

Flugbetrieb

Flugsicherheitsfilm Trudeln

„Seitenruder dagegen, Knüppel normal!“

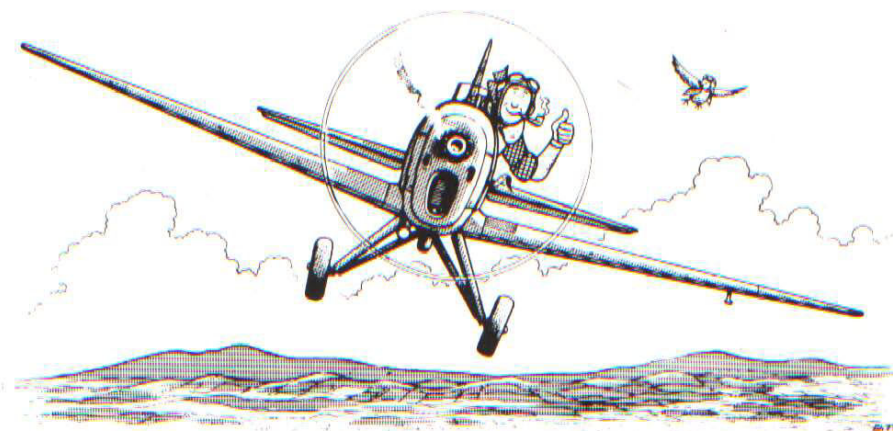
Braunschweig, den 20. 11. 1978
LBA III 3 – 985.1/78

Jedes 10. Flugzeug, das in der Bundesrepublik Deutschland die Versicherungen beschäftigt, ist durch Abschmieren, beim Langsamflug, Steilspirale oder schließlich Trudeln zu Schaden gekommen. Grund genug, diesem Gefahrenbereich einen Flugsicherheitsfilm zu widmen. Er ist mit dem Titel

„Seitenruder dagegen, Knüppel normal!“

jetzt fertiggestellt.

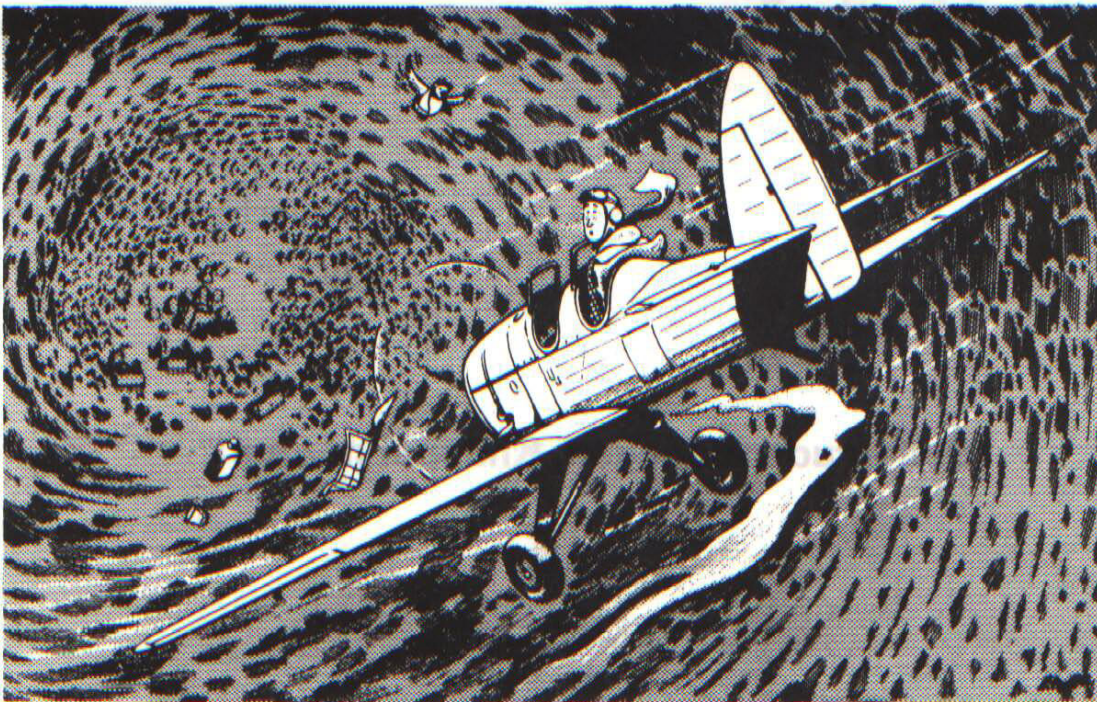
Die vorliegende fsm gibt Anmerkungen zu diesem Film in Form eines erdachten Interviews, zwischen den Gesprächspartnern „Flugsicherheitsfilm“ (FF) und „Flugsicherheitsmitteilung“ (fsm).



