

Vorbemerkung

Gemäß aktueller Vorgaben unseres Ausbildungsbetriebes müssen wir mit unseren Flugschülern in der Ausbildung das Trudeln sowie Steilspirale demonstrieren. Mit unserer ASK21 ist das in der derzeitigen Konfiguration (keine Trudelgewichte) nicht möglich. Aus diesem Grund haben wir (Ingo, Julian und Eugen) die Eignung des Duo Discus XLT für diesen Zweck getestet.

Nachfolgend eine Zusammenfassung der Erfahrungen, sowie ein Vorschlag zur Durchführung mit unseren Schülern.

1. Flugzeug

Der Duo Discus XLT ist für einfachen Kunstflug zugelassen (Looping, Turn, Trudeln). Siehe hierzu, und zu den diesbezüglichen Einschränkungen auch Flughandbuch Abschnitt 2.8.

Zugelassene Kunstflugfiguren:

- ohne Wasserballast im Flügel,
- bis zu einem Fluggewicht von 630 kg
- und mit eingefahrenem oder ausgebautem Triebwerk

- a) Looping nach oben
- b) Turn
- c) Lazy Eight
- d) Trudeln

Es wird empfohlen, zusätzlich zu der unter Abschnitt 2.12 angegebenen Ausrüstung, einen Beschleunigungsmesser mit Schleppzeiger und Nullwertknopf einzubauen.

Die zulässigen Lastvielfache sind in Abschnitt 2.9 des Flughandbuches beschrieben.

Beachte: Oberhalb der Manövergeschwindigkeit bis zur V_{ne} reduziert sich das zulässige Lastvielfache auf +4g. Das ist nicht wirklich viel, und fühlt sich bei liegender Sitzposition auch nicht nach besonders viel an. Man kommt hier schneller über die Betriebsgrenzen als man meinen könnte.

Das LX9000 hat auch eine G-Messer Funktion, allerdings ohne Schleppzeiger.

2.9 Manöverlastvielfache

Folgende Abfang-Lastvielfache dürfen nicht überschritten werden:

- a) Bremsklappen eingefahren

bei V_A = 180 km/h

$n = + 5.3$

$n = - 2.65$

bei V_{NE} = 262,8 km/h

$n = + 4.0$

$n = - 1.5$

- b) Bremsklappen ausgefahren

$n = + 3.5$

$n = 0$

Für das Überziehen, Trudeln und Spiralsturz sind die Abschnitte 3.4 bis 3.6 des Flughandbuches relevant.

SCHEMPP-HIRTH FLUGZEUGBAU GmbH., KIRCHHEIM/TECK

Duo Discus T

FLUGHANDBUCH

3.5 Beenden des Trudelns

Das sichere Ausleiten aus dem Trudeln erfolgt durch die folgende Methode:

- a) Querruder neutral stellen
- b) Seitenruder entgegengesetzt austreten, d.h. entgegen der Trudelrichtung.
- c) Steuerknüppel nachlassen, bis die Drehbewegung aufhört und die Strömung wieder anliegt.
- d) Seitenruder normal stellen und weich abfangen.

Bei mittleren bis hinteren Schwerpunktlagen ist stationäres Trudeln möglich. Nach dem Anwenden des Verfahrens zum Trudelausleiten, beträgt das Nachdrehen etwa 1/4 bis 1/2 Umdrehungen.

Der Höhenverlust vom Ausleitepunkt des Trudelns bis zum Horizontalflug kann bis zu ca. 180 m betragen, die Abfanggeschwindigkeiten liegen zwischen 130 km/h und 170 km/h.

Stationäres Trudeln mit vorderster Schwerpunktlage ist nicht durchführbar. Das Flugzeug beendet nach einer halben bis einer Umdrehung die Drehbewegung und geht dabei meist in einen Spiralsturz. Das Abfangen erfolgt mit normalen Steuermaßnahmen.

Hinweis:

Das Trudeln wird sicher verhindert, indem die Gegenmaßnahmen beim „Beenden des überzogenen Flugzustandes“, siehe Abschnitt 3.4, durchgeführt werden.

SCHEMPP-HIRTH FLUGZEUGBAU GmbH., KIRCHHEIM/TECK

Duo Discus T

FLUGHANDBUCH

3.6 Beenden des Spiralsturzes

Beim Trudeln kann sich bei vorderer Schwerpunktlage, je nach Ruderstellung, ein Spiralsturz entwickeln. Er wird durch eine schnelle Zunahme der Geschwindigkeit und der Beschleunigung angezeigt.

Das Beenden des Spiralsturzes erfolgt durch Nachlassen des Höhensteuers und durch Gegensteuern mit Seiten- und Quersteuer.

Warnung:

Beim Abfangen sind die zulässigen Ruderausschläge bei den Geschwindigkeiten V_A bzw. V_{NE} zu beachten (siehe auch Seite 2.2).

