

## Leitfaden für die Trudelausbildung im BWLV

### Vorwort

Im Baden-Württembergischen Luftfahrtverband ereigneten sich in den letzten Jahren mehrere tödliche Abkipf- und Trudelunfälle. Nach der Analyse der derzeitigen Trudelausbildung (siehe Adler Januar 2026) wurde ich angefragt, ob es für Fluglehrer eine Art Handbuch für die Trudelausbildung gäbe. Daraufhin beschloss ich, einen Leitfaden für Segelfluglehrer für die praktische Trudelausbildung zu erstellen und diesen nach Fertigstellung auch allen anderen interessierten Landesverbänden zur Verfügung zu stellen.

Der Leitfaden beschreibt nicht nur eine sinnvolle Vorgehensweise bei der Trudelausbildung, sondern beinhaltet auch Kurzdarstellungen über die Besonderheiten einiger Ausbildungssegelflugzeuge. Zusätzlich wird und wurde informelles Videomaterial erstellt, das ebenfalls zum Download bereitgestellt wird. Dieser Leitfaden und die zugehörigen Kurzfilme werden über die Webseite „Segelfliegen Grundausbildung – Aerobatic – Unterrichtsmaterial Theorie Aerobatic“ ["Trudeln" für FI\(S\) und FI\(S\)Aerobatic](#), sowie über die jeweiligen Landesverbände zum Download kostenfrei bereitgestellt.

An dieser Stelle danke ich den Segelflugzeugherstellern für ihre bereitwilligen Auskünfte und besonders Thomas Drescher und Helmut Müller (beide BWLV) für ihre unermüdlichen Anpassungen und Verbesserungsvorschläge des Leitfadens. Ebenso bedanke ich mich bei vielen Segelflug- und Segelkunstfluglehrern aus ganz Deutschland für die Unterstützung mit Filmmaterial, Rat und Tat sowie wichtigen Informationen zu den einzelnen Ausbildungsdoppelsitzern. Sie alle hier namentlich zu nennen würde zu weit führen.

### Gender Erklärung

Zur besseren Lesbarkeit werden in diesem Leitfaden personenbezogene Bezeichnungen, die sich zugleich auf Frauen und Männer beziehen können, ab hier generell nur in der männlichen Form angeführt, also z.B. „Segelfluglehrer“ statt „Segelfluglehrerinnen und Segelfluglehrer“. Dies soll jedoch keinesfalls eine Geschlechterdiskriminierung oder eine Verletzung des Gleichheitsgrundsatzes zum Ausdruck bringen.

Eppingen im März 2026



Georg (Schorsch) Dörder

# Leitfaden für die Trudelausbildung

(Stand März 2026) [Downloadlink](#)

AMC2 SFCL.130 (c)(5) Exercise 10: Trudeln und Steilspiralen erkennen und vermeiden

- (i) Sicherheitskontrollen;
- (ii) Strömungsabriss und Wiederherstellung der Normalfluglage aus einem beginnenden Trudeln (Strömungsabriss mit unkontrolliertem einseitigem Abkippen auf etwa 45° und dem damit verbundenem Gieren);
- (iii) Erkennen der beginnenden Trudelbewegung;
- (iv) Erkennen des stationären Trudeln;
- (v) Standardverfahren zum Ausleiten des Trudeln;
- (vi) Ablenkung durch den Segelflugehrer vor dem Strömungsabriss;
- (vii) Erkennen der Steilspirale;
- (viii) Beenden der Steilspirale; und
- (ix) Unterscheidung zwischen Trudeln und Steilspirale.

***Dieser Leitfaden ist weder eine Vorschrift noch eine rechtsverbindliche Vorgabe, sondern soll lediglich dazu dienen, die Trudelausbildung effektiver zu gestalten.***

Die Kenntnisse zum Trudeln sind ein elementarer Teil der Flugausbildung zum Segelflieger. Hintergrund ist, dass sich Segelflieger weit öfters in niedrigen Geschwindigkeitsbereichen bewegen, als z.B. Motorflieger oder UL-Piloten. Sei es beim Thermikfliegen, Fliegen in der Welle, aber auch beim Anflug zum Außenlandeacker. Hinzu kommt, dass bei niedrig geflogenen Kurven das Phänomen des „steigenden Horizonts“ zum langsamen Fliegen verleitet.

