

C. Zusammenbau des gesamten Versuchsaufbaus

1. Aufbau der Zentraleinheit

Im Fuß der Zentraleinheit befindet sich ein Gewinde M 10. Steht Ihnen ein größeres Stativ zur Verfügung, kann der Rundlauf mit diesem Gewinde und einer Schraube befestigt werden. Damit die Zentraleinheit bei den Versuchen nicht wackelt, ist darauf zu achten, dass der kegelförmige Fuß mit der ganzen unteren Ringfläche auf eine glatte, feste Fläche gespannt wird.

Vor den ersten Versuchen sollte das Modell langsam bis zu einer Umlaufgeschwindigkeit hochgefahren werden, die über der der geplanten Versuche liegt. Dabei überprüfen Sie bitte, ob der Aufbau sicher steht. Sollte er wackeln oder verrutschen, müssen zusätzliche Abstützungen angebracht werden.

- Überprüfen Sie unbedingt, dass das Modell bei keinem Winkel irgendwo anstößt.

2. Einsetzen der Ausleger und des Winkelaufnehmers

Der Rundlauf kann mit zwei Außendurchmessern betrieben werden. Bei dem kleineren Durchmesser ist die größte Ausdehnung von Flügelspitze zu Flügelspitze 4.2 m, bei dem großen Durchmesser 6 m.

Der kleine Durchmesser ermöglicht Versuche in kleineren Räumen oder bei weniger stabilem Aufbau. Bei vollem Durchmesser ist die Differenz der Anströmgeschwindigkeit an den Flügeln kleiner, außerdem kommen Reibungskräfte an den Lagern weniger zum Tragen.

Am Basisteil des Inneren Ausleger befindet sich die Aufnahme für den Kraftmesser, am der Verlängerung des Inneren Auslegers ein Spreizkreuz für die Verspannung.

Der Zapfen für den Kraftmesser muss nach oben zeigen, wenn der innere Ausleger in die geschlitzte Fassung an der Zentraleinheit gesteckt wird. Hängen Sie zuerst die 2 unteren seitlichen Spannseile ein, legen Sie dann die Öse des mittleren Seils über den Stift am oberen Ende der Lagereinheit. Spannen Sie jetzt das Seil mit dem Spannschloss so weit, dass die Zentraleinheit stabil von drei Seiten gehalten wird.

- Beim Abbau muss zuerst das Spannschloss gelockert werden, bevor die obere Öse vom Haltestift genommen wird.

Am äußeren Ausleger ist die obere Strebe des Spreizkreuzes markiert. Auch hier müssen zuerst die unteren Seile eingehängt werden, bevor der Ausleger mit dem Spannschloss stabilisiert wird.

Erst wenn der oder die Ausleger sicher verspannt sind, darf der Winkelaufnehmer eingesetzt werden. (Sollte die Verspannung im Lauf der Zeit durch unterschiedliche Dehnung der Drahtseile unsymmetrisch werden, können auch die unteren beiden Spannungspunkte verstellt werden).

Das Winkelaufnehmer wird so in die Buchse am Ende des Auslegers eingesetzt, dass der gelagerte Hebel nach unten hängt. Dieser kann dann bis leicht über die Waagerechte

angehoben werden. Damit der Gelenkkopf nicht herausfallen kann, muss der Bügelverschluss am Ausleger über dem Querstift geschlossen werden.

- **Der Bügelverschluss muss unbedingt ganz**, das heißt, **bis der Drahtbügel von oben an die Buchse anschlägt**, geschlossen werden.

Der dreipolige Stecker des Winkelaufnehmers wird am Ausleger bis zur Zentraleinheit zurückgeführt und dort in die Buchse **Fw** gesteckt.

3. Einsetzen des Schlepparms

Der Schlepparm wird in den geschlitzten Halter an der oberen Dreheinheit gesteckt und mit dem Verschluss gesichert.

- **Die Versuche finden immer in einer Umlaufrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn statt, von oben auf die Versuchseinrichtung gesehen.** So ist im Folgenden auch die Bezeichnung vorne bzw. hinten zu verstehen.

Der Kraftmesser wird mit der kleineren Öse am Schlepparm eingehängt, die große Öse wird auf den Dorn am Basisteil des Inneren Ausleger gehängt. Sie zieht dann am Inneren Ausleger in einem **Radius von 0,3 m** von der Drehachse.

