer in so kleinen Mengen zu bekommen.

Montage der Naben auf Hauptwelle

Wenden wir uns nun der Montage der **Mittelnaben** und des Lenkerlager zu, welches mit sehr grosser Präzision zu erfolgen hat, denn nur so ist ein absolut perfekter Rundlauf garantiert. Nachdem wir die Montageplatte an das untere Lagerrohr angeschweisst haben, alles lackiert und gut eingefettet haben, pressen wir als erstes das Kugellager 30/15/8 ein. Danach setzen wir das Lenkerlager ein. Das so vorbereitete untere **Lagerrohr** mit **Montageplatte** ist fertig und jetzt wird die **Hauptwelle** eingesetzt, logischerweise gehört das Ende mit dem 15 mm **Zapfen** ins Kugellager. Der Kugelkäfig wird über das Rohr ins Lager gebracht und jetzt kommt das Gegenstück des Lenkerlagers auf die Welle. Haben wir hier sauber gearbeitet, so muss das Lager mittels eines Rohres auf die Welle getrieben werden. Ist das Lager an seinem Platz und dreht sich alles einwandfrei und ohne Spiel, entfernen wir das Untere Lagerrohr mit der Montageplatte und dem Kugelkäfig. Die Mittelwelle spannen wir nun in die Drehbank und kontrollieren mittels Mikrometer den absoluten Rundlauf in axialer und radialer Position. Jetzt muss alles fein säuberlich entfettet werden damit wir hier das Lageroberteil mit der Welle verlöten können. Zum Lötén habe ich handelsübliches Silberlot und entsprechendes Flussmittel verwendet, hat nämlich den Vorteil, dass man mittels Heissluftfön die benötigte Verlötung ausführen kann. Nach dem Auskühlen (die Welle verbleibt in der Drehbank), werden alle Teile noch einmal sauber überdreht und anschliessend lackiert.



die fertige Hauptwelle wird überdreht

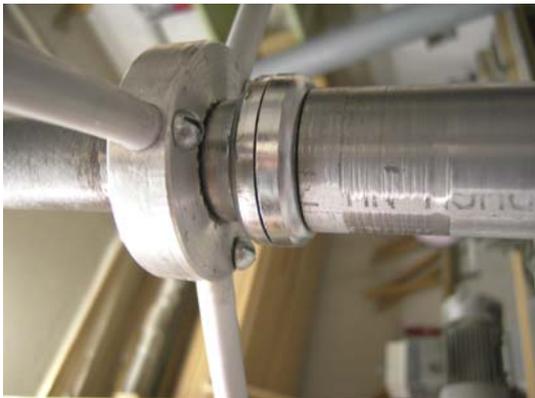


gut erkennbar, Lenkerlager vom Fahrrad

Montage der Flügelspeichen

Wir setzen nun die Flügelspeichen in die Mittelnaben ein, dazu benötigen wir noch Dübelhölzer von etwas mehr als 8mm Durchmesser und ca. 20mm Länge. Die 6 Speichen mit eingebautem Lagerbolzen erhalten auf der noch offenen Seite noch eine zusätzliche Verstärkung in Form der Holzdübel. Diese Holzdübel werden nun in die Enden eingeschlagen, so dass Sie bündig mit dem ALU Rohr abschliessen. Wir mischen uns etwas 2 Komponenten Kleber (Araldit Express od. ähnliches) und füllen etwas davon in die vorher gut entfetteten Bohrungen ein. Jetzt setzen wir die Speichen ein, am besten mit einen

Polyesterhammer einschlagen. Wir müssen aber peinlichst genau darauf achten, dass die 2mm Bohrungen 100%ig in der gleichen Flucht mit der Hauptwelle liegen, zur einfacheren Montage habe ich dazu in die 2 mm Bohrungen ein etwa 20 cm langes Stück Draht gesteckt und konnte somit eine optimale Ausrichtung einhalten. Zur Sicherheit überprüfen wir noch den Abstand von der Mittelnabe bis zur 2mm Lagerbohrung, denn alle Speichen müssen exakt die gleiche Distanz haben. Nach dem Aushärten des Klebers sichern wir die einzelnen Speichen noch mit den M5 Schrauben, Loctide ist auch hier wieder angebracht und verhindert ein Lösen der Schrauben.



M5 Schrauben zur Sicherung der Speichen

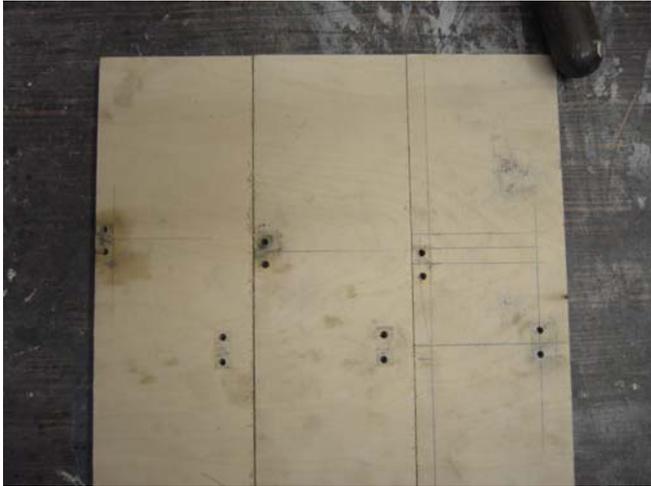
An dieser Stelle noch ein paar Hinweise

Im Prinzip ist es eigentlich egal welche Materialien wir für den Bau des Rotors verwenden, die hier veröffentlichte Variante, und die dazu verwendeten Materialien, dienen lediglich als Ausgangspunkt. Mir ist klar, dass es manchmal schwierig wird, etwas zu organisieren, so wie ich es eingesetzt habe. Dort wo z. B. Alu verwendet wird, kann ruhig auch Stahl oder Messing zum Erfolg führen. Mein Grundsatz ist folgender: Wer über wenig finanzielle Mittel verfügt, soll improvisieren, oder das verarbeiten was ihm zur Verfügung steht. Ein Grundsatz jedoch sollte nie ausser acht gelassen werden: Windräder stellen hohe Anforderungen in Bezug auf Material und Verarbeitung, ist nur ein Bauteil unterdimensioniert, kann es katastrophale Folgen für den Betreiber haben. Die hier veröffentlichte Bauanleitung ist vom Material her gesehen mehr als sicher und sollte, falls Änderungen bezüglich des Materials auftreten, nur mit noch besseren Komponenten hergestellt werden.

Flügelkonstruktion

So, liebe Windbastler, jetzt wechseln wir die Branche und werden zum Holzbauer. Gut, man könnte auch **Flügel** aus ALU bauen, aber das ist doch relativ kompliziert, da wir eine Biegevorrichtung benötigen für den Radius am Flügelanfang. Hab das schon mal ausgeführt, braucht aber schon einiges an Erfahrung und Werkzeugen, deshalb bin ich beim altbewährten geblieben und das ist nach wie vor Sperrholz. Dieses Material ist leicht zu bearbeiten und man benötigt keine speziellen Werkzeuge, Säge, Raspel und Schleifpapier genügen, komfortabler geht's allerdings mit Elektrogeräten. Meine **Flügel** habe ich aus wasserfest verleimtem Buchenholzsperrholz angefertigt, man kann aber auch ruhig beim Bootsbauer Bootsbau-

sperrholz kaufen, allerdings ist dies ein viel faches teurer. Gemäs Zeichnung schneidet Ihr die **3 Flügel** aus 12 mm starkem Sperrholz zu und formt mittels Raspel ein klassisches **Flügelprofil**, vorne also rund und hinten dann spitz auslaufend. Vorher solltet Ihr aber noch die Bohrungen für die **Flügellager** bohren. Die Masse müsst Ihr allerdings zuerst ermitteln dazu orientiert Ihr Euch an den Distanzen der **Mittelnaben** und des **Excenters**, legt dazu ein Flügelbrett parallel zur **Hauptwelle**, wichtig dabei ist, dass das untere Flügelende nicht über das untere **Lagerrohr** ragt, die so ermittelten Masse werden nun in die Sperrholzplatten bebohrt.



Gut zu erkennen, der obere Versatz für die Excenterspeichen von ca. 12 mm

Jetzt geht's darum, dass alle Flügel genau das gleiche Profil erhalten, dass geht relativ einfach, da wir uns ja an den einzelnen Holzschichten orientieren können, legen wir alle Flügel in Reihe, so müssen die Masserungen-Schichten genau gleich breit sein,



Hier noch die Flügel-Profilform

Schleifen und wasserfest lackieren, fertig ist die Schreinerarbeit.