**Die zum Teil verbreitete Ansicht, dass Segelflugzeuge mit Winglets nicht trudeln, ist ein Märchen. Winglets erhöhen zwar die Seitenstabilität, aber durch Winglets setzen die Warnzeichen des bevorstehenden Strömungsabrisse (unruhig werden, taumeln) oft später ein, sie können sogar das Gefühl vermitteln, dass wesentlich langsamer geflogen werden kann. Daher kommt der Strömungsabriss oft schlagartig und überraschend.**

Die Trudelausbildung erfolgt nach der „AMC2 SFCL.130 (c)(5) Exercise 10: Trudeln und Steilspiralen erkennen und vermeiden“.

Die Übungen sind schrittweise aufgebaut (Punkte i bis ix) und können auch nahezu in etwa dieser Reihenfolge durchgeführt werden. Ein einziger Ausbildungsflug zum Trudeln ist zu wenig, einige diese Punkte können jedoch schon bei Flügen vor dem eigentlichen Trudeln abgearbeitet werden, sodass für die „echte Trudelei“ mit zwei Flügen aus größerer Höhe (mind. 1000 m AGL) zu rechnen ist; ein weiterer Flug, ebenfalls aus entsprechender Höhe, kommt für die „Steilspirale“ hinzu.

**Allerdings können je nach Flugzeugtyp und Beladung Trudelübungen in eine beginnende Steilspirale umschlagen. Daher empfehlen wir, die Übungen „Steilspirale“ (vii - Erkennen der Steilspirale und viii - Beenden der Steilspirale) vor den eigentlichen Trudelübungen durchzuführen. Der Punkt „Sicherheitsbestimmungen“ ist auf die Übungen Steilspirale ebenso anzuwenden.**

Um künftig Flugunfälle, die aus einem (einseitigen) Strömungsabriss entstehen können, zu vermeiden, ist es wichtig, die einzelnen Punkte sorgfältig abzuarbeiten. Nicht nur jeder Segelflugschüler innerhalb der Ausbildung, sondern jeder aktive Segelflieger sollte sich von Zeit zu Zeit die angesprochenen Themen in Theorie und Praxis verinnerlichen.

Wir versuchen hier zu jedem Punkt Anregungen und Beispiele zu geben; ebenso stellen wir geeignetes Filmmaterial zur Verfügung. Das Hauptmerkmal der „Trudelausbildung“ sollte auf der Trudelvermeidung liegen; allerdings kann ein unbeabsichtigtes Trudeln nur beendet werden, wenn es vorher erlebt wurde. Jeder Segelflieger muss im Rahmen seiner Flugsicherheit wissen, wie sich Trudeln anfühlt, wie es aussieht und wie es beendet wird.

Die Trudel/Steilspiralausbildung ist nach den Übungen „Langsamflug (Exercise 9a)“ und „Strömungsabriss (Exercise 9b)“ durchzuführen. Einige Punkte der Übung 10 werden hierbei bereits erfüllt.

## Das Trudeln kann in vier Phasen unterteilt werden:

### 1. Eintrittsphase (Entry Phase)

In der Eintrittsphase liefert der Pilot – gewollt oder ungewollt - die notwendigen Elemente für das Trudeln. Das Verfahren zur Demonstration eines Trudeln ähnelt dem eines Strömungsabrisses. Während sich das Flugzeug dem Strömungsabriss nähert, wird das Seitenruder in die Richtung der gewünschten Trudeldrehung gegeben und gleichzeitig das Höhenruder bis zum Anschlag gezogen. Die Querruder werden während des Trudeln immer in der neutralen Position gehalten, es sei denn, das Flughandbuch gibt etwas anderes vor.

### 2. Anfangsphase (Incipient Phase)

Die Anfangsphase liegt zwischen dem Zeitpunkt vom Beginn der Drehung um die Hochachse und der stabilen Drehung (Rotation), also bis sich das Trudeln voll entwickelt hat.

Diese Veränderung kann bei den meisten Flugzeugen bis zu zwei Umdrehungen dauern. Das Trudeln in der Anfangsphase, das sich noch nicht zu einem stabilen Zustand entwickelt hat, wird am häufigsten bei der Einführungsschulung in das Trudeln und dem Ausleitverfahren gezeigt und durchgeführt. In dieser Phase sind die aerodynamischen Kräfte und Trägheitskräfte noch nicht im Gleichgewicht.