Im Handbuch ist beschrieben, dass das Trudeln nur bei einer mittleren bis hinteren Schwerpunktlage funktioniert. Bei unseren Flügen hatten wir eine eher hintere Schwerpunktlage. D.h. wir müssen noch Erfahrungen sammeln, wie sich das bei vorderen Schwerpunktlagen verhält.

Aufgrund von Berichten, dass beim Trudeln die Abdeckklappen des Motors manchmal mit lautem Geräusch auf- und zuschlagen, haben wir sie bei den Flügen mit Klebeband abgeklebt. Dies wird auch für künftige Trudeleinweisungen ausdrücklich empfohlen. Es muss dann bei Flugplanung und -durchführung beachtet werden, dass der Motor nicht verwendbar ist.

2. Fluglehrer / Verantwortlicher Luftfahrzeugführer

Für Trudeln im Rahmen der Ausbildung ist eine Kunstflugberechtigung nicht erforderlich. Der durchführende Fluglehrer muss jedoch in das Trudeln mit dem Duo eingewiesen sein. Eine gewisse Übung in solchen Flugzuständen ist ebenfalls hilfreich.

Das Flugzeug wird bei diesen Flügen näher an den Betriebsgrenzen bewegt, als dies bei „normalen“ Segelflügen der Fall ist, und die Reaktionszeiten sind aufgrund der hohen Längsneigungen beim Ausleiten und der aerodynamischen Güte des Flugzeuges kurz. Umgangssprachlich: Die Kiste geht ab wie Schmidt's Katze, wenn man nicht aufpasst. Der Flugschüler soll aber auch Zeit und Möglichkeit haben, die Situation zu erkennen und zu reagieren. Das macht für uns Fluglehrer die Reaktionszeit noch kürzer.

3. Luftraum

Aufgrund des abgeklebten Motors ist die Durchführung im Flugplatzbereich sinnvoll. In unserem Fall ist das die TMZ und der Anflugbereich EDLP. Wir haben die Kunstflugbox nicht angemeldet, jedoch durch den Schlepp-Piloten das Vorhaben bei Langen Radar (125,225) zur Information mitgeteilt (F-Schlepp auf 5.000ft, Airwork im Bereich EDLR). Das Segelflugzeug hält das übliche Verfahren in der TMZ ein, d.h. Transponder auf 6102 und Hörbereitschaft auf 125,225.

4. Durchführung

a. Vorübungen

Langsamflug

Der Flieger verhält sich im Langsamflug bei ca. 80km/h unkritisch, und lässt sich mit kleinen Ruderausschlägen problemlos halten.

Bei weiterer Reduzierung der Geschwindigkeit deutliche Hinweise: Nase zeigt in den Himmel, Schütteln.

Im Sackflug bei voll gezogenem Höhenruder lässt sich der Flieger mit dem Seitenruder halten, d.h. kein eigenmächtiges Abkippen.

Nachlassen des Höhenruders beendet den überzogenen Flugzustand

Abkippen

Einleiten des Trudeln durch volles Höhenruder und volles Seitenruder. Gegenmaßnahmen unmittelbar nach dem Abkippen beenden den Flugzustand sofort, der Höhenverlust liegt dann bei ca. 50-80m. Es kann so demonstriert werden (natürlich macht man das in einigen 100m Sicherheitshöhe), dass bei einem Abkippen aus der Landekurve in 100m bei sofortigen Gegenmaßnahmen die Sache überlebbar ist.

Einfach Gegenseitenruder unmittelbar nach dem Abkippen beendete das Trudeln, der Flieger rollte in Richtung des Seitenruders zurück.

Beachte hier: Wenn die Längsneigung schon recht groß ist, und dadurch die Fahrt schon schnell zunimmt: Manövergeschwindigkeit gilt nur für ein voll ausgeschlagenes Ruder. Volles Seitenruder, Querruder und dann noch zum Abfangen Höhenruder bei Manövergeschwindigkeit bedeutet ein Überschreiten der Betriebsgrenzen.

b. Trudeln

Unsere Erfahrung aus vier Flügen ist, dass der Einleitvorgang wesentlich dafür ist, wie der Flieger trudelt. Die Schwerpunktlage wird ebenfalls einen erheblichen Einfluss haben.