Windfahne mit Befestigungsklotz

Aus dem Plan entnehmt Ihr die Abmessungen für die Windfahne, bestehend aus 1,5 -2 mm dickem ALU Blech. Scheidet dieses Teil also entsprechend zu und versäubert die Kanten.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich müssen wir noch die Halterung für die Windfahne herstellen, dafür habe ich ebenfalls ALU verwendet. Nach dem genauen zufräsen des Blockes werden die einzelnen Bohrungen für den Excenter Lagerbolzen gebohrt und noch die 4 anderen Bohrungen mit Gewinden ausgeführt. Den Schlitz für die Windfahne habe ich eingefräst, kann aber auch mit der Metallsäge ausgeführt werden. Die Windfahne wird nun an der unteren Kante des Blocks bündig eingeführt und mit den M5 Schrauben gesichert. In die M4 Bohrungen setzen wir entsprechende Schrauben ein.

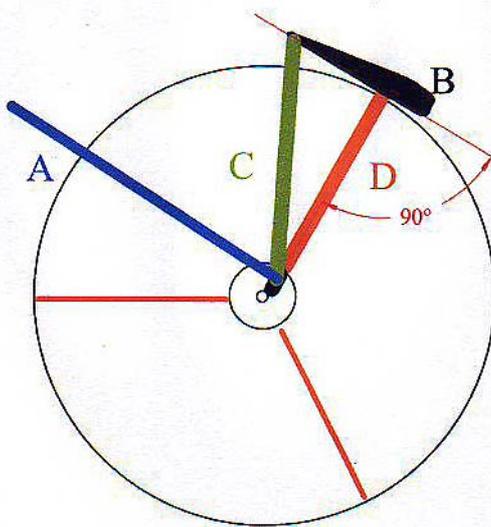


Windfahne montiert auf Excenterzapfen

Flügel Montage

Die fertig lackierten **Flügel** können nun montiert werden, dazu schrauben wir zuerst die 9 **Lagerblöcke** aus ALU an die Flügel, Wichtig unbedingt eine U-Scheibe auf der Aussenseite anbringen. Und noch nicht ganz festschrauben. Anschliessend werden die Flügel mit den **Speichen** verbunden, dazu verwenden wir die gehärteten **Bildernadeln** die vorher gut eingefettet wurden. Sind alle **Flügel** so montiert, überprüfen wir diese auf leichtgängiges Spiel, sie müssen perfekt von der einen Seite zur anderen klappen, ohne irgendwo an zu stehen. Ist dies der Fall, ziehen wir die Schrauben fest. Auf die Messingköpfe der **Bildernadeln** geben wir als Sicherung etwas Nagellack. von aussen werden die **Flügel** später dann nochmals mit Lack überzogen, so dass auch die Schraubenköpfe gesichert sind.

Nachdem nun die Flügel montiert sind, montieren wir das Excenterlager mit dem **Lagerbolzen**. Etwas Fett wird auf den oberen **Wellenbolzen** aufgetragen und die **Excenterscheibe** montiert, mit einer entsprechenden Imbusschraube und Unterlagscheibe. Wichtig ist, dass sich die **Excenterscheibe** perfekt dreht und die Schraube unbedingt mit Loctide gesichert wird. Die drei oberen **Flügelspeichen** setzen wir nun auf den **Excenter Lagerbolzen**, der vorher gut eingefettet wurde und zwar immer mit einer Unterlagsscheibe zwischen den einzelnen **Speichen**. Die 3 Flügelspeichen mit den auf geriebenen Bohrungen, die Bolzen haben wir ja noch nicht fest montiert, setzen wir nun in die Flügellager ein. Jetzt können wir erst die richtige Länge der Speichen bestimmen, und zwar nach nachstehender Skizze.



A = Windfahne

B = Flügel

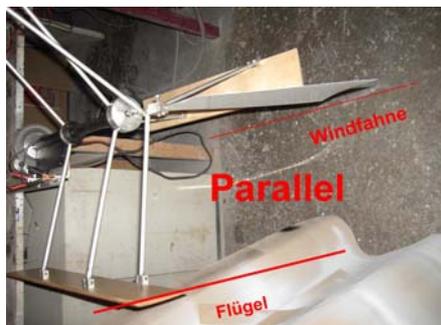
C = Speiche Excenter

D = Speiche Mittelnabe

Der Flügel B muss genau im rechten Winkel zur Speiche D sein. Der Excenter Lagerbolzen ist in äusserster Position. Die Speiche C darf nur so lang sein, dass der Flügel nicht unter 90° steht, evtl. muss die Speiche etwas verkürzt werden. **Nicht vergessen**, die Bolzen danach einkleben und gut verkörnern. Die Windfahne A wird montiert und muss unbedingt parallel zur Flügelinnenseite B stehen, darauf achten, dass ca. 2-3 cm Luft zwischen Windfahne und Flügeloberkante eingehalten werden. Schrauben gut festziehen, wie immer mit Loctide sichern.



Fertig montierte Flügel und Excenter mit Speichen



Ausrichten Windfahne zum Flügel

So, dass wärs eigentlich gewesen, wir müssen nur noch den Block mit den M4 Schrauben festziehen und können nun das **Excenterlager** das erste mal drehen. Wenn alles klappt, müssen sich die **Flügel** nun bewegen wenn wir den **Excenter** drehen. Falls nicht, verschieben wir den **Excenterbolzen** etwas nach innen, bis ein freier Rundlauf garantiert ist

Endkontrolle Funktionsprüfung

Zur Endkontrolle der verbauten mechanischen Teile montieren wir den **Darrieus Rotor** auf einen entsprechenden provisorischen Mast, kann aus einen 4 kant Holz oder etwas anderem sein. Wichtig ist das der Probemast ausreichend standfest ist und nicht sogleich umfällt. Ich habe einen Holzpfehl von etwa 150 cm Länge mit einer Schraubzwinge am Tischbein festgemacht und für den Test hat dies gut funktioniert. Wir Schrauben nun den **Rotor** an den Holzpfehl und zwar mit der am **Lagerrohr** angeschweissten **Montageplatte**. Wir kontrollieren nun den Freilauf aller beweglichen Teile und falls etwas ansteht oder nicht rund läuft, suchen wir die Ursache und beheben das Problem. Ich habe festgestellt, dass manchmal nur wenige hundertstel Millimeter in den **Flügelagern** für eine Blockade verantwortlich sind und habe deshalb die **Lagerblöcke** etwas mit der Flachfeile nachbearbeitet. Sämtliche bewegenden Teile müssen auch gut eingefettet sein, damit Regen und Nässe keine Angriffspunkte bekommen, auch sollte dies, wenn der Rotor im Freien seine Arbeit verrichtet, in sporadischen Abständen kontrolliert werden. Auch sämtliche Schraubverbindungen müssen nochmals überprüft werden und unbedingt mit Loctide gesichert sein. Auch wenn ich mich nun schon des öfteren wiederhole, **nichts ist wichtiger als die perfekte Verbindung aller Teile untereinander.**



Excenter von oben gesehen

Wir halten nun die Windfahne fest und drehen mit der anderen Hand den Rotor. Im Normalfall wenn der Rotor Draussen montiert ist, übernimmt quasi der Wind das „festhalten“, der Windfahne, respektive sie stellt sich immer in Richtung des einfallenden Windes. Wir beobachten nun beim drehen mit der Hand ob sich alle Flügel bewegen und ob wir einen merklichen Widerstand an der Windfahne wahrnehmen. Wenn dem so ist, dann lösen wir die M8 Mutter am **Excenterlager** und schieben den Bolzen etwas Richtung Zentrum, gerade aber soviel, dass sich nun die **Excenterscheibe** mit den **Speichen** frei bewegen kann. Ist das geschafft, wird die M8 Mutter fest angezogen. Die Funktion des beweglichen **Excenterbolzen** hat übrigens noch die Funktion das Drehverhalten zu verlangsamen. Schieben wir den Bolzen ganz zurück an die hinterste Position, wird der Anstellwinkel der **Flügel** entsprechend kleiner und es entsteht nicht mehr die volle Antriebskraft. Hier ist

„Pröbeln“ angesagt und es bleibt jedem selbst überlassen wie schnell seine Turbine drehen soll.



Gut zu erkennen, das Langloch zum verschieben des Bolzen

So, liebe Windbastler, das war es also und ich hoffe, Ihr könnt an Hand dieser von mir weiter entwickelten Darrieus Turbine, den erfolgreichen Nachbau in Angriff nehmen. Ich bin mir sicher, dass es nicht nur Spass und Freude macht beim Bauen, sondern auch noch danach immer wieder Begeisterung auslöst, sei es bei Euch selber oder bei Bekannten, Freunden etc. die Euer Werk bestaunen.