Während sich das beginnende Trudeln entwickelt, sollte die angezeigte Fluggeschwindigkeit nahe oder unter der Überziehggeschwindigkeit liegen. Das Verfahren zum Beenden des beginnenden Trudeln sollte vor Abschluss der Drehung um 360° eingeleitet werden. Der Pilot sollte das volle Seitenruder entgegen der Drehrichtung betätigen.

### 3. Entwickelte Phase (Developed Phase)

Die entwickelte Phase tritt ein, wenn die Winkelgeschwindigkeit, Fluggeschwindigkeit und Vertikalgeschwindigkeit in einer nahezu vertikalen Flugbahn stabilisiert sind. Das ist der Fall, wenn die aerodynamischen Kräfte und Trägheitskräfte des Segelflugzeugs im Gleichgewicht sind und die Fluglage, Winkel und sich selbst erhaltende Bewegungen um die vertikale Achse konstant sind (Autorotation) oder sich wiederholen (pendelnde Autorotation). Das Trudeln befindet sich damit im Gleichgewicht.

### 4. Rückführungsphase, Beenden (Recovery Phase)

Das Beenden tritt ein, wenn der Anstellwinkel der Tragflächen unter den kritischen Anstellwinkel fällt und die Autorotation verlangsamt. Dann fällt die Nase unter die Trudellage (Nicklage), das Segelflugzeug wird steil und die Rotation stoppt. Diese Phase kann eine Vierteldrehung bis zu mehreren Umdrehungen dauern.

Zum Beenden werden die Steuereingaben eingeleitet, die die Autorotation beenden, indem Drehung und Strömungsabriss gestoppt werden. Um das zu erreichen, sollte das vom Hersteller empfohlene Verfahren befolgt werden.

## Sicherheitskontrollen

Hierzu zählen wir die theoretische Trudelausbildung, das Verinnerlichen des jeweiligen Flughandbuchs, die intensive Flugvorbereitung, den täglichen Vorflugcheck, den Startcheck und den Check vor Beginn der Übung. Hinzu kommt die Nachbesprechung (debriefing).

Für die theoretische Ausbildung empfehlen wir unter anderem die Präsentation aus der Theorie zum SPL (Segelfliegengrundausbildung [Trudeln - was ist das?](https://youtu.be/sFmpgjyyhQk)) den uralten Lehrfilm „Trudeln-was geht hier vor?“ (<https://youtu.be/sFmpgjyyhQk>) und die Lehrfilme der KFAO „... und plötzlich dreht sich alles“ (<https://youtu.be/1UQhKjVdAio>) sowie „... und es dreht sich immer noch ...“ (<https://youtu.be/0z8tiv-DE9U>). Der Zusammchnitt von Videoaufnahmen einzelner Segelflugzeugtypen in verschiedenen Trudelsituationen ist ebenfalls geeignet. Diese Zusammenschnitte stehen ergänzend zu Verfügung.

- Das Flughandbuch des eingesetzten Segelflugzeugs muss intensiv durchgegangen werden, explizit die Abschnitte Beladung, Belastungs- und Geschwindigkeitsgrenzen, Ausleiten Trudeln, Haubennotabwurf und Notausstieg.

- Die intensive Flugvorbereitung besteht neben der Absprache des Übungsraums besonders aus der Absprache und Durchführung der geplanten Flugmanöver (ggf. Zettel am Instrumentenbrett). Während des Fluges ist für „palavern“ die Zeit zu schade.
- Trockenübungen vor dem ersten Trudelausbildungsflug sind wichtig. Hierbei sitzt der Flugschüler im Flugzeug, der Fluglehrer steht daneben, damit er gegebenenfalls erklären und korrigieren kann. Der Flugschüler spricht das Ausleitverfahren laut durch und führt dabei gleichzeitig die erforderlichen Steuerbewegungen in der richtigen Reihenfolge aus. Zur Festigung des Ablaufs sollten diese Übungen mehrfach wiederholt werden.
- Wir empfehlen, den täglichen Vorflugcheck unmittelbar vor dem ersten Start zum „Flug mit Trudeln“ nach dem Vieraugenprinzip zu wiederholen. Besonderes Augenmerk gilt dem richtigen Sitz des Rettungsschirms, der Sitzposition und der leichten Erreichbarkeit aller Bedienungseinrichtungen. Ebenso muss alles unnötige „Gerümpel“ aus dem Cockpit entfernt und vorhandene Seitentaschen geschlossen werden.
- Normaler Startcheck, evtl. g-Messer mit einbeziehen. Bei diesen Flügen empfehlen wir den Höhenmesser auf QFE einzustellen.
- Bei der Durchführung des Checks „vor Beginn der Übungen“ ist die Luftraumbeobachtung zu intensivieren, besonders der Bereich unterhalb muss weiträumig frei sein. Ein Vollkreis zur Überprüfung des Luftraums muss immer drin sein. Gurte nachziehen, Fenster zu und den g-Messer nullen (falls vorhanden).
- Nach dem Flug muss eine intensive Nachbesprechung erfolgen; hierbei ist besonders auf die Eindrücke und ggf. Probleme während des Fluges einzugehen und, soweit geplant, der Folgeflug vorzubereiten.