Herausgeber: Luftfahrt-Bundesamt, Flughafen, 3300 Braunschweig
in Zusammenarbeit mit der Flugabteilung der DFVLR Braunschweig

Herstellung: Fa. Hessdruck Braunschweig

Nachforderungen mit ausreichend frankiertem und adressiertem Umschlag richten an:
DAeC Wirtschaftsdienst GmbH, Lyoner Str. 16, 6000 Frankfurt/M.-Niederrad



fsm: Der Flugsicherheitsfilm „Seitenruder dagegen, Knüppel normal!“ liegt jetzt vor. Können Sie uns noch einmal erklären, was mit einem Flugsicherheitsfilm bezweckt werden soll?

FF: Filme aus der Reihe Flugsicherheit behandeln spezielle Sicherheitsprobleme aus dem Bereich der Luftfahrt. Durch die Art der Problemaufbereitung und der im Film angebotenen Lösungsmöglichkeiten soll der angesprochene Personenkreis aus der Luftfahrt zu höherem Problem- und Sicherheitsbewußtsein gebracht werden.

fsm: Kann man Flugsicherheitsfilme als Lehrfilme bezeichnen?

FF: Nein. Lehrfilme benötigen einen ganz anderen methodischen Aufbau, und auch der Inhalt müßte viel mehr auf die Ausbildung abgestimmt sein. Wir bemühen uns, die Lösung des angesprochenen Flugsicherheitsproblems anzubieten, die uns als beste bekannt ist. Trotzdem werden nicht alle Fragen beantwortet. Somit wird ein Flugsicherheitsfilm Anlaß zu einer tiefergehenden, fruchtbaren Diskussion geben. Selbstverständlich ist er auch dazu geeignet, den angehenden Luftfahrern bei der Ausbildung gezeigt zu werden, als Ergänzung, als Beispiel, zur Verdeutlichung.

fsm: In Flugsicherheitsfilmen finden sich immer wieder ausgesprochen schöne Flugaufnah-

men. Verdecken diese schönen Passagen nicht die beabsichtigte Information?

FF: Wir wollen niemanden abschrecken. Fliegen ist schön. Ungetrübter Fluggenuß stellt sich aber erst bei der Paarung Schönheit und Sicherheit ein. Deshalb unterstreichen wir beide Aspekte in unseren Filmen. Folgende „optimale“ Vorfühweise hat sich besonders bewährt:

1. Erste Betrachtung des Filmes.
2. Diskussion über das Thema und den fachlichen Inhalt des Filmes.
3. Wiederholung des Filmes.

Dieses Vorgehen bringt nicht nur die Informationen zutage, die durch die „Schönheit“ des Filmes überdeckt werden, sondern führt auch zu einem erhöhten Problembewußtsein.

fsm: Wenden wir uns jetzt dem vorliegenden Film zu. Er befaßt sich weitgehend mit dem Flugsicherheitsproblem Trudeln. Weshalb haben Sie dieses Thema gewählt?

FF: Ungefähr 10 % aller Luftfahrzeugunfälle geschehen infolge einer Unterschreitung der Mindestfluggeschwindigkeit. Trudeln ist der gefährlichste Flugzustand, der sich aus einem unbeabsichtigten Zulangsamfliegen

ergeben kann. Ein Luftfahrer muß besondere Kenntnisse haben, um ein trudelndes Flugzeug wieder in die normale Fluglage zu bringen. Deshalb haben wir dem Trudeln einen Flugsicherheitsfilm gewidmet. Die vorbeugenden Empfehlungen sind darüber hinaus grundsätzlich geeignet, Langsamflug und dessen Folgen zu vermeiden.

fsm: Können Sie uns kurz erklären, was Trudeln überhaupt ist?