Hinweis zur Dokumentation und den Plänen

Alle Pläne, Zeichnungen, Fotos und Texte sind Eigentum des Verfassers und sind geschützt. Verkauf oder Handel sind untersagt. Wer die Konstruktion nachbauen will, darf dies selbstverständlich, jedoch auf eigene Verantwortung und gegen Ausschluss sämtlicher Haftungsansprüche gegenüber dem Autor. Im Schadenfall sind sämtliche Forderungen an den Erbauer und Betreiber der Anlage zu richten. Dies ist kein Spielzeug und ich weise nochmals darauf hin, entsprechende Sicherheitsmassnahmen während des Betriebes einzuhalten. Bei Starkwinden über Windstärke 7, ist die Anlage ausser Betrieb zu setzen und zu sichern. Während des Betriebs sollten Sie sich nicht im Bereich des drehenden Rotors aufhalten und auch die elektrischen Komponenten nicht berühren. Die Anlage darf erst im Stillstand kontrolliert und gewartet werden. Weder Bild-Textmaterial und Zeichnungen erheben Anspruch auf Vollkommenheit, deshalb bin ich immer an Verbesserungsvorschlägen und Kritiken interessiert.

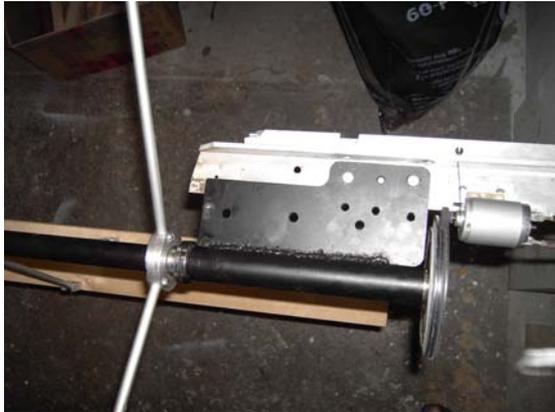
Der Autor-Verfasser: Bruno Hostettler CH 8570 Weinfelden
Weinfelden im Oktober 2006

Anhang

Unser gebauter Darrieus Rotor ist nun fertig gebaut und sollte ja eigentlich Draussen montiert werden. Hierzu sind 2 Methoden angesagt, welche ich kurz erläutern werde, denn jeder hat ja seine eigenen Vorstellungen wo der Rotor stehen wird. Wie erwähnt, laufen Savonius und Darrieus Rotoren leicht an und sind auch nicht so anfällig in Bezug auf Aufstellungsorte. Auf dem Hausdach, einem Masten oder sonst wo, spielt keine wesentliche Rolle, entscheidend ist nur die Konstruktion und deren Verankerung. Die meisten von uns werden wahrscheinlich das eigene Hausdach bevorzugen, evtl. eine Terasse, Flachdach oder ähnliches. Hier kann man mit Konstruktionshölzern vom Baumarkt eine einfach zu bauende Konstruktion erstellen, Vorteile sind: leicht zu verarbeiten und günstig. Gut bewährt haben sich Dreibein Varianten, ähnlich denen, eines Stativs die dann einfach entsprechend festgeschraubt werden, an einer Wand oder am Boden können. Der Rotor sollte aber mindestens 1m über dem höchsten Punkt des Daches sein und nicht im Windschatten liegen. Die Montage auf einem Mast bedingt meistens ein Fundament wo der Mast einbetoniert wird, oder aber wir montieren den Masten an einer Mauer-Fassade. Steht der Mast frei auf einem Fundament, so muss dieser unbedingt mit 3 Seilen abgespannt werden, denn es herrschen extreme Kräfte wenn es mal richtig bläst und ohne Abspannung kann so ein Mast problemlos geknickt werden. Soviel in Kürze über Mastkonstruktion und Aufstellungsort.

Unser **Darrieus Rotor** soll aber nicht nur sinnlos vor sich hindrehen, dafür haben wir ja nicht stundenlang unsere Freizeit geopfert, sondern auch etwas produzieren und zwar Strom. Da es aber keine Konstruktion ist die unser ganzes Haus mit dem edlen Saft versorgen kann, beschränkte ich mich vorerst auf das Laden von 1,2V Akkus. Würde man das Gerät

entsprechend grösser dimensionieren liegt es durchaus drin, mit geeignetem Generator 220 Volt zu produzieren. Ist alles machbar und nur eine Frage des Geldes.



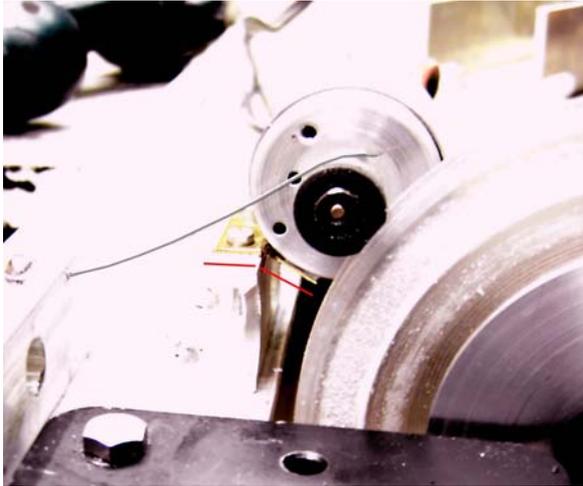
Motor und Uebersetzungsräder



E-Motoraufhängung mit Scharnier

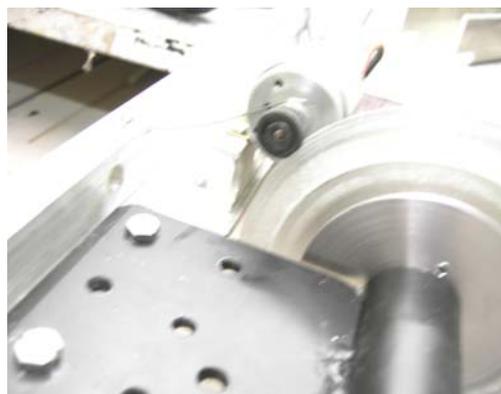
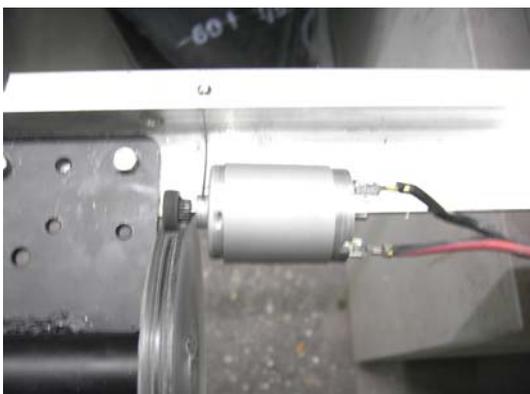
Bleiben wir also beim machbaren, dem Kleingenerator aus einem ehemaligen Drucker der Marke Epson, aber auch die Motoren anderer Hersteller können verwendet werden, auch ein Fahrrad Nabendynamo funktioniert problemlos, dazu müsste dann allerdings der Strom gleich gerichtet werden. Nehmen wir also herkömmliche DC Motoren, denn dann haben wir schon die gewünschte Gleichspannung. Je nach Umdrehungszahl kann man aus so einem kleinen Ding bis zu 14 Volt rausholen, also mehr als das was wir zu Akku laden benötigen. Um den Motor nun an unseren Rotor zu bauen gibt es div. Möglichkeiten und hängt von vielen Faktoren ab. Da wir ja aber so viel wie möglich an Leistung wünschen, kommen wir an einer Uebersetzung nicht vorbei, was aber kein Beinbruch ist. Am unteren Ende des Lagerrohrs steht ja ein Stück des Bolzens aus dem Kugellager heraus, und auch ein Gewinde haben wir dort angebracht, so das wir nun eine Scheibe, Zahnrad oder Riemenscheibe anbauen können. Hab ja an alles Gedacht und somit liegt die Lösung praktisch vor uns. Bei meinem Rotor habe ich mir aus einer Polycarbonatplatte von 12 mm Stärke eine Rondelle von 15cm Durchmesser ausgesägt und anschliessend auf der Drehbank sauber überdreht. Noch ein passendes Loch für den Wellenzapfen eingedreht und schon war das erste Teil der Uebersetzung fertig. Auf der Welle des Druckermotors ist ein Zahnriemenritzel aus Stahl aufgespresst, Durchmesser etwa 8 mm, also etwas zu klein und vor allem zu hart für die Polycarbonatplatte. Kam dann auf die Idee eine Hahnendichtung mit 15 mm Durchmesser und 8 mm Stärke auf das Ritzel zu montieren.