**Jede Trudelübung sollte auf einer vorher festgelegten Linie begonnen werden. Das Merken eines markanten Punktes oder einer Geländestruktur mit deutlichem Farb- oder Helligkeitswechsel schräg unterhalb voraus ist sehr hilfreich beim Bestimmen der Richtung und dem Mitzählen der Umdrehungen. Immer versuchen, mitzählen zu lassen, was für den Anfänger nicht ganz einfach ist.**

### **Strömungsabriss und Wiederherstellung der Normalfluglage aus einem beginnenden Trudeln**

Hier stellen wir die **wichtigsten Übungen zur Trudelvemeidung** vor. Im „Videozuschnitt Puchacz“ ist der erste Trudelausbildungsflug mit dem Schwerpunkt „Trudelvemeidung“ anschaulich dargestellt.

Voraussetzung sollten der Abschluss der Übungen 9a und 9b sein. Je nach Flugzeugtyp und Schwerpunktlage und Ausstattung (Winglets) erfolgt ein Abkippen zögerlich (ASK 21, TWIN), normal (K7, Blanik, Bocian, Duo, Arcus, ASG 32), leicht agil (ASK 13, Bergfalke IV, DG-Typen, Perkoz) und direkt (Fox).

Die Übungen sollten zunächst mit langsamem Überziehen mit Abkippen nach vorne und zur Seite mit entsprechender Rückführung beginnen. Dann langsames Überziehen des Segelflugzeugs im Geradeausflug, dabei etwas schieben, um einen einseitigen Strömungsabriss zu erzeugen. Das Abkippen selbst kann mit etwas Seitenruder in Abkipprichtung und angemessenem Ziehen am Höhenruder unterstützt werden. Warten, bis eine Querneigung von etwa 45° in Abkipprichtung erreicht ist, dann sofortiges Nachlassen des Höhenruders mit gleichzeitigem Seitenruderausschlag (ggf. Vollausschlag) gegen die Abkipprichtung. Durch das Drehen um die Hochachse (Schieberollmoment) und dem Nicken um die Querachse erfolgt ein Übergang in eine leicht schiebende Normalfluglage mit guter Anströmung und Geschwindigkeit.

- Die Übung mit einer Kurvenquerneigung von ca. 30° wiederholen, hier empfehlen wir, das „Recovern“ erst ab einer Querneigung von 60° - 80° zu beginnen.
- Abkippen aus einer Kurve mit Schieben nach innen (Rutschkurve).
- Abkippen aus einer Kurve mit Schieben nach außen (Schiebekurve).

- Einige Segelflugzeuge sind geeignet, ein Abkippen aus der Kurve gegen die Kurvenrichtung zu zeigen und zu fliegen (z.B. DG 1000).
- Ebenso kann mit einigen Segelflugzeugen ein Recovern in die normale Fluglage aus einem dynamischen Abkippen (Drehung um die Längsachse über die Messerfluglage hinaus) gezeigt und geflogen werden. Geeignete Flugzeuge dafür sind u.a. K7, ASK 13, DG-Typen, Perkoz.

## Erkennen der beginnenden Trudelbewegung

Zunächst einmal eine ältere Definition des Trudeln:

Ein Segelflugzeug trudelt, wenn es aus einem Strömungsabriss mit einer Drehbewegung um die Hochachse in eine nahezu senkrecht stehende Falllinie fällt und weiterrotiert.