FF: Trudeln ist ein stabiler Autorotationsflugzustand mit hoher Sinkgeschwindigkeit, bei dem die Drehachse nur ca. 1/2 Spannweite

fsm: Wie entsteht diese tückische Drehkraft am Flugzeug?

FF: Wenden wir uns dazu Bild 1 zu. Wir sehen oben einen Profilschnitt des Tragflügels, der dem Drehpunkt abgewandt ist. Die resultierende Anströmung v_{res} setzt sich aus der Sinkgeschwindigkeit v_{sink} und dem Geschwindigkeitsanteil aus der Rotation v_{rot} zusammen. Durch den relativ hohen Anstellwinkel ist die Luftströmung teilweise abgerissen – der Abrißpunkt liegt hier bei*, aber wegen der ebenso teilweise noch anliegenden Strömung ist der Auftriebsteil A immer noch größer als der Widerstandsteil W. Deshalb ist die aus A und W zusammengesetzte

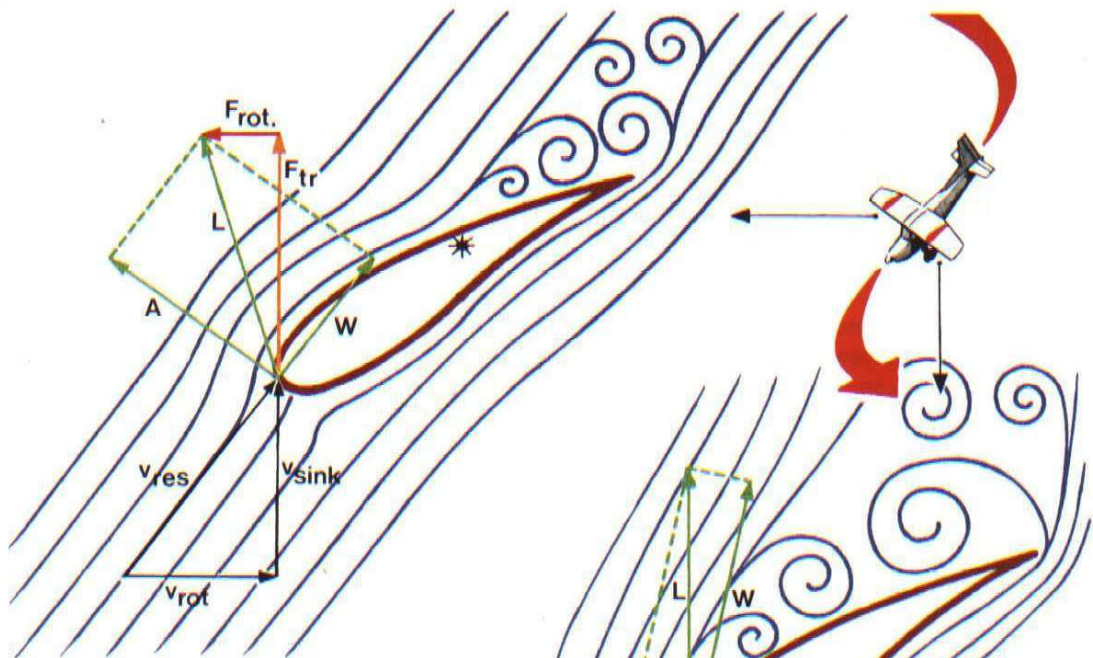


Bild Nr. 1 Trudelzustand

vom Schwerpunkt entfernt liegt. Dabei ist die Strömung über den tragenden Flächen weitgehend abgelöst.

fsm: Stabiler Autorotationsflugzustand?

FF: Autorotation, also „Selbstdrehung“ deshalb, weil ein trudelndes Flugzeug die Drehung ohne entsprechende Gegenmaßnahme unverändert bis zum Aufschlag fortsetzen würde. Stabil deshalb, weil auch kleinere Störungen oder Ruderbewegungen, speziell des Quer- und Höhenruders, das Trudeln nicht beenden. Trudeln erfordert also ein gezieltes Eingreifen des Luftfahrzeugführers, um beendet zu werden.