Also das vorhandene Loch in der Dichtung mit einer 8 mm Reibahle aufgerieben und die Dichtung mit Sekundenkleber auf das Ritzel geklebt. Zwischen dem grossen Rad und dem Kugellager habe ich eine Distanzbüchse (aus einem Stück Rohrabfall sauber abgedreht) eingesetzt und darauf die Polycarbonatscheibe mit einer Unterlagsscheibe und M 8 Schraube fest montiert (wie üblich Loctide verwenden). Den Motor habe ich nun mit einen Scharnier in axialer Richtung bestückt – angelötet, dass ging aber nur deshalb, weil auf dem Motorengehäuse noch eine Blechummantelung drauf war, die aber leicht demontierbar ist. Ein Messingscharnier von 50 mm Länge passte genau auf die Ummantelung und ich habe den einen Schenkel des Scharniers dort angelötet. Die Ummantelung wieder am Motor montiert und die beiden Uebersetzungsräder in Flucht gebracht um zu sehen, wo der Motor zu montieren ist.



Druckermotor, Feder, Messingscharnier

Falls nötig, muss hier an der Montageplatte eine Motorenhalteplatte angeschraubt werden, so wenigstens in meinem Fall, habe dazu ein Stück ALU Blech verwendet, dieses an die bestehende Montageplatte geschraubt und den Motor nochmals in die benötigte Position gebracht. Habe jetzt die zwei Löcher des Scharniers auf der ALU Platte markiert, diese wieder demontiert und auf der Fräsmaschine dann bei den Markierungen 2 Langlöcher von ca. 1 cm Länge und 5 mm Breite gefräst. Die so bearbeitete Montageplatte nun wieder an die andere Platte geschraubt und den Motor mit 2 M 4 Schrauben montiert. Dadurch lässt sich der Motor nun problemlos perfekt sauber auf die grosse Uebersetzungsscheibe ausrichten und wird fest angeschraubt (unbedingt die Muttern mit Loctide sichern). Damit unser Motor nun im festen Kontakt zur grossen Uebersetzungsscheibe bleibt, benötigen wir noch eine Andruckvorrichtung, die ganz einfach mittels einer Feder hergestellt wird. Ein Stück Federdraht von ca. 10 cm Länge und 1mm Durchmesser (geht auch dünner, kann aber auch eine Blattfeder sein) wird so auf den Motor gelegt, dass sie ziemlich genau im rechten Winkel zu Antriebsachse steht. An einem Ende der Feder biegen wir noch eine Oese zum Anschrauben auf der Montageplatte, bohren dort ein 5 mm Loch und schrauben die Feder mit einer entsprechenden Schraube, U-Scheibe und Mutter fest. Da die Feder nun festgeschraubt ist, drückt das andere Ende auf den Motor und gibt eine perfekte Anpressvorrichtung, welche sogar Unwuchten aufnimmt, da ja der Motor am Scharnier befestigt ist. Einfacher und billiger kann man es wohl nicht lösen. So, jetzt probieren wir mal wie viel Saft unser Generator produziert und messen mal den Strom, dazu drehen wir einfach mal den Rotor, siehe da, Glück gehabt es tut sich was, war wenigstens bei mir so, bekam auf Anhieb 1,24 Volt und als ich stärker drehte gabs schon 4,78 Volt. Kann man sich ja nun locker vorstellen, dass hier noch einiges mehr rauskommt wenn die ganze Anlage unter Wind steht.



Wir müssen nur noch 2 Drähte von mind. 2 mm Quadrat (Verluste sind in dünnen Drähten viel zu gross) an die Lötflächen des Motors anlöten, die Lage ist abhängig von der endgültigen Standposition (Höhe des Rotors) und natürlich wo die Batterien geladen werden sollen.

Wichtig noch, der Motor und die Lötstellen müssen unbedingt Wasserdicht verpackt sein, hier kann man sich ein Gehäuse bauen oder das ganze mit einem Plastikbeutel gut schützen.

Zur Ladeelektronik hier der entsprechend Link oder im Internet entsprechende Schaltungen besorgen.

www.forumslader.de.vu/

Bei dieser Schaltung kann der am Eingang eingesetzte Gleichrichter und der Kondensator entfernt werden, da wir ja einen DC Motor verwenden.