**Zur Information:** *Wettbewerbstrudeln wird mit folgenden Kriterien bewertet:*

- *Erkennen der Rotation spätestens nach 90° Drehung um die Hochachse,*
- *Erreichen der Trudelachse nach spätestens 180° Drehung um die Hochachse, nicht Längsachse*
- *betonte, senkrechte Linie nach dem Beenden bzw. vor dem Abfangen.*

### **Das wollen wir nicht ausbilden!!**

Es sind also zunächst drei Dinge erforderlich:

- Strömungsabriss
- beginnende Rotation
- Trudelachse

Wird die Trudelbewegung (beginnende Rotation) schon im Ansatz erkannt, kann sofort mit Gegenseitenruder reagiert werden und die Rotation wird sofort gestoppt. Hierbei hält sich der Höhenverlust in Grenzen. Ähnlich wie beim normalen Abkippen, siehe Flughandbuch des eingesetzten Segelflugzeugs, z.B. ca. 30 bis 50 m bei der DG 500 Trainer.

Autorotation erkennen nach  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Umdrehung, Vollständige Autorotation nach frühestens ca. einer Umdrehung, je nach Flugzeugtyp.

Zu zeigen ist also der Strömungsabriss als solcher, nahende Warnanzeichen, einseitiges Abkippen verbunden mit einer Drehbewegung, die kontinuierlich oder auch ruckartig schneller wird. Die Schnauze senkt sich deutlich unter den Horizont, es kommt jedoch kein Fahrtgeräusch oder Ruderdruck auf. Allerdings können Schiebegeräusche wie Brummen oder Pfeifen entstehen. Viele Segelflugzeuge nehmen beim Beginn der Rotation zunächst die Nase hoch, bevor diese wieder in die eigentliche Trudelachse abfällt, das ist normal.

Übungen dazu wären:

- Abkippen und warten, bis die Anzeichen der Rotation kommen, dann Ausleiten (recovern),
- Abkippen und warten, bis eine steile Trudelachse erreicht wird und dann Ausleiten (recovern),
- Während/nach der Übung das erlebte Fahrtgeräusch und die Ruderdrücke schildern lassen.

Einige Schulungsdoppelsitzer gehen in dieser Phase gerne in eine Steilspirale über. Erkennt der Fluglehrer diesen Übergang, muss er die Steilspirale sofort beenden.

- Der Übergang in die Steilspirale liegt meistens an der Gewichtsverteilung. Bei schweren Piloten, liegt der Gesamtschwerpunkt weiter vorne. Hier kann u.U. „Vorspannen“, siehe unten, helfen. Auf keinen Fall eventuellen Heckballast (ASK 21) willkürlich erhöhen.
- Kleine Fehler beim Einleiten, wie etwas zu früh gezogen oder nicht weit genug gezogen, oder zusätzliches bzw. falsches Querruder. Es gibt Segelflugzeugtypen, bei denen der Seitenrudereinsatz langsam, bei einigen aber auch schlagartig erfolgen muss.

Die meisten Doppelsitzer bevorzugen das sogenannte „statische Einleiten“, das zusätzlich mit folgender Technik unterstützt werden kann:

Zunächst etwas Schieben und Geschwindigkeit reduzieren. Wir nennen das „Trudeln vorspannen“. D.h., Quer- und Seitenruder sind etwas überkreuzt. Wenn der Strömungsabriss erfolgt, kurz warten, bis die Schnauze abfällt. Genau, wenn die abkippende Schnauze den Horizont passiert, bei vollgezogenem Höhenruder schlagartig volles Seitenruder in Richtung des vorgeschobenen Flügels geben. Hierdurch wird dieser stark verlangsamt und der einseitige Strömungsabriss unterstützt. Je nach Stärke des Vorspannens kann hier sogar eine Art Schleuderwirkung bis zur beginnenden Rotation entstehen. Es bedeutet jedoch nicht, dass das Segelflugzeug weiterrotiert, es kann nach wie vor in eine Steilspirale übergehen.

**Zur Information:** *Einige Segelflugzeuge haben beim Trudeln ihre „Schokoladenseite“. Das kann unter anderem durch unterschiedliche Gewichte der Tragflügel, kleine Unterschiede im Einstellwinkel, Tragflügelschrägung, Rudereinstellungen (Nulllage), leicht schiefstehende Leitwerke oder sogar durch eine einseitig am Flügel angebrachte GoPro entstehen. Die gilt es natürlich herauszufinden.*

**Vorsicht:** *Der Einsatz von Querruder in oder gegen Trudelrichtung, falls nicht im Flughandbuch beschrieben, sollte nur in großer Höhe ausprobiert werden; hier können unliebsame Überraschungen entstehen. Besonders großspannige Segelflugzeuge (Duo, Arcus) können beim Querrudereinsatz in Trudelrichtung die Rotationsgeschwindigkeit erhöhen und dabei schnell steiler werden, so der Hersteller.*