- Bei allen Schleppversuchen befinden sich der Schlepparm und der Kraftmesser vor, bei Schubmessungen im Stand hinter dem Ausleger.

4. Anbringen des Vogelmodells

Die Flügel sind an ihrem Aufbau nach Ober- und Unterseite zu unterscheiden. Die Oberseiten haben die ausgeprägt geschwungenen Signal-roten Abdeckungen mit Nylongewebe, die Unterseiten sind geradlinig begrenzt.

Der Flügel mit dem Holm wird von hinten bis zum Anschlag auf die Flügelschlagachse geschoben. Der Holm wird mit dem Drahtverschluss in der vorderen Messingbuchse an der Schlagachse gelagert. Dazu wird der Drahtverschluss nach hinten geschoben, so dass das lange freie Ende des Bügels in die Bohrung der Messingbuchse gesteckt wird. Damit sich der Verschluss nicht löst, muss der Drahtbügel am Holm nach unten gedrückt werden, bis er spürbar einrastet.

Schließlich muss noch das freie Ende des Pleuels auf das Kugelgelenk an der Kurbel aufgesteckt werden.

Zum Zerlegen werden die einzelnen Schritte in der umgekehrten Reihenfolge ausgeführt. Das Pleuel lässt sich am besten mit einer kleinen Spitzzange vom Kugelgelenk abheben.

Für unterschiedliche Schlagamplituden kann das Kugelgelenk an drei verschiedenen Radien an der Kurbel befestigt werden. Je kleiner die Amplitude ist, desto höher wird die Schlagfrequenz.

- Dadurch kann es bei dem kleinsten Kurbelradius zu Eigenschwingungen der Flügel kommen, die zur Zerstörung des Modells führen. Man muss vorsichtig die Spannung erhöhen und auf einen gleichmäßigen Schlag achten.

Für das Vogelmodell muss die Modellhalterung in den Hebel des Winkelaufnehmers eingesteckt werden. Das kürzere Ende der Gabel befindet sich in Drehrichtung vorne, greift also

am vorderen Ende des Vogelmodells. **Auch hier muss der Bügelverschluss unbedingt ganz geschlossen werden.**

Um das Modell an der Gabel zu befestigen, müssen die Schnappverschlüsse zusammengedrückt werden. Damit wird eine Verengung des Befestigungszapfen frei, der in die geschlitzten Befestigungsbleche passt. Achten Sie darauf, dass beim Loslassen des Verschlusses der Zapfen mit dem großen Durchmesser genau in der Bohrung des Bleches sitzt. So kann sich das Vogelmodell auf keinen Fall während des Versuches lösen.

5. Amplitudenmessung am Vogelmodell

Zur Untersuchung des Schwingenfluges können am Vogelmodell sowohl Schlag- wie auch Drehamplitude der Flügel gemessen werden.

- **Die beiden Winkelaufnehmer sind aus Gewichtsgründen nicht geschützt und daher sehr empfindlich. Insbesondere dürfen auf keinen Fall Eisenstaub oder Späne an die Aufnehmer kommen, sie sind sonst sofort unbrauchbar.**

Die Aufnehmer werden mit der Aluminiumhülse auf das hintere Ende der rechten Schlagachse, bzw. auf das Ende des rechten Flügelholms gesteckt. Die dünnen Drahtfedern nehmen den Flügel in die Mitte. In der Nulllage der Schlag- bzw. Drehamplitude müssen beide Sensoren in der Mitte des Messbereich stehen, die durch einen Strich gekennzeichnet ist. Das Kabel wird am Modell und der Modellhalterung über das Gelenk bis zur Zentraleinheit geführt und dort in die Buchse **D/Sw** gesteckt. Am Winkelaufnehmer am Ende des Auslegers muss im Kabel genügend Spiel vorhanden sein, dass sich der äußere Ausleger ungehindert aufrichten kann. Die Zuleitung vom Vogelrumpf zum äußeren Aufnehmer an der Flügelspitze muss mit einem Draht am Flügel fixiert werden.

- Durch die ständige Schlagbewegung kann diese Zuleitung unter Umständen brechen, der transparente Aufbau lässt aber ein Austauschen der Drähte ohne weiteres zu.