hier noch Fotos von meinen anderen Projekten aus dem Jahr 2006-10-04

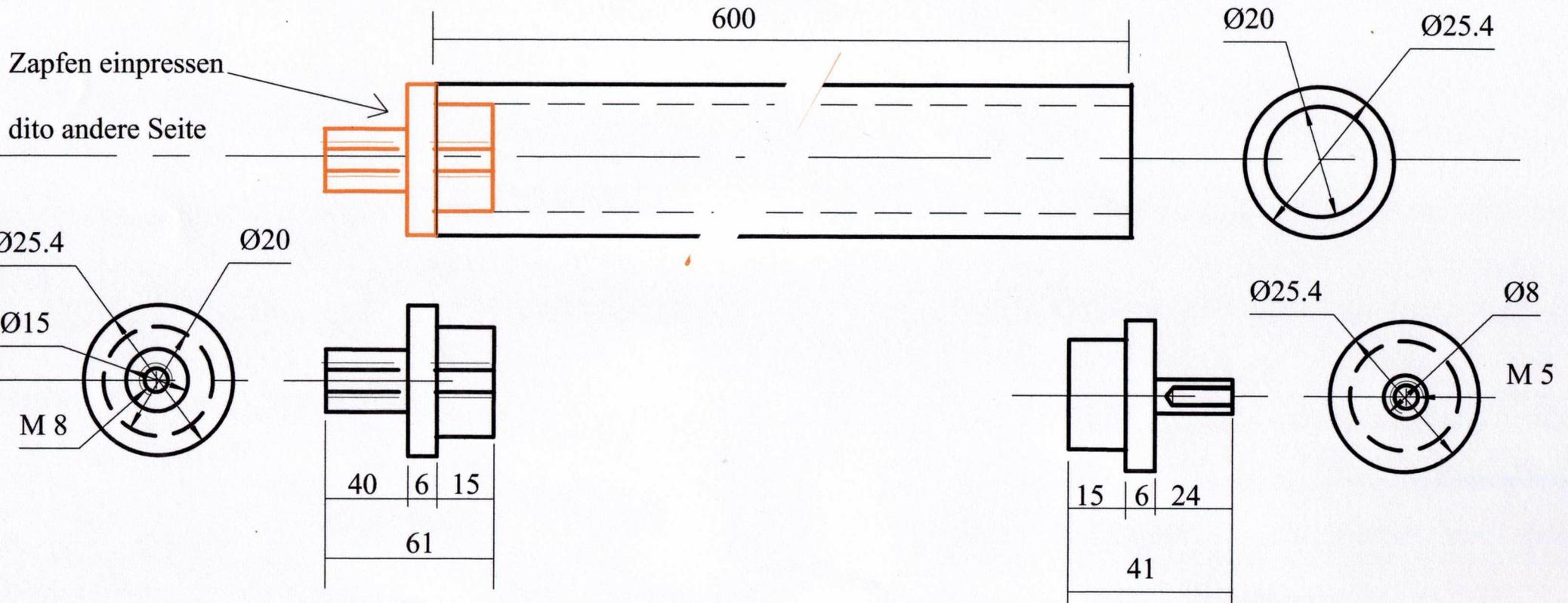


Projekt 4 Flügler 2006



Projekt Savonius 2006

Hauptwelle mit Zapfen



Material Liste

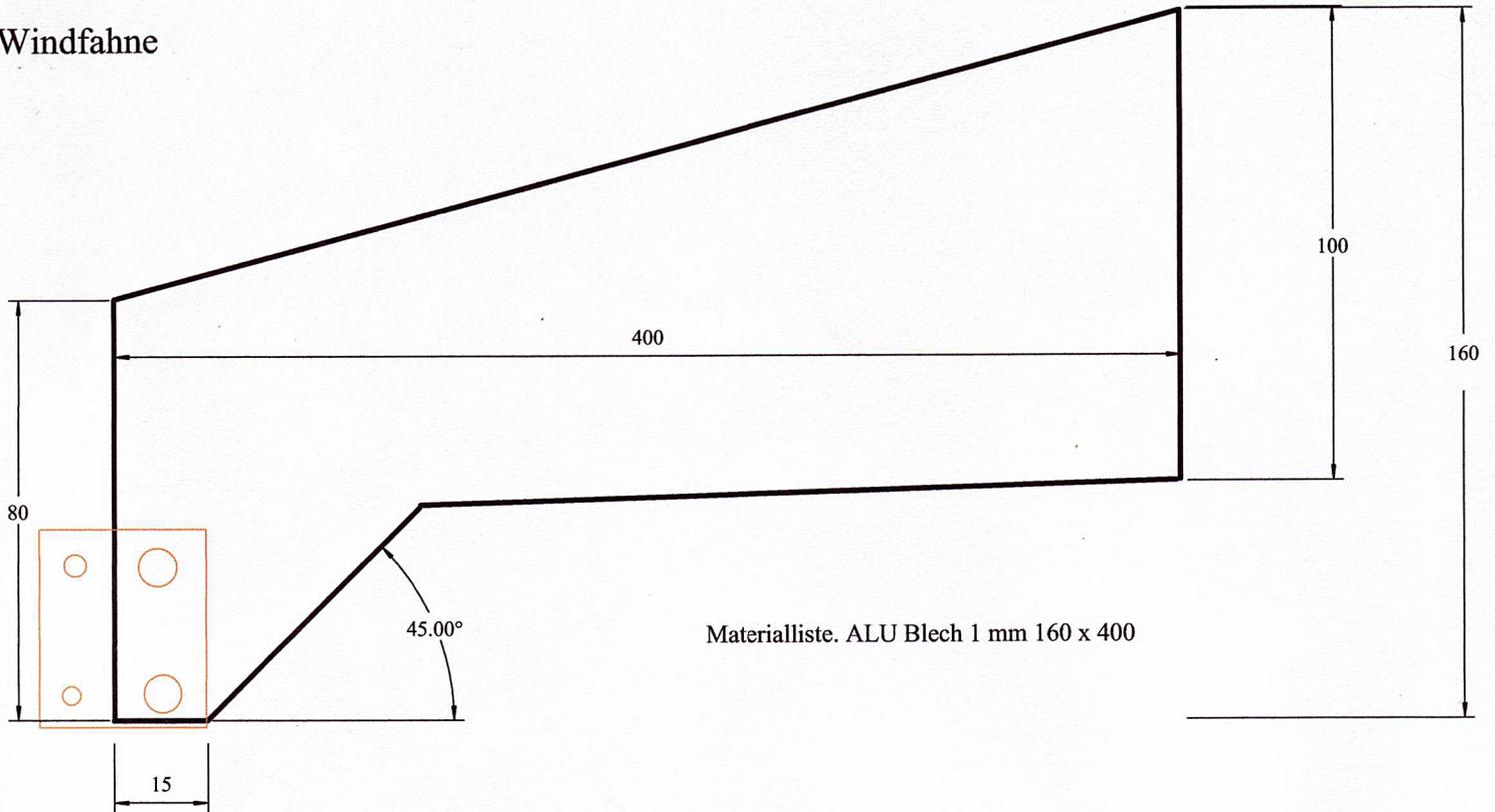
- 1 Stck Eisenrohr 600 x 25 x 20 oder ähnlich
- 1 Stck Eisen Durchmesser 25,4 / Länge 61 Kugellager 30/15/10 od. ähnlich
- 1 Stck Eisen Durchmesser 25,4 / Länge 41, Inline Kugellager 20/8/8 od. ähnlich

Blatt 1 Hauptwelle mit Zapfen

Bruno Hostettler, 8570 Weinfelden

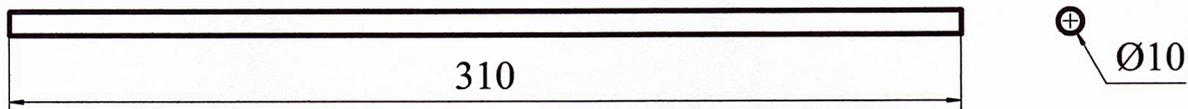
copyright 1.Okt. 2006

Windfahne



Flügelspeichen

Materialliste: ALU Rohr D 10 , L 310



Blatt 7 Windfahne und Flügelspeichen
Bruno Hostettler, 8570 Weinfelden
copyright 1.Okt. 2006

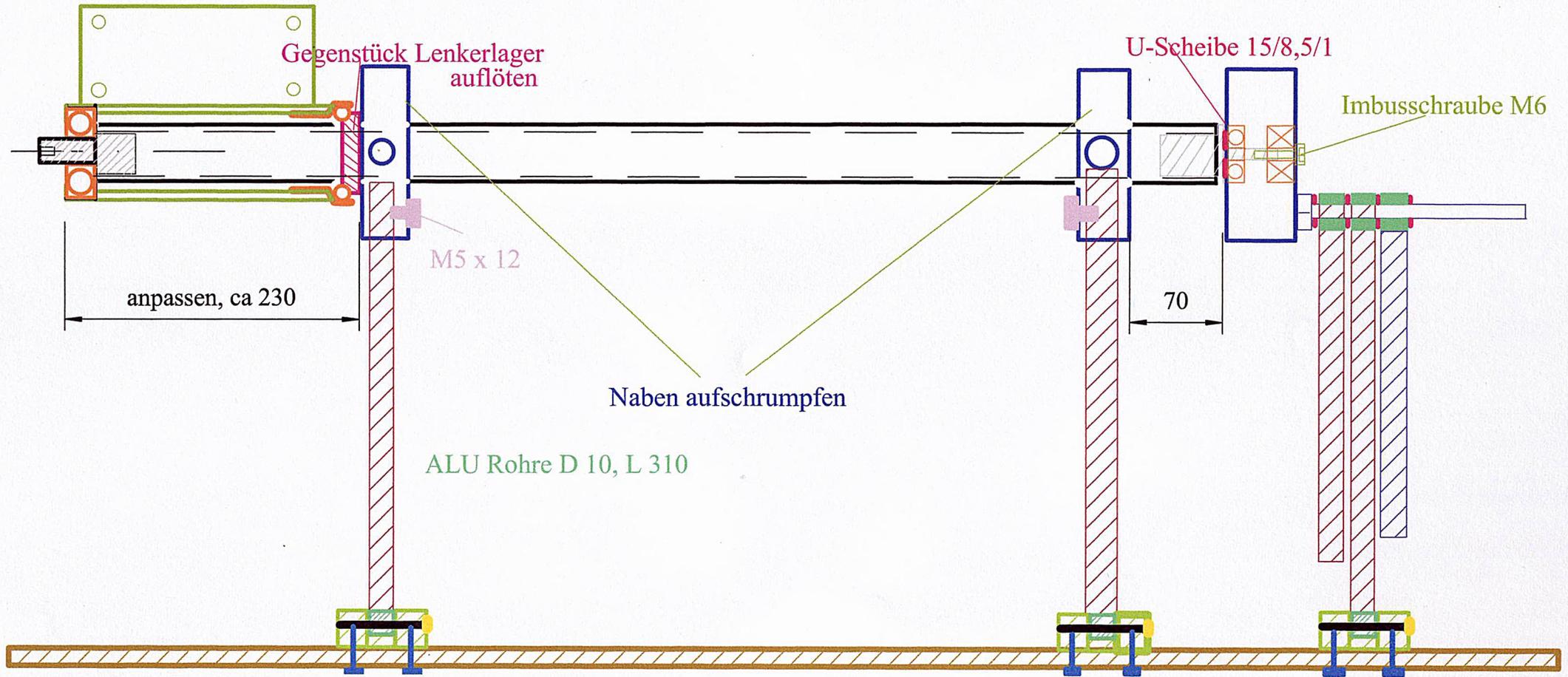
Anmerkung

Sämtliche Zeichnungen, Pläne und Text sind Eigentum des Verfassers und dürfen nicht ohne dessen Bewilligung kopiert, vervielfältigt oder verkauft werden. Für sämtliche Schäden die durch den Nachbau entstehen ist der Hersteller selbst verantwortlich und hat keinerlei Ansprüche gegenüber dem Verfasser.

Sämtliche Haftpflichtansprüche oder Forderungen im Schadenfall gehen voll zu Lasten der Erbauers oder Betreibers der Anlage.