*Wovon wir dringend abraten, sind zusätzliche einseitig angebrachte Abrisskanten, wie Balsaholzdreiecke, Noppenfolie, Zackenbänder, Schweißdrähte oder sonstiges Equipment.*

## Erkennen des stationären Trudelns

Das stationäre Trudeln (voll entwickeltes Trudeln) ist erreicht, wenn die aerodynamischen Kräfte und Trägheitskräfte des Segelflugzeugs im Gleichgewicht sind. Die Fluglage, Winkel und sich selbst erhaltende Bewegungen um die vertikale Achse (Autorotation) sind konstant. Dies ist frühestens nach etwa 1 bis 1¼ Umdrehungen der Fall.

Nahezu alle modernen Segelflugzeuge neigen zum Pendeln, einer Nickbewegung hauptsächlich um die Querachse. Die Gründe dafür sind vielfältig. Auffallend ist, dass besonders Segelflugzeuge mit T- oder V-Leitwerk, sowie Flugzeuge, die durch Heckballast oder Trudelfinnen zum Trudeln „gezwungen“ werden, zum Pendeln neigen. Je mehr Trudelumdrehungen geflogen werden, umso schwächer wird erfahrungsgemäß das Pendeln (meist erst ab 6 und mehr Umdrehungen).

Wiederholen sich die Pendelbewegungen in Intervallen, wird von pendelnder Autorotation gesprochen. Die pendelnde Autorotation ist stationäres Trudeln.

Durch den bestehenden Unterdruck werden die Ruder beim stationären Trudeln manchmal bis an die Anschläge angesaugt. In diesen Fällen ist aktiver Krafteinsatz erforderlich, um sie in den Gegenausschlag oder in die Neutrallage zu bringen. Ein solches Verhalten zeigt z.B. der Puchacz sehr deutlich.

Die Kraft, die benötigt wird, um ein beim Trudeln "angesaugtes" (voll ausgeschlagenes) Seitenruder entgegen der Drehrichtung zu treten, ist **sehr hoch** und variiert je nach Flugzeugtyp und Drehgeschwindigkeit, liegt aber häufig im Bereich von **20 bis über 40 Kilopond (kp)**, was etwa 200 bis 400 Newton entspricht.

Hier sind die wichtigsten Punkte dazu:

- **Hohe Ruderdrücke:** Beim Trudeln strömt das Seitenruder schräg an, was zu extremen Ruderkräften führen kann. Es wird oft empfohlen, das Ruder mit dem ganzen Bein bzw. dem Fuß gegen den Anschlag zu drücken ("full opposite rudder").
- **Ruderwirksamkeit:** Das Ruder muss **voll** ausgeschlagen werden, um die Drehung zu stoppen.
- **Reihenfolge:** Erst, wenn das Seitenruder fest und voll gegen die Drehung getreten ist, sollte das Höhenruder nachgelassen (ggf. leicht gedrückt) werden, um den Anstellwinkel zu verringern.

**Wichtig:** *Angesaugte Ruder treten häufig erst beim entwickelten Trudeln auf. Ungeübte Piloten werden von diesen Kräften oft überrascht werden und der „Anfänger“ tritt dann sehr zögerlich, was die Ausleitzeit erhöht. Der Seitenrudervollausschlag ist aber notwendig, um die Rotation zu unterbrechen. Darauf muss immer wieder hingewiesen werden.*

**Tipps aus der Flugpraxis:** Sollte durch die vielfältigen Eindrücke beim Trudeln Unsicherheit über die tatsächliche Trudelrichtung bestehen, kann die Trudelrichtung wie folgt bestimmt werden

- **Beim Linkstrudeln steht der Wendezeiger links, die Kugel meist auch links (zeigt ins Kurveninnere), der Faden steht oft mittig mit der Tendenz nach rechts oder nur rechts ⇒ also Seitenruder zum Faden, rechtes Seitenruderpedal**
- **Beim Rechtstrudeln steht der Wendezeiger rechts, die Kugel meist auch rechts (zeigt ins Kurveninnere), der Faden wie oben jedoch mit der Tendenz nach links oder nur links ⇒ also Seitenruder zum Faden, linkes Seitenruderpedal**
- **"Das schwerere Pedal" – Durch das Ansaugen des Seitenruders wird sich das Ausleitpedal schwerer treten lassen ⇒ dieses Pedal ist also das korrekte, entgegengesetzte Ausleitruder.**

Wir raten davon ab, das Trudeln zu beschleunigen (evtl. Querruder in Richtung, drücken etc.), da die Gefahr eines kurzfristigen Orientierungsverlust immer besteht. Auch sollte während der Drehbewegungen zusätzliches Kopfdrehen, Kopf in den Nacken legen oder Nicken vermieden werden. Verinnerliche nochmals die Abhandlungen über die **räumliche Desorientierung** in der [Segelfliegen Grundausbildung](#).