Luftkraft L nach vorne geneigt. Die Luftkraft läßt sich wiederum in einen Kraftanteil zerlegen, der das Flugzeug trägt (F_{tr}), und einen Anteil F_{rot} , der auf den Flügeln eine ziehende Wirkung hat. Auf dem unteren Bildteil hin-

gegen, finden wir einen Profilschnitt des Flügels, der dem Drehpunkt zugewandt ist. Die Sinkgeschwindigkeit ist genau so groß wie bei dem außenliegenden Flügel. Aufgrund des kleineren Drehradius aber ist der Anteil der Rotationsgeschwindigkeit erheblich kleiner, so daß die resultierende Anströmrichtung den Flügel unter einem erheblich größeren Anstellwinkel trifft. Deshalb ist die Strömung an der Oberfläche vollkommen abgerissen – Ablösepunkt bei α^* . Die resultierende Luftkraft L ist kaum geneigt. Es entsteht keine Zugkraft am inneren Flügel.

Da also nur am außenliegenden Flügel eine Zugkraft F_{rot} vorhanden ist, dreht das Flugzeug immer weiter. Die Rotationskraft F_{rot} ist dabei genau so groß, wie die richtungsstabilisierende Kraft des Seitenleitwerks. Es ist erkennbar, daß zum Beenden des Trudeln zuerst eine Kraft notwendig ist, welche die Rotation stoppt. Danach muß die Strömung an beiden Flügeln wieder zum Anliegen gebracht werden. Also: Seitenruder dagegen, Knüppel normal!

fsm: Der Trudelzustand ist demnach durch eine schnelle Drehbewegung und durch Strömungsabriss an der Tragfläche gekennzeichnet. Wie kann es dazu kommen?

FF: Die Stationen, die zum Trudeln führen, sind im Prinzip immer die gleichen:

- Vergößerung des Anstellwinkels,
- Fahrtabnahme,
- Langsamflug/Sackflugbereich,
- Abkippen mit Drehung,
- Trudeln!

fsm: Sind gewisse Flugphasen besonders „trudelanfällig“?

FF: Immer dann, wenn die Aufmerksamkeit des Luftfahrzeugführers bei zu langsamem Kurvenflug abgelenkt ist, besteht erhöhte Trudelgefahr. Hierfür gibt es zwei markante Situationen. Als erstes die „Besucherkurve“. Der Luftfahrer möchte diejenigen, denen er am Boden imponieren will, möglichst im Auge behalten. Er fliegt deswegen langsam, kurvt eng und sieht nach draußen. Er bemerkt nicht, wie die Geschwindigkeit immer weiter abnimmt und die Situation immer kritischer wird. Plötzlich kippt das Flugzeug ab – gerät ins Trudeln – aus.
Die zweite charakteristische Situation ist die Kurve zum Eindrehen ins Endteil.

Die Fahrt ist schon reduziert, der Luftfahrer sieht im Queranflug gebannt nach draußen, um im richtigen Moment einzudrehen. Dabei bemerkt er nicht den weiteren Fahrtabbau. Bei starkem Wind wird die Gefahr noch größer. Steuert er jetzt in die Kurve, ist die Geschwindigkeit in diesem Falle bereits viel zu gering (siehe im Flughandbuch im Kapitel „Leistungen“ die Überziehgeschwindigkeiten bei Querneigung). Die Strömung reißt ab – Abkippen mit Drehung – Trudeln – aus.

fsm: Ist der Kurvenflug immer eine notwendige Voraussetzung für Trudeln?