Weinfelden im Oktober 2006 Bruno Hostettler Autor und Entwickler

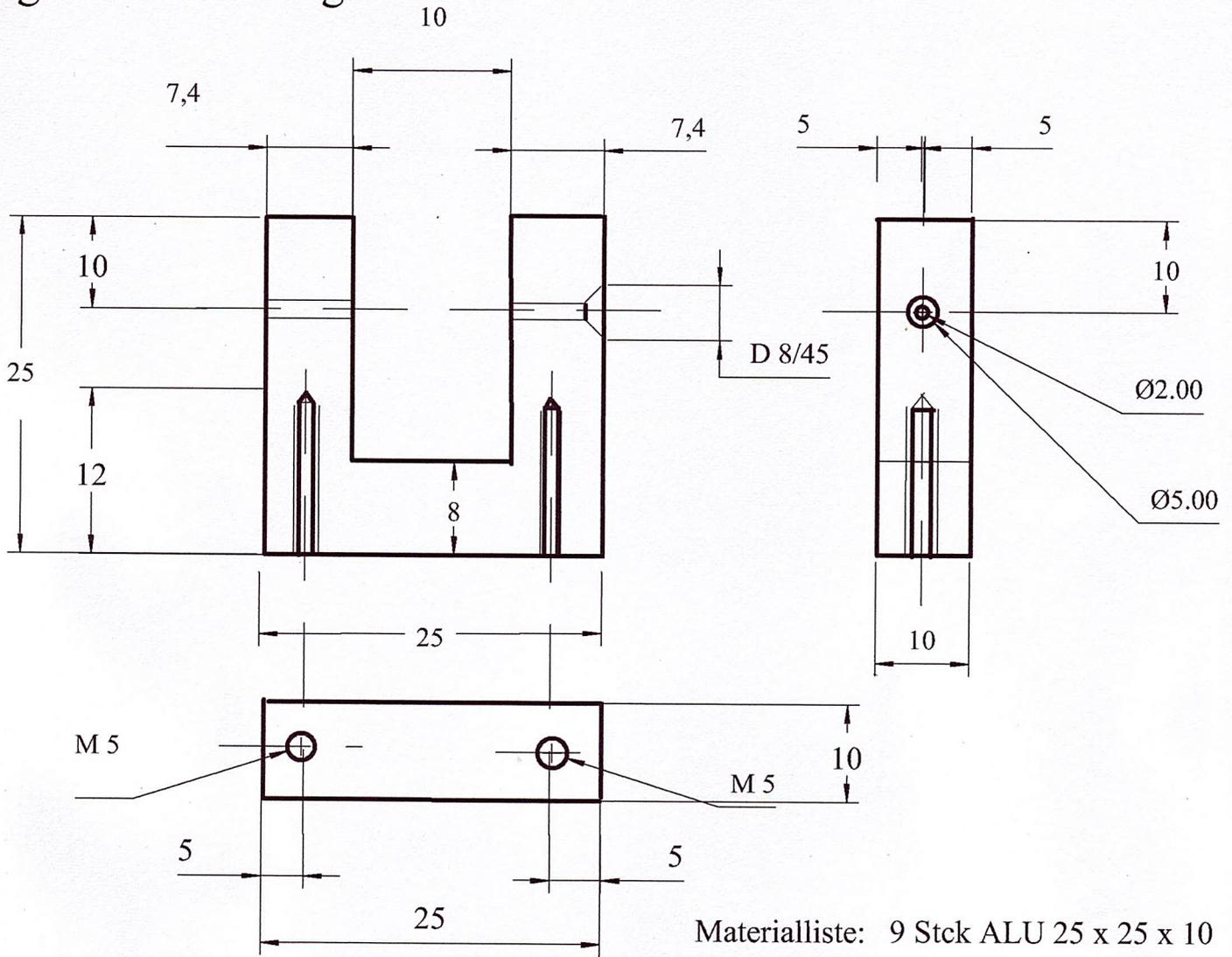
Nabenmontage auf Welle - Flügelmontage



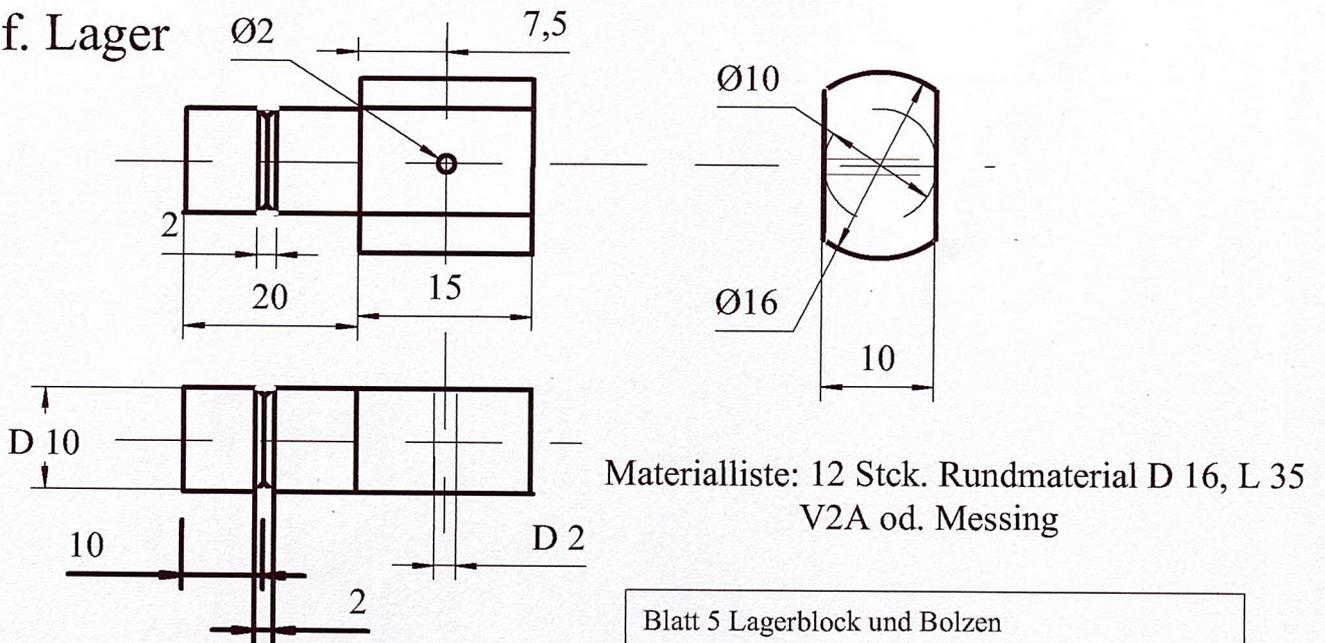
Flügel ca. 660 - 800 x 110 x 12

Blatt 6 Naben- Flügelmontage
Bruno Hostettler, 8570 Weinfelden
copyright 1.Okt. 2006