Bei den Versuchen mit dem Vogelmodell sollte der Rundlauf nicht mehr als abgeschlossene Versuchseinrichtung gesehen werden, sondern als Aufforderung zu eigenen Experimenten. Eigene Versuche können mit nicht allzu großem Aufwand aufgebaut werden, eigene Schlagflächen können entwickelt werden. (Auch homogene, nicht gefiederte Flügel erzeugen genügend Vortrieb, um das Modell zu bewegen).

6. Stationäre Versuche

Neben den Versuchen mit dem Vogelmodell können im Schleppbetrieb auch stationäre Auftriebs- und Widerstandsversuche durchgeführt werden. Dazu muss am Winkelaufnehmer anstatt der Modellhalterung der Ausleger mit der Winkelskalierung eingehängt und gesichert werden. Die Versuchstragfläche wird so in das äußere Ende eingesteckt, dass die kürzere Seite nach vorne zeigt. Durch die Winkelskalierung ist es möglich, Versuche bei verschiedenen Anstellwinkeln eindeutig wiederholbar durchzuführen. Um den Anstellwinkel zu ändern, muss zuerst die Schraube gelöst werden, dann kann der vordere Teil des Gelenkes in 2-Grad-Schritten verstellt werden.

- Sollte bei anderen Versuchsprofilen die Nulllage nicht genau stimmen, kann diese nach Lösen der Innensechskantschraube unten an der Skala mit einem 2 mm Inbusschlüssel neu justiert werden.

Wird die Kugel am äußeren Ende des Auslegers eingehängt, kann einfach überprüft bzw. demonstriert werden, ob die Tragfläche auftriebsfrei ist.

6a. Flatterversuch bei stationärer Bewegung

Zur Demonstration von angeregtem Flattern kann zwischen den Ausleger mit Winkelskalierung und das Flügelprofil das Flattergelenk eingesetzt werden. Dieses Gelenk lässt eine Bewegung des Flügels um zwei Achsen zu. Die Steifigkeit der Drehfedern kann verändert werden. Wird die Tragfläche mit diesem Gelenk langsam hochgefahren, kann man folgendes beobachten:

Bis zu einer bestimmten Bahngeschwindigkeit verhält sich der Flügel ganz normal. Plötzlich beginnt der Flügel in einer kombinierten Schlag- und Drehbewegung zu flattern, die meistens während eines halben Umlaufs schon ihr Maximum erreicht. Ist die kritische Geschwindigkeit bei einer festen Einstellung bekannt, kann man die Anregung zum Flattern durch eingebrachte Luftwirbel demonstrieren.

Der Flügel kreist gerade so schnell, dass das Flattern von selber noch nicht auftritt. Dann wird von außen mit einer größeren Pappe ein Luftwirbel in die Bahn gebracht. Unterhalb einer kritischen Geschwindigkeit klingt die Schwingung gedämpft ab. Regt man den Flügel oberhalb dieser Geschwindigkeit auf gleiche Weise an, muss das Modell sofort danach zur Ruhe gebracht werden, weil der ganze Versuchsaufbau in Schwingung geraten kann.