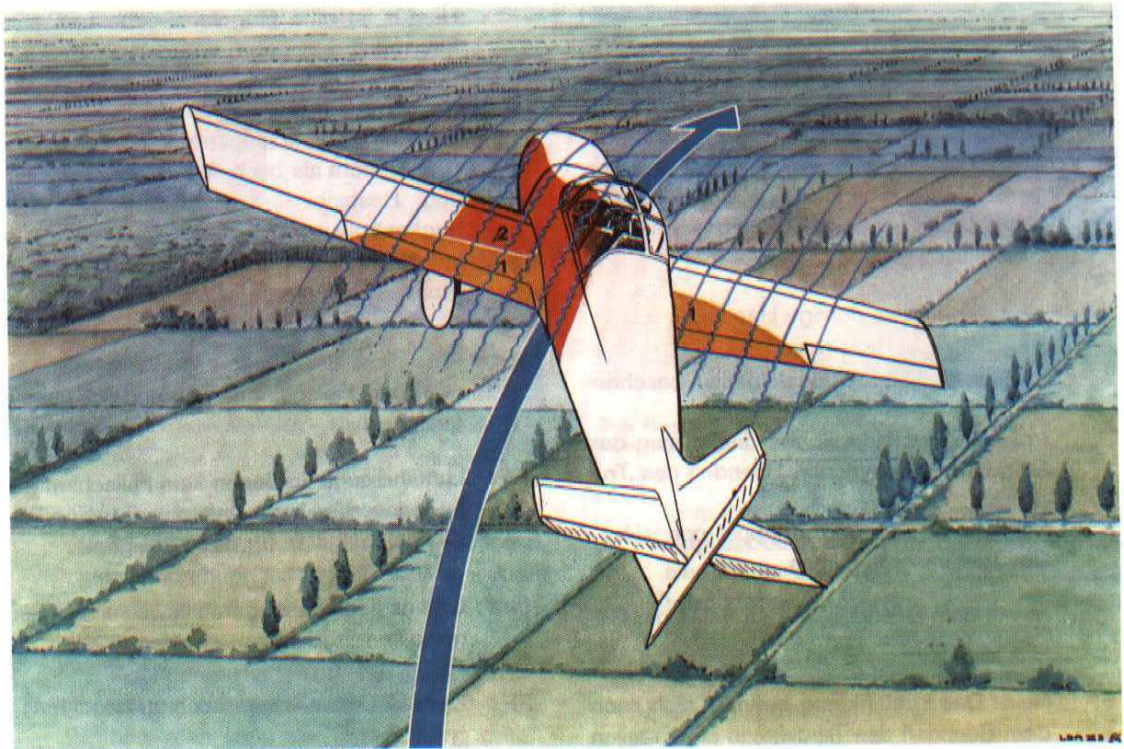
FF: Nein, auch folgende Situation ist denkbar: Endanflug mit sehr geringer Geschwindigkeit.

Eine kleine Windstörung verursacht eine leichte Rollbewegung des Flugzeuges. Der Luftfahrer reagiert erschreckt und steuert mit kräftigem Querruderausschlag dagegen. Das nach unten ausgeschlagene Querruder erhöht den effektiven Anstellwinkel des nach unten gehenden Tragflügels soweit, daß die Strömung abreißt. Die Rollbewegung wird dadurch sehr verstärkt, eine leichte Drehbewegung um die Hochachse folgt automatisch – das Flugzeug trudelt. Deshalb sollte der Endanflug niemals langsamer als im Flughandbuch angegeben durchgeführt werden, und im letzten Teil sollten die Querruder möglichst nicht mehr gebraucht werden.

fsm: In Ihrem Film warnen Sie besonders vor dem Schiebeflug.

FF: Beim Langsamflug ist der Schiebezustand noch kritischer als Böeneinfluß. Sehen wir uns Bild Nr. 2 an. Es zeigt einen Tiefdecker im langsamen Kurvenflug.

Durch den hohen Anstellwinkel ist in den Bereichen 1 die Strömung bereits abgerissen. Das Flugzeug fliegt also an der Grenze der Überziehgeschwindigkeit. Wird das Luftfahrzeug jetzt zum „Schieben“ gebracht (man beachte das Seitenruder), befindet sich ein Teil des außenliegenden Tragflügels im „aerodynamischen Rumpfschatten“. Das führt im Bereich 2 zu zusätzlicher Ablösung der Strömung. Die unsymmetrische Auftriebsverteilung läßt das Flugzeug jetzt nach außen rollen. Dadurch wird der effektive Anstellwinkel des äußeren Flügels noch weiter vergrößert, die gesamte Strömung reißt hier ab, was die Rollbewegung noch verstärkt. Das Flugzeug kippt drehend ab, das ausgeschla-



Langsamer Kurvenflug mit hohem Anstellwinkel im Schiebezustand

1: Ablösebereich durch hohen Anstellwinkel

2: Zusätzlicher Ablösebereich durch „aerodynamischen Rumpfschatten“

gene Seitenruder verstärkt diese Tendenz – das Flugzeug trudelt.

fsm: Sind Mittel- und Hochdecker für die Gefahren des Schiebezustandes weniger empfindlich?