Lagerblock für Flügel

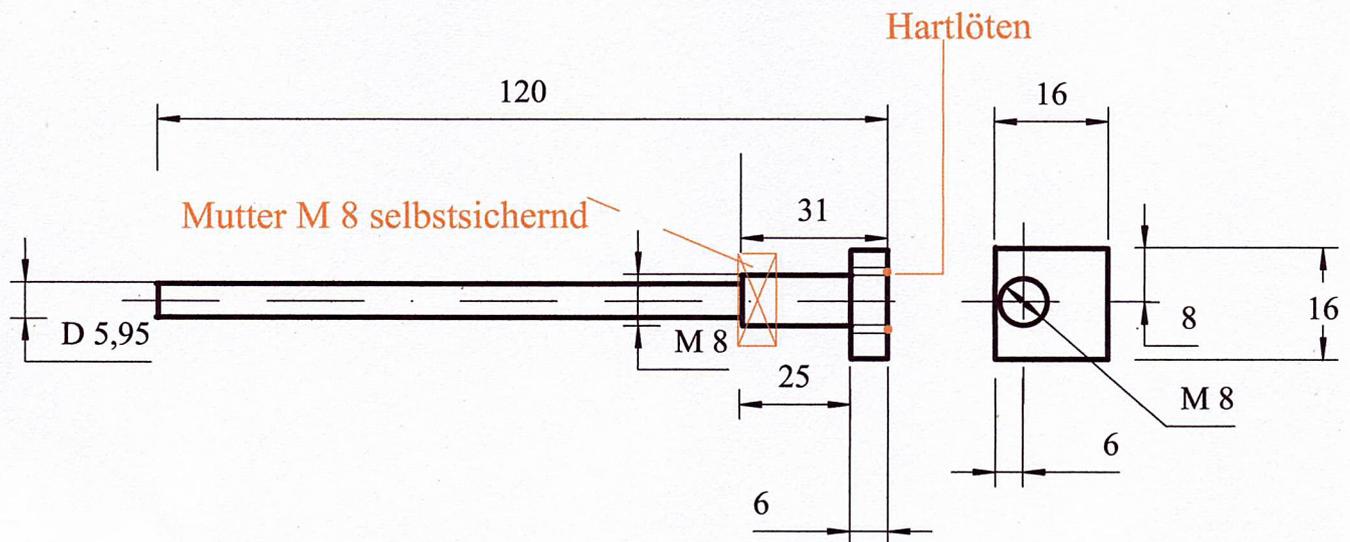


Bolzen f. Lager



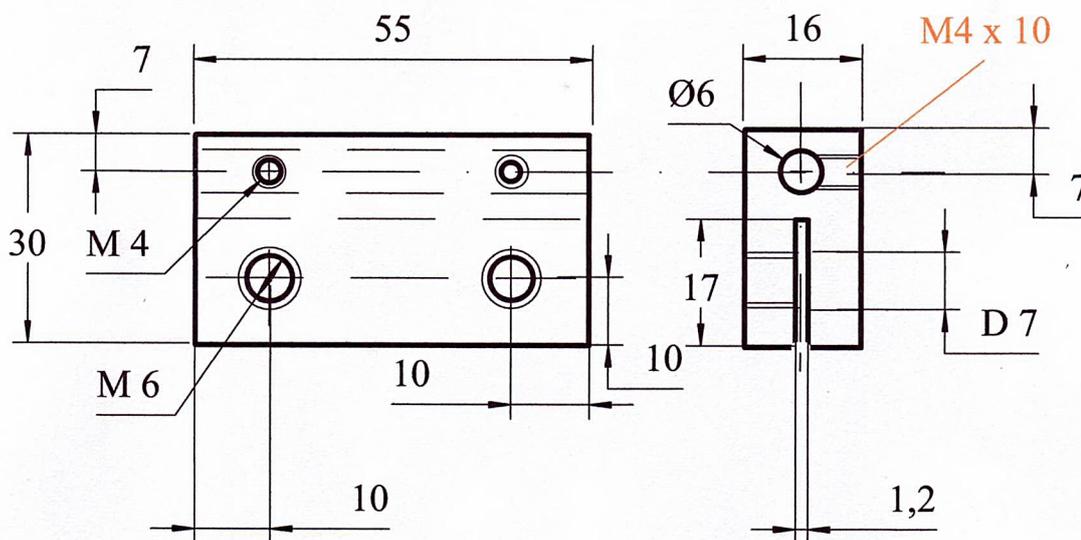
Blatt 5 Lagerblock und Bolzen
 Bruno Hostettler, 8570 Weinfelden
 copyright 1.Okt. 2006

Excenter Lager Bolzen für Flügel



Materialliste: Gewindestange M 8 / 120, Flacheisen 16 x 16 x 6

Windfahnenhalter



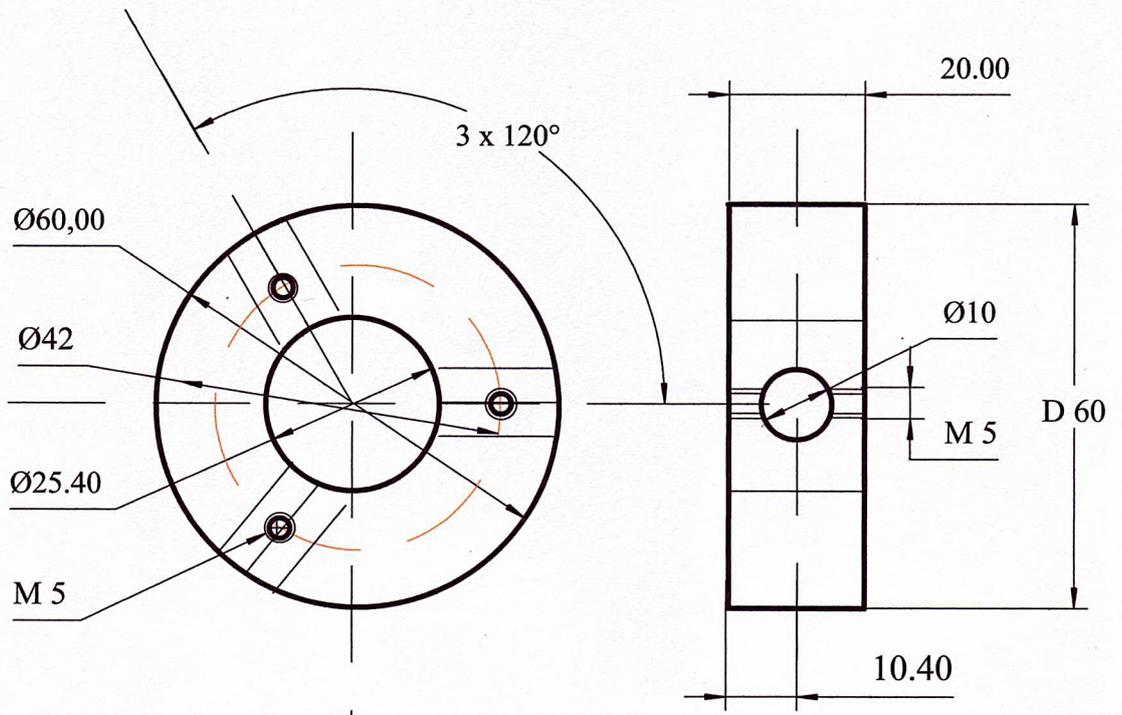
Materialliste: ALU 55 x 30 x 16
 2 Stck. M4 x 10 Madenschrauben
 2 Stck. M6 x 10