7. Spannungsversorgung und Messdatenerfassung

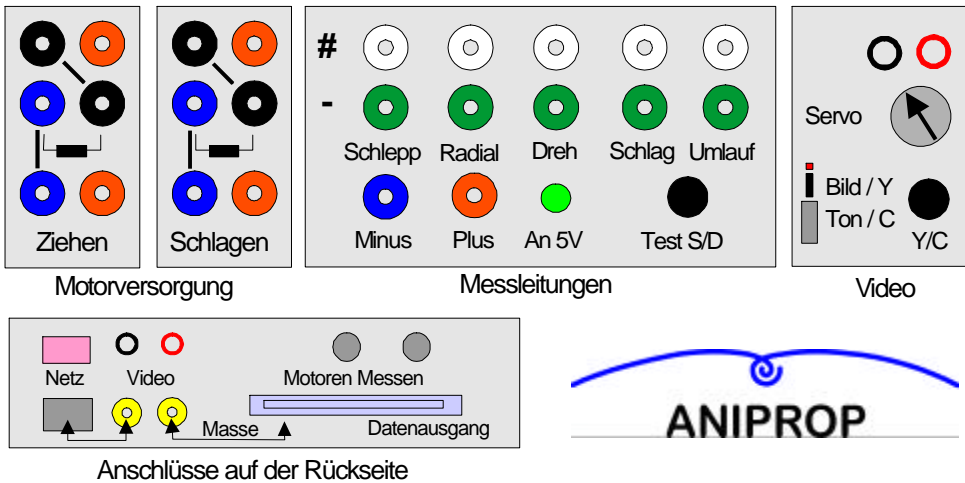
Der fertig aufgebaute Rundlauf wird mit drei Kabeln mit dem Anschlusskasten verbunden. Die Kabel können nicht vertauscht werden, da alle Stecker unterschiedlich sind. Die beiden Videokabel werden im Anschlusskasten nur von der Rückseite nach vorne durchgeführt. Die Kabel sind zwar lang genug, um den Versuchsstand auch außerhalb des Rundlaufs aufzubauen, wir verlangen aber aus Sicherheitsgründen, bestimmte Versuche von der Mitte des Rundlaufs aus zu betreiben. Dies gilt stets bei Versuchen mit hoher Umlaufgeschwindigkeit, die vor außenstehendem nicht Publikum gemacht werden dürfen (siehe Sicherheitsvorschriften).

Nur die Eingänge Ziehen für den Schleppmotor bzw. Schlagen für den Antrieb des künstlichen Vogels auf der Frontseite dürfen mit Spannung belegt werden. Dabei ist unbedingt die Polung zu beachten. Alle anderen Buchsen sind Messausgänge, dort würde eine angelegte Spannung die Messelektronik zerstören.

8. Bildübertragung der Versuche

- Beim Rundlauf RL 3 ist es möglich, alle Versuche mit einer mitlaufenden Videokamera mit Akkubetrieb zu filmen, was ein stehendes Bild des fliegenden Modells möglich macht. Dazu muss auf dem Kamerahalter ein Stativkopf angebracht werden, um die Kamera richtig neigen zu können. Die Signale können über die Videoleitung zum Anschlusskasten übertragen werden. Da zwei Leitungen verlegt sind, können auch S-VHS oder High 8 Signale (getrennte Y/C Leitungen) übertragen werden. Ton ist ohnehin selten erforderlich.

Aufsicht auf die Anschlüsse am Anschlusskasten



An den vier An die Buchsen mit den Messausgängen der Messleitungen können die verschiedenen Winkel direkt gemessen werden.

Am Anschlusskasten am unteren Ende der Zentraleinheit befinden sich zwei Cinch

Stecker, die über den gekröpften Klinkenstecker drehbar am oberen Ende der Zentraleinheit wieder nach außen geführt werden.

Dabei ist zu beachten: Dieser Übergang ist als Schleifkontakt eingesetzt. Das heißt, daß sich der Stecker noch mit der Kamera dreht, während die Buchse feststeht. Dadurch sind diese Teile einem leichten Verschleiß ausgesetzt, da sie nicht für diese Zwecke hergestellt werden. Die Übertragungsqualität ist trotzdem unvermindert gut. Damit nicht wertvolle Teile der Kamera beschädigt werden, ist dieser Adapter eingebaut, der bei übermäßigem Verschleiß ersetzt werden kann.

Um das Modell während des Versuches möglichst in der Mitte des Bildes wiederzufinden müssen einige Voreinstellungen vorgenommen werden, für die man zu zweit sein sollte. Das Modell muss ungefähr auf den Winkel gehoben werden, bei welchem der zu filmende Versuch stattfindet. Außerdem muss die Schleppkraftwaage ungefähr auf die erwartete Spannung gedehnt werden. Dann wird die Kamera auf das Modell eingerichtet. Wenn jetzt der Versuch gestartet wird, erscheint das Modell bei der vorher abgeschätzten Geschwindigkeit auf dem Bildschirm.

Es hat sich herausgestellt, dass die Höheneinstellung weniger schwierig zu treffen ist als die links/rechts Verschiebung. Dazu kann die Kamera mit einem Servomotor relativ um ungefähr 45 Grad seitlich bewegt werden. Zur Ansteuerung des Servomotors für die Kamera muss am Anschlusskasten der Drehknopf bewegt werden.