FF: Durch den hohen Anstellwinkel beim Langsamflug wird auch die Oberseite von Hochdeckern mit verwirbelter Luft aus dem Rumpfschatten beaufschlagt. Beim Schieben entsteht auch hier eine unsymmetrische Ablösetendenz, die das Luftfahrzeug beim Überziehen rollen läßt.

fsm: Tritt die gefährliche Rollbewegung beim Abkippen nur im Kurvenflug und im Schiebezustand auf?

FF: Eigentlich sollten Flugzeuge beim Überziehen im Geradeausflug auch nur gerade nach unten kippen. Die Beanspruchung des Flugbetriebes bringen es aber mit sich, daß sich beispielsweise die Zelle des Luftfahrzeuges leicht verzieht. Beim älteren Fluggerät muß man deshalb auch beim Überziehen aus dem Geradeausflug mit einer Roll- und Wendetendenz rechnen.

fsm: Am Anfang sprachen Sie davon, daß Trudeln das gefährlichste Resultat aus einer unbeabsichtigten Unterschreitung der Mindestfluggeschwindigkeit ist. Können Sie uns das näher erklären?

FF: Drei Aspekte sind es, die Trudeln so gefährlich machen. Als erstes die überraschenden und ungewöhnlichen Eindrücke, die auf den Luftfahrer einstürzen. Als zweites die hohe Sinkgeschwindigkeit beim Trudeln. Und drittens, daß Trudeln nur durch ein spezielles Steuermanöver zu beenden ist.

Die Gefahr des ersten Aspektes liegt hauptsächlich in der Unerfahrenheit des Luftfahrers. Wer hat denn schon vorher einmal getrudelt? Zuerst kommt der Schreck darüber, daß sich Unbekanntes tut. Das Flugzeug macht eine merkwürdige Bewegung, die Instrumente zeigen widersinnige Werte. Ungewohnte Beschleunigungen und Fluglagen sowie große Drehgeschwindigkeiten können zum Verlust der Orientierung führen. Wegen der schnellen Drehung tritt bei Kopfbewegung auch noch räumliche Disorientierung ein. Der Augeneindruck und das Raumgefühl vermitteln widersprüchliche Raumlageeindrücke. Wer sich jetzt nicht zu überlegtem Handeln zwingt, kann leicht

in Panik geraten. Bekannterweise verhindert Panik schnelles, zielgerichtetes Handeln. Gerade das ist aber bei der hohen Sinkgeschwindigkeit im Trudeln unbedingt nötig. Kleine Reiseflugzeuge trudeln mit ca. einer vollen Umdrehung pro Sekunde und verlieren hierbei oft mehr als 300 ft Höhe, also ca. 100 m. Deshalb heißt es jetzt schnell und richtig handeln.

fsm: Und was ist das richtige Handeln?

FF: Das ist im Flughandbuch genau beschrieben.

In vielen Flughandbüchern findet man das Standardverfahren zum Beenden des Trudeln:

Seitenruder dagegen, Knüppel normal!
Der Titel unseres Filmes.

fsm: Ist mit dem Beenden des Trudeln die Gefahr gebannt?

FF: Nein! Das Luftfahrzeug befindet sich nach dem Beenden des Trudeln in einer steilen Sturzfluglage und beschleunigt sehr schnell. Jetzt heißt es zügig aber bestimmt abfangen, damit die zulässige Höchstgeschwindigkeit oder das maximal zulässige Lastvielfache nicht überschritten wird. Man muß damit rechnen, daß hierbei weitere 300 ft an Höhe verloren gehen!

fsm: Ihre Ausführungen lassen den Schluß zu, daß es für alle Luftfahrer sinnvoll erscheint, sich das Trudeln einmal demonstrieren zu lassen.

Welche Voraussetzungen sind dafür notwendig?