Wird das Flugzeug relativ schlagartig überzogen, d.h. Reduzierung der Fahrt auf ca. 80km/h, dann ruckartiges volles Höhenruder und Seitenruder: Flugzeug kippt ab, Rotation beginnt, nach ca. ½ Umdrehung hebt sich die Rumpfnase etwas an (Längsneigung reduziert sich), jedoch noch steiler als 45°. Nach etwa 1 Umdrehung senkt sich die Rumpfnase wieder. Dabei liegt die Strömung wieder an, das Flugzeug beendet nach etwa 1 ¼ bis 1 ½ Umdrehungen den Trudelzustand selbständig. Die Längsneigung wird dabei sehr hoch. Das bedeutet eine heftige Fahrtzunahme, falls nicht umgehend reagiert wird:



- Ruder bleiben in Trudelstellung (volles Höhen- und Seitenruder): Übergang in den Spiralsturz, V_{ne} wird nach kurzer Zeit überschritten.
- Gegenmaßnahmen: Seitenruder neutral, Abfangen: Horizontale kann mit ca. 200 km/h erreicht werden. Der Höhenruderausschlag zum Abfangen ist dabei gefühlt nicht sehr groß, und es wurden bei den Versuchen ca. 4g erreicht. Es ist zu vermuten, dass bei heftigem, unkontrolliertem Ausschlag des Höhenruders oberhalb der Manövergeschwindigkeit auch G-Lasten oberhalb der zulässigen Grenzen sehr leicht erreicht werden.

Wird das Flugzeug langsam überzogen, und nach Erreichen des überzogenen Flugzustandes mit vollem Seitenruder in's Trudeln gebracht (kein Aufbäumen durch schlagartiges Höhenruder, kein „Hineinreißen“), konnte ein stationäres Trudeln erreicht werden. Die Längsneigung war dabei im Bereich 60° und änderte sich über ca. 3 Umdrehungen nicht wesentlich. Schwerpunktlage dürfte hier beim Verhalten sehr relevant sein. Ausleiten nach Handbuch ohne wesentliches Nachdrehen.

Der Höhenverlust dürfte je Umdrehung bei 80-100m liegen. Der Abfangbogen braucht auch locker 100m.

Die minimale Höhe zum Einleiten des Trudeln sollte daher nicht unter 700-800m liegen. Weitere Erfahrungen im Lauf der Zeit sollten hier einfließen. Zunächst lieber etwas mehr Reserve.

Faktoren die wir im Lauf der Zeit noch erfliegen sollten:

- Unterschiedliche Schwerpunktlagen. Grundsätzlich haben wir bisher die Tendenz beobachtet, dass mit zunehmender vorderer Schwerpunktlage das Flugzeug früher das Trudeln selbständig beendet. Das deckt sich mit den Angaben im Flughandbuch.
- Einfluss von Querruderausschlag in Trudelrichtung sowie gegen Trudelrichtung beim Einleiten und während der Trudelbewegung

c. Steilspirale

Zur Wiederholung: Die Steilspirale ist eine immer steiler werdende Kurve in einer immer weiter abwärts geneigten Flugbahn. Mit zunehmender Querneigung und Abwärtsbahn werden die Betriebsgrenzen des Flugzeuges sehr schnell erreicht. Das begrenzt die Zeit, die der Lehrer dem Schüler zum Erkennen der Situation und dem Einleiten von Gegenmaßnahmen geben kann.

Die Demonstration und Übung kann folgendermaßen erfolgen:

Fliegen einer Kurve mit zunehmender Querneigung. Um die Nase des Flugzeugs am Horizont zu halten, ist ein immer stärkerer Höhenruderausschlag erforderlich. Wenn das Höhenruder am Anschlag ist, senkt sich die Nase und das Flugzeug wird immer schneller.

Gegenmaßnahmen:

- Reduzierung der Querneigung durch Gegenquerruder
- Abfangen in Normallage

Beachte:

Manövergeschwindigkeit gilt immer nur für einen vollen Ruderausschlag. Werden mehrere Ruder gleichzeitig ausgeschlagen, z.B. wird zum Querruder also auch noch das Seitenruder und das Höhenruder ausgeschlagen, wird das Flugzeug nahe / über der Vne sehr schnell überlastet. Dann nicht wundern, wenn euch irgendwann das Leitwerk überholt.