Für die Ausbildung der Flugschüler sind zwei Umdrehungen erforderlich, damit sie Trudeln kennenlernen, spüren, wie es sich anfühlt und das Ausleitverfahren erlernen.

**Hinweis:** Der in einigen Flughandbüchern aufgeführte Ausleitpunkt ist der Moment, an dem die Ausleitmaßnahmen begonnen haben. Somit kommt der Höhenverlust durch Nachdrehen und Abfangen hinzu.

Wir empfehlen den Fluglehrern, die noch wenig Erfahrung im Trudeln haben, es zunächst auch dabei zu belassen. Mehr dazu bei den Tipps für die jeweiligen Segelflugzeuge.

## Standardverfahren zum Ausleiten des Trudelns

**Grundsätzlich gelten die Angaben des Herstellers gemäß Flughandbuch!**

**Ansonsten ist das Standardverfahren nach der Bauvorschrift (CS 22.221 / AMC22.221) anzuwenden.**

### AMC 22.221(c),(d),(e) and (f) Spinning

#### General

The standard procedure to recover from a spin is as follows:

Where applicable, close throttle.

Sequentially:

- (1) Check ailerons neutral.
- (2) Apply rudder opposite to the direction of the spin.
- (3) Ease the control column forward until rotation ceases.
- (4) Centralise rudder and ease out of the ensuing dive.

#### Also:

Falls anwendbar Motor auf Leerlauf

- *Querruder neutral*
- *Seitenruder voll gegen die Drehrichtung*
- *Knüppel leicht nach vorne führen (neutral ggf. leicht drücken)*
- *Aus dem Sturzflug weich abfangen*

Es kommt immer wieder vor, dass Segelflugzeuge zusätzlich nachdrehen. Das hat verschiedene Ursachen, die wir hier beispielsweise Aufzeigen möchten.

- **Das Ausleitseitenruder ist wegen des hohen Ruderdrucks nicht voll ausgeschlagen.**
- Die wirksame Seitenruderfläche ist durch einen Höhenruderausschlag zusätzlich abgeschirmt.
- Hintere Schwerpunktlage: hier ist die Längsneigung oft kleiner, was zur Verminderung der angeströmten Ruderflächen und somit zu Verzögerungen beim Ausleiten beitragen kann.
- Vordere Schwerpunktlage: hier kann die Längsneigung steiler sein, was wiederum zu schnelleren Rotationen führt. Das Schieberollmoment wirkt langsamer, da die schnell rotierenden Massen erst abgebremst werden müssen.
- Pendelt das Segelflugzeug wirkt das Gegenseitenruder bei geringer Längsneigung evtl. weniger als bei größerer Längsneigung.

- Querruder wird instinktiv zu dem Seitenruderausschlag gegeben
- Ausleiten erfolgt nicht exakt nach Flughandbuch (typische Beispiele sind ASK 21 und Puchacz), die ASK kann hier gute zwei bis drei Umdrehungen nachdrehen, was manchen doch sehr nervös werden lässt.
- Ausleitverfahren wird unterbrochen (Zurücknehmen des Ruders oder Wechseln des Ruders), weil keine sofortige Wirkung zu beobachten ist.

**Hinweis:** *Habt ihr einen Wölbklappendoppelsitzer (z.B. Arcus, ASG 32), sollten für die Trudelübungen zunächst die Wölbklappen „neutral“ gestellt werden. Somit ist zumindest sichergestellt, dass nach dem Stoppen der Drehbewegung beim Abfangen die „zulässige Flap-Speed“ nicht überschritten wird.*

*Schempp-Hirth empfiehlt beim Arcus zum Ausleiten die Wölbklappen negativ (S) zu stellen. Dadurch wird die Tendenz nachzudrehen nachweislich reduziert.*