FF: Gewolltes Trudeln ist eine Kunstflugfigur. Deshalb sind alle Sicherheitsvorkehrungen zu treffen, die auch für Kunstflug notwendig sind. Der verantwortliche Luftfahrzeugführer muß eine Kunstflugberechtigung vorweisen können und sollte für die Trudeldemonstration hinreichend erfahren sein. Im Flughandbuch des Luftfahrzeuges muß Trudeln als zulässige Kunstflugfigur aufgeführt sein.

§ 8 der Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) verlangt Sichtflugwetterbedingungen und verbietet Kunstflug in Höhen unter 400 m (1330 ft) sowie über Städten, anderen dicht besiedelten Gebieten, Menschenansammlungen und Flughäfen. Aufgrund der vertikalen Ausdehnung einer Trudeldemonstration in Verbindung mit der Höhenforderung wird dieser Kunstflug zumindest teilweise im kontrollierten Luftraum vonstatten gehen.

Hierfür ist eine Flugplanabgabe und eine Flugverkehrsfreigabe erforderlich (§§ 25/26 LuftVO).

Beim Trudeln, wie beim anderen Kunstflug, wird die Luftfahrzeugzelle erheblich höher beansprucht als bei einem normalen Reiseflug. Deshalb sind sehr gründliche Vorflugkontrollen notwendig und es hat sich längst als richtig erwiesen, beim Kunstflug grundsätzlich einen Fallschirm zu tragen.

fsm: Aber nicht alle Luftfahrzeuge sind zum Tragen eines Fallschirmes während des Fluges geeignet!

FF: Luftfahrzeuge, in denen kein Fallschirm getragen werden kann, halten wir für eine Trudeldemonstration für nicht geeignet!

fsm: Gibt es noch besondere Hinweise, die beim gewollten Trudeln zu beachten sind?

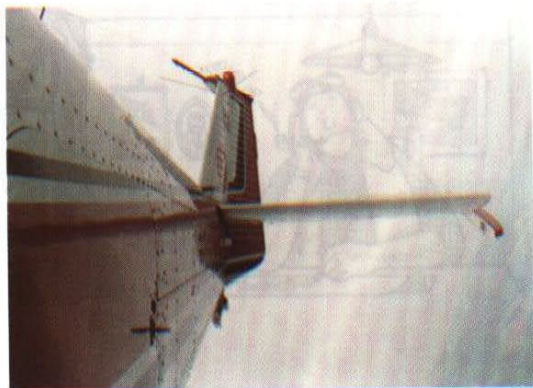
FF: Zwei Hinweise wären noch zu beachten:

1. Die Trudeleigenschaften von Flugzeugen, Segelflugzeugen und Motorseglern werden bei der Musterprüfung genau festgestellt. Dabei muß nachgewiesen werden, daß das Trudeln mit den üblichen Steuerbewegungen beendet werden kann (§ 23.221 FAR Part 23; §§ 2511/2513 LFSM). Allerdings brauchen die Luftfahrzeuge bei dieser Prüfung nur eine gewisse Anzahl von Umdrehungen im Trudelzustand zu verbleiben, bevor das Beenden eingeleitet wird. Es ist nicht sicher gestellt, daß die gutmütigen Eigenschaften des Luftfahrzeuges bei weiteren Trudelumdrehungen erhalten bleiben! Deshalb sollte das Trudeln nach höchstens 3 Umdrehungen beendet werden.
2. Selbst bei genauer Einhaltung des richtigen Verfahrens zur Ausleitung aus dem Trudeln, kann das Luftfahrzeug noch bis zu 1½ Umdrehungen nachdrehen! Der sich daraus ergebende zusätzliche Höhenverlust ist unbedingt zu beachten. Deshalb nur in sicherer Höhe trudeln!

fsm: Und wie soll sich ein Luftfahrer verhalten, der ungewollt ins Trudeln gerät?

FF: Sofort das richtige Ausleitmanöver durchführen!