5. Vorschlag

- Wir setzen den Duo in der Ausbildung für die Umfänge Trudeln / Steilspirale ein
- Die Fluglehrer müssen, bevor sie die Manöver mit dem Duo durchführen und schulen, eingewiesen werden. Die Einweisung ist obligatorisch, und kann durch einen Fluglehrerkollegen erfolgen, der seinerseits eingewiesen ist und bereits ausreichend Erfahrung hat.
- Um die Umfänge sinnvoll zu schulen, sind mindestens zwei Flüge mit jedem Schüler sinnvoll. Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Übungen in mindestens 1200 m GND begonnen werden.
- Ausreichende Höhe, oder Thermik vorausgesetzt, kann der Schulungsumfang auch mit einem Start abgedeckt werden. Es sollte dabei jedoch unbedingt der Lerneffekt im Vordergrund stehen. Wenn der Schüler durch Thermikfliegen bereits weichgekocht ist, kann auch kein Lerneffekt mehr erreicht werden.
- Theorie und Ablauf der Übungen müssen ZWINGEND VOR DEM FLUG im Detail gebriefft werden. Wenn während des Fluges Theorie erklärt, oder der Ablauf abgesprochen wird, geht viel Höhe verloren. Wenn der Schüler gar nicht weiß, was gerade passiert, ist die Übung wertlos.
 - Was machen wir
 - Reihenfolge der Übungen
 - Bei Bedarf Wiederholung der Theorie: Strömungsabriss, Trudeln, Steilspirale
 - Wie sieht das für den Schüler aus und was wird er fühlen
 - Ausleitverfahren
 - Das Drumherum: Luftraum, bei Bedarf Transponderschaltung und Funk, Absprachen mit Schlepp-Pilot, Luftraumbeobachtung...
 - Auch heute noch unerreicht für die Erklärung der Grundlagen ist der alte Trudelfilm aus den 1930er Jahren. Vielleicht ließe sich der im Theorieunterricht einbauen.
- Besonderes Augenmerk muss durch den Fluglehrer gelegt werden auf:
 - Zuladung und Schwerpunktlage. Das Einhalten der Limits gem. Flughandbuch und Beladeplan ist grundsätzlich zwingend, aber bei diesen Übungen ganz besonders.
 - Abdeckklappen des Motorkastens abkleben
 - Fremdkörperkontrolle, Seitentaschen leeren. Auch das Bordbuch sollte für eine solche Übung nicht dabei sein. Alles was im Cockpit rumfliegen kann, muss vor dem Flug aus dem Flieger fliegen.
 - Richtiges und festes Anschnallen. Die Definition „fest“ unterscheidet sich zwischen Streckenflug und Kunstflug erheblich. Für eine solche Übung ist die Definition Kunstflug maßgeblich.
- Sicherheit vor Kosten. Wenn ein Schüler es nach zwei Starts noch nicht kann, ist halt ein dritter erforderlich.
- Als untere Höhenbegrenzung für das Einleiten des stationären Trudeln sollen wir zunächst 700m festlegen. Dieser Wert sollten wir nach dem Sammeln weiterer Erfahrung überprüfen und ggf. anpassen.

- **Ablauf der Übungen**

1. Start:

- Langsamflug an der unteren Grenze des grünen Fahrtmesserbogens.
Ansprechen: Fahrtgeräusch, Ruderdruck, Horizontbild.
- Kurvenflug im Langsamflug
- Weiteres Verlangsamen bis kurz vor Strömungsabriss.
Ansprechen: Schütteln des Flugzeuges
- Weiteres Verlangsamen bis Strömungsabriss / Sackflug. Flugzeug mit Seitenruder halten
Ansprechen: Pumpbewegung, Rollbewegung
- Einleiten des Trudeln, min. 1 Umdrehung, nach Möglichkeit auch mehr.
Ansprechen: Rotation, Längsneigung, Fahrtmesseranzeige, Fahrtgeräusch
- Ausleiten gem. Handbuch. Falls das Trudeln selbständig endet, abfangen
- Demonstration Steilspirale: Kreis mit hoher Querneigung, Querneigung steigern $> 60^\circ$, steiler werdend, zunehmender Höhenruderausschlag, um die Nase oben zu halten.
Ansprechen: Zunehmende Fahrt, Fahrtgeräusch, zunehmender Sitzdruck (g-Last), Höhenruder wirkt nicht mehr als Höhenruder sondern zunehmend als Seitenruder.
- Beenden der Steilspirale: Reduzierung der Querneigung, Abfangen
- Abkippen mit sofortigen Gegenmaßnahmen
Ansprechen: Richtige Reaktion, Höhenverlust.
- Beachte: Sicherheitsmindesthöhe bei Ende der Übungen, ausreichen Höhe für sicheren Rückflug zum Flugplatz, der Motor ist immer noch abgeklebt.

2. Start:

- Schüler fliegt: Einleiten des Trudeln, min. 1 Umdrehung, nach Möglichkeit auch mehr.
- Ausleiten gem. Handbuch. Falls das Trudeln selbständig endet, abfangen.
Beachten und ansprechen: Reaktion des Schülers
- Falls ausreichend Höhe: Wiederholung
- Steilspirale: Kreis mit hoher Querneigung, Querneigung steigern $> 60^\circ$, steiler werdend, zunehmender Höhenruderausschlag, um die Nase oben zu halten.
- Beenden der Steilspirale: Reduzierung der Querneigung, Abfangen
- Abkipppübungen Abkippen mit sofortigen Gegenmaßnahmen
- Beachte: Sicherheitsmindesthöhe bei Ende der Übungen, ausreichen Höhe für sicheren Rückflug zum Flugplatz, der Motor ist immer noch abgeklebt