Lagerbolzen für Flügellager

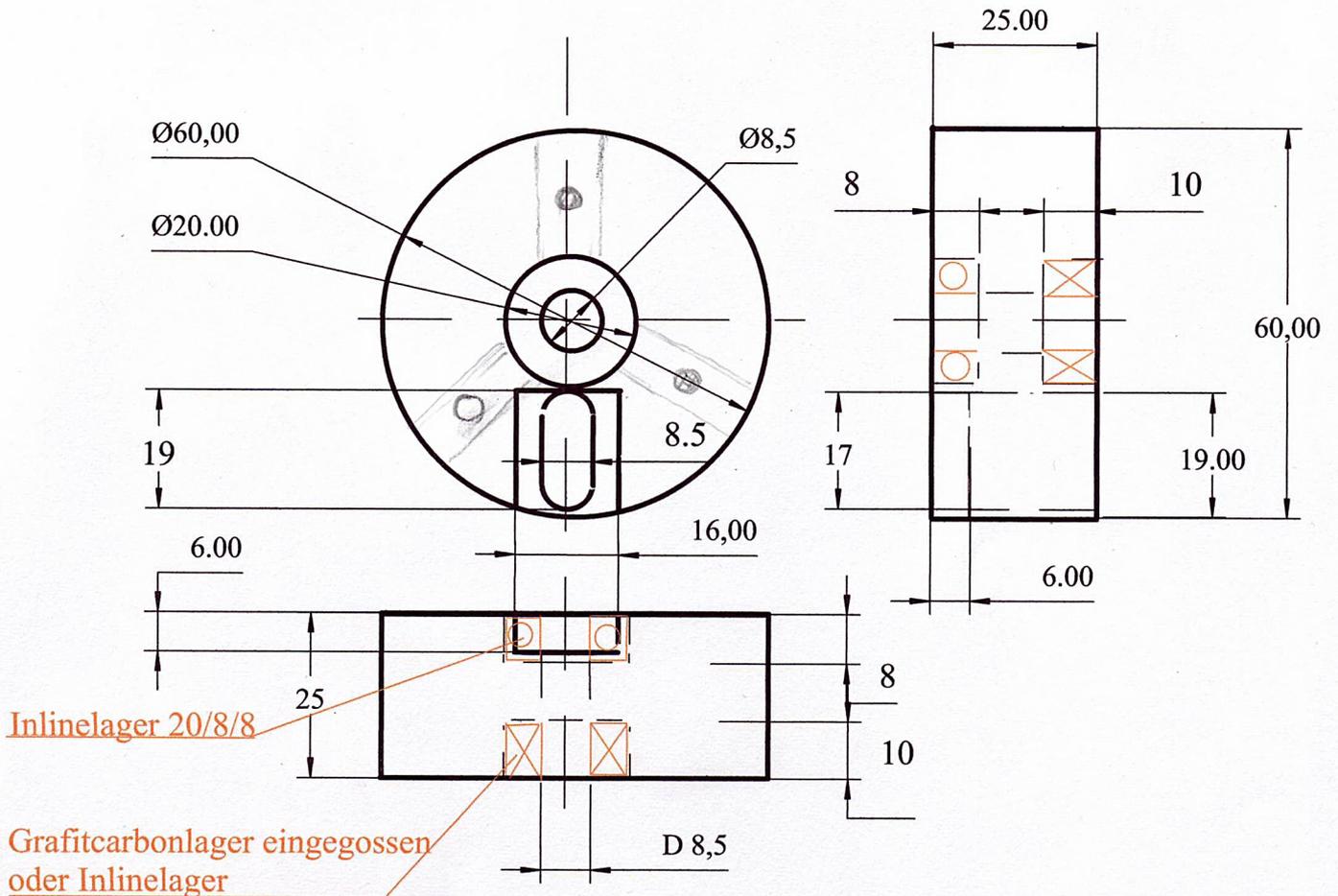


Materialliste: 9 Stck gehärtete Bildernadeln 25 x 2

Mittelnabe aus ALU 2 Stck



Excenter aus ALU



Materialliste: 2 Stck Rundalu D = 60 / L = 20

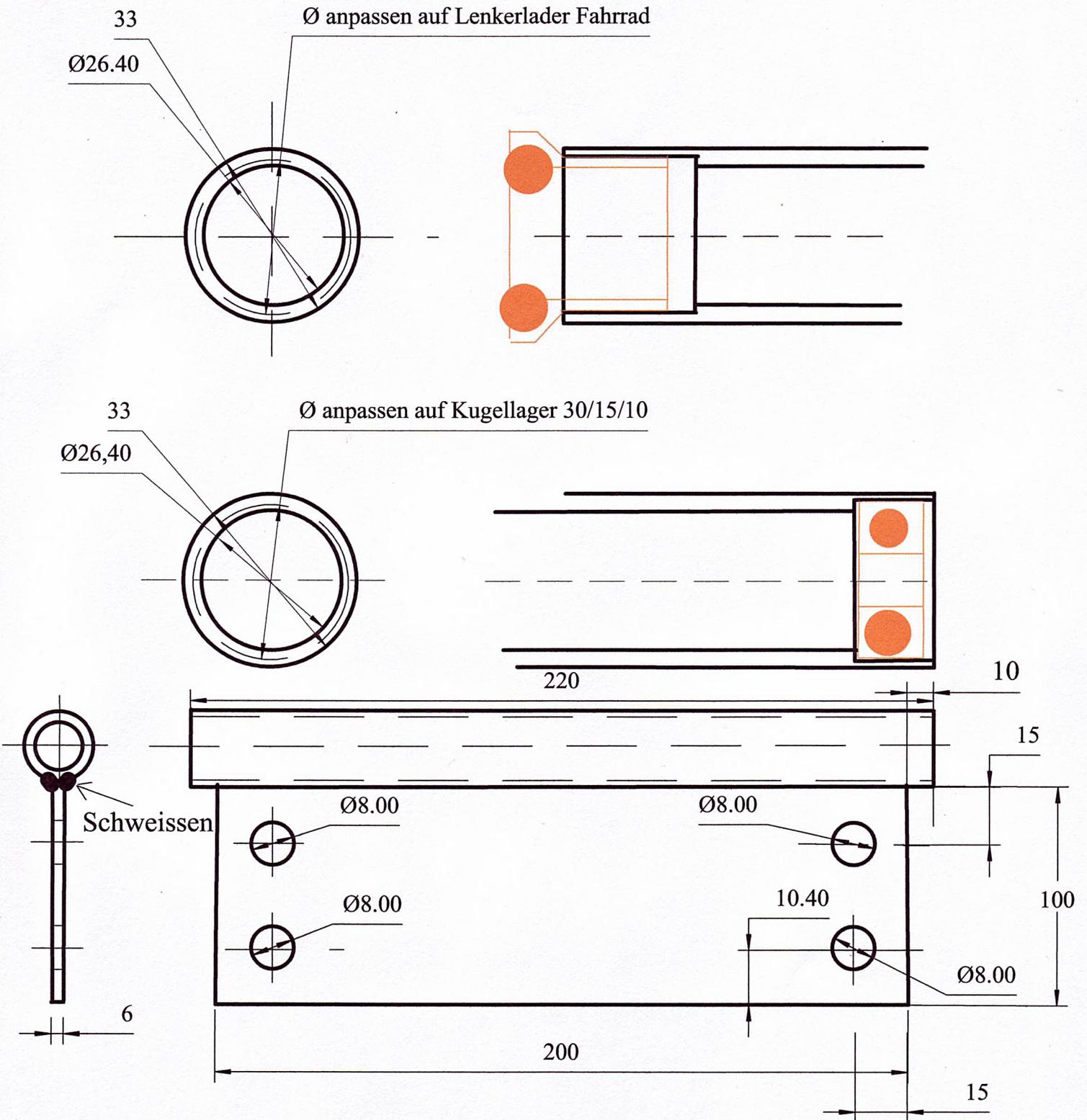
1 Stck Rundalu D = 60 / L = 20

Blatt 3 Mittelnaben und Excenter

Bruno Hostettler, 8570 Weinfelden

copyright 1.Okt. 2006

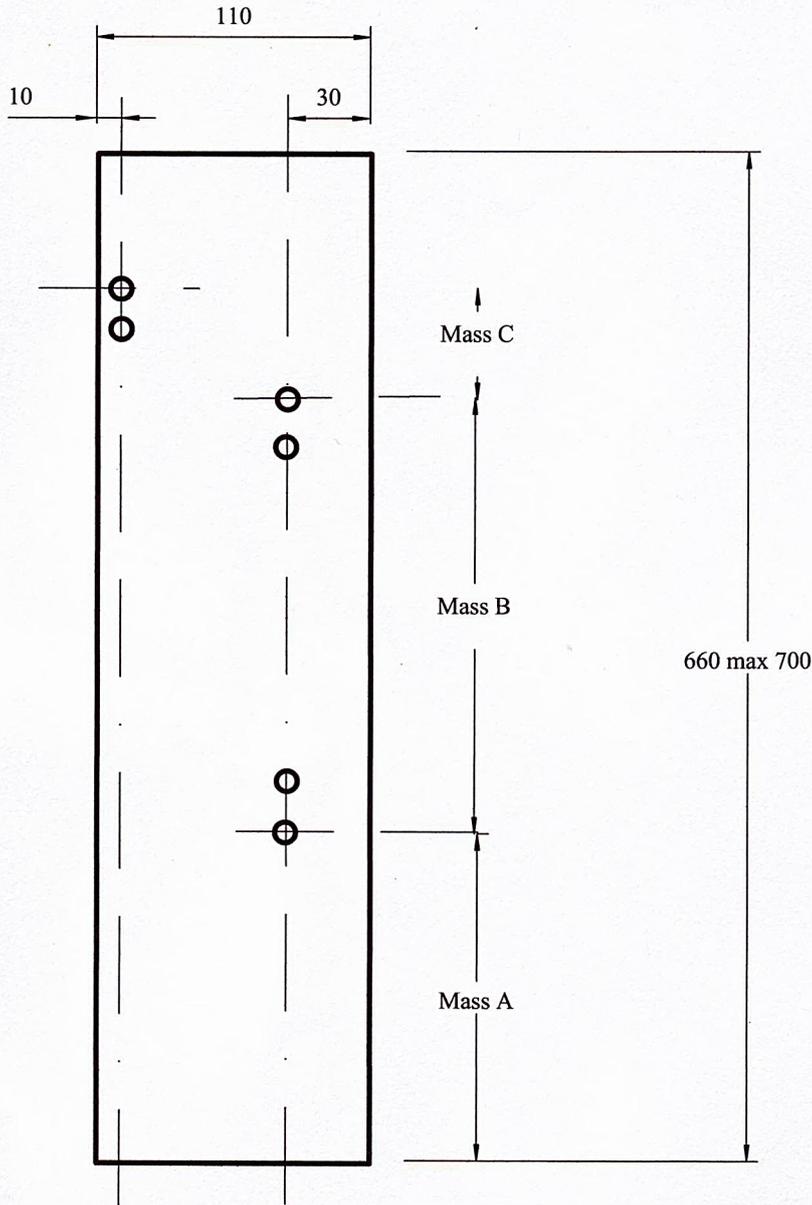
Lagerrohr D = 33 / L 220



Materialliste: 1 Stck. Eisenrohr D = 33 / L = 220 od. ähnlich

1 Stck Eisenblech 200 x 100 x 6

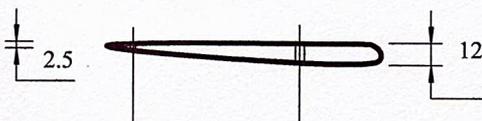
Flügel



Mass A Unterkante Hauptlager dient als Ausgangspunkt entspricht dem Mass bis zur ersten Flügelspeiche

Mass B entsprechend der 2. Flügelspeiche ermitteln

Mass C entsprechend der 3. Flügelspeiche ermitteln da die Flügel auf dem Excenter montiert sind müssen die Bohrungen entsprechend des Speichendurchmessers um ca. 12mm verschoben sein



Materialliste: Sperrholz Wasserfest

3 Stck 660 x 110 x 12

Blatt 8 Flügel

Bruno Hostettler, 8570 Weinfelden

copyright 1.Okt. 2006