Das muß natürlich bekannt sein. Es steht im Flughandbuch. Im Zweifelsfall: Seitenruder voll gegen die Drehrichtung, Knüppel normal! Wer schnell genug reagiert, kann



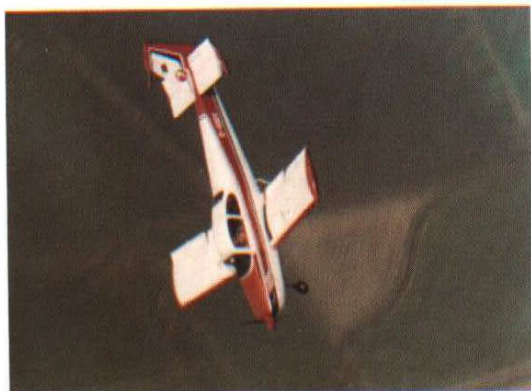
Die Demonstration kann beginnen – Einleiten des Trudelns

das Trudeln schon im Ansatz verhindern. Das Luftfahrzeug wird dann noch nicht mal eine Umdrehung machen. Trudelt es jedoch bereits, dann

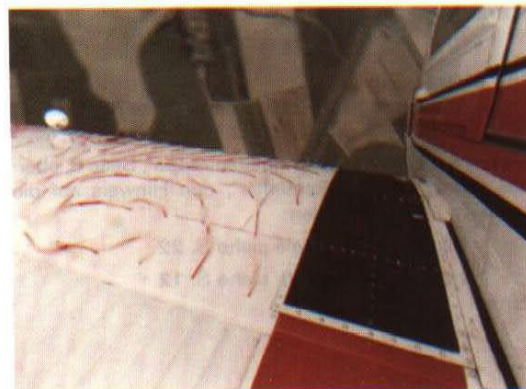
- Ruhe bewahren
- Kopf gerade halten und nur die Augen bewegen, nicht gebannt nach draußen sehen, man kann die Drehrichtung durch die vorbeihuschende Landschaft kaum feststellen.
- Nur der Wendeweiszeiger zeigt die Drehrichtung an.
- Sofort Seitenruder voll gegen die Drehrichtung, Knüppel nach vorn in Neutralstellung!
Auf keinen Fall Gegenquerruder geben!
- Abwarten. Es ist nachgewiesen, daß mit den angegebenen Manövern das Trudeln beendet wird!
- Nach Beenden der Drehung sofort alle Ruder neutral. Luftfahrzeug bestimmt, aber nicht zu grob, abfangen. Sichere Höhe aufsuchen! Beruhigen!

fsm: Gibt es eine Methode, wie man Trudeln auf jeden Fall verhindern kann?

FF: Ja. Indem man immer die richtige Fahrt hält. Dazu sind die Hinweisschilder, die Mar-



So nicht! Seitenruder dagegen – Knüppel normal wäre richtig.



Das Flugzeug trudelt (Sturzfluglage, abgerissene Flügelströmung, durch die schnelle Drehung verwischter Untergrund)

kierungen auf dem Fahrtmesser und das Flughandbuch genau zu beachten. Kurven sind immer schiebefrei zu fliegen. Das gilt besonders in Bodennähe, wo die notwendige Höhe zum Ausleiten aus dem Trudeln fehlt.

fsm: Gibt es für die „richtige Geschwindigkeit“ einen allgemeinen Anhalt?

FF: Ich möchte hier die Flugsicherheitsmitteilung 3/78 zitieren:

„Gefährliche Langsamflugzustände vermeiden, wer mit Reise- und Startleistung schneller fliegt als mit der Geschwindigkeit des besten Steigens und wer sonst über der Geschwindigkeit des besten Gleitwinkels bleibt.“

Zusätzlich aber noch einmal die Empfehlung:

Anfluggeschwindigkeiten und Kurvenfluggeschwindigkeiten aus dem Flughandbuch unbedingt einhalten!

fsm: Ich danke für das Interview.

FF: Und ich wünsche allzeit guten Flug.

Hinweis: Die Luftbildfreigabe für den o. a. Film erfolgte unter Nr. 4598/78 durch das Luftamt Hamburg.



Trudeln aus der Sicht der Leitwerkskamera.

Korrektur

Betr.: fsm 5/78

„Psychologische und pädagogische Aspekte zur Sicherheit im privaten Luftverkehr“

Ändern Sie bitte in „Die Prioritätentreppe“, Seite 8, oberster Absatz unter „Kommentar“, den Hinweis auf die Beispiele folgendermaßen:

falsch: Beispiele siehe S. 22

richtig: Beispiele siehe S. 12

Danke!