*Schleicher empfiehlt bei der ASG 32 Trudeln mit Wölbklappenstellung 4, das ist die Neutralstellung. Die Umwölbung auf negative Klappenstellungen kann dazu beitragen, das Nachdrehen zu reduzieren.*

***Nie mit stark positiv gewölbten oder gar in Landekonfiguration gewölbten Klappen einleiten. Vergesst ihr die Umwölbung und nimmt nach der Drehbewegung die Fahrt schnell zu, könnt ihr bei positiver Wölbung ernsthafte Strukturprobleme bekommen, um es mal sanft auszudrücken.***

*Da bei beiden Wölbklappenseglern im jeweiligen Flughandbuch sehr intensiv auf die Handhabung der Wölbklappen beim Trudeln eingegangen wird, empfehlen wir besonders diese Handbuchpassagen mit den Schülern durchzusprechen und vor allen Dingen „Trockenübungen“ zum Umwölben vorzusehen.*

*Die hier zusätzlich hinzukommenden Steuerbewegungen müssen in „Fleisch und Blut“ übergehen.*

## **Ablenkung durch den Segelflugehrer vor dem Strömungsabriss**

Wir denken, dass jeder Fluglehrer mehr oder wenig gute Möglichkeiten, einen Flugschüler abzulenken, kennt.

**Vorsicht:** *Erschrecken kann z.B. Verkrampfungen hervorrufen, ruckartige Kopfbewegungen können zum kurzzeitigen Verlust des Sehvermögens beitragen.*

*Neigt der Flugschüler zu abrupten Steuerbewegungen, wie plötzliches schlagartiges Drücken, fliegen durch die überraschend auftretenden negativen g-Kräfte eure Hände trotz festhalten vom Knüppel nach oben und somit könnt ihr, wenn überhaupt, nur mit Verzögerung eingreifen.*

*Ein Arm hat ca. 5 % deiner Körpermasse; die Rechnung, mit welchem Kraftaufwand die Finger den Steuerknüppel bei - 2,5 g umschließen müssen, ist nicht sehr schwierig.*

## **Unterscheidung zwischen Trudeln und Steilspirale**

Abgerissene Strömung kann „erfüht“ werden.

- Der Knüppel bewegt sich leicht,
- es gibt wenig Fahrtgeräusche, allerdings können Geräusche entstehen z.B. durch schräge Anströmung, offene Lüftungen, auch Fenster, ablösende Wirbel, die auf Rumpf und Leitwerk treffen, knackende Ruderscharniere oder Querkraftbolzen, obwohl alle „Spiele“ im zulässigen Bereich sind.
- Fahrtmesserzeiger pendelt stark, bleibt im unteren Bereich oder läuft sogar entgegengesetzt.

Fehlen plötzlich diese Anzeichen und die Fahrtanzeige, das Fahrtrauschen und die Ruderdrücke nehmen schlagartig zu, entwickelt sich eine Steilspirale. Die Drehbewegung ist sofort mit Gegenseitenruder und Gegenquerruder zu beenden, dann Richtungsrunder neutral und vorsichtig abfangen. (Rolling-g, hohe Beschleunigungen bei gleichzeitig ausgeschlagenen Rudern beachten). Luftbremsen nur im Notfall ausfahren.

**Achtung:** Bei ausgefahrenen Luftbremsen reduziert sich die zulässige g-Last auf max. + 3,5 g, die besonders bei schnell beschleunigenden Segelflugzeugen (DG 500/1000, Duo, Arcus, ASG 32 etc.) ruckzuck entstehen können. Viele „Wölbklappensegler“ haben zusätzliche Flap-speed Begrenzungen in der Landstellung (z.B. ASG 32 max. + 4 g bei 150 km/h).

## Anmerkungen und Erkenntnisse zu den einzelnen Doppelsitzern

... sowie Erklärungen zu den derzeit bereitgestellten Typenlehrfilmen; das Trudelverhalten kann jedoch je nach Schwerpunktlage und Fluggewicht **erhebliche** Unterschiede aufweisen ...

### K 7 und ASK 13 (Video zum Download vorhanden)

Beide Segelflugzeugtypen sind durch die TM 26, bzw. TM 21 eingeschränkt. Durch das freiwillige Prüfprogramm des DAeC können sie jedoch mit Einwilligung von Prüfer und Halter zur Trudelausbildung freigegeben werden.

Beide Typen zählen zu den, wir nennen sie mal, „ehrlich“ trudelnden Segelflugzeugen. Sie haben ein angemessenes Abkippsverhalten (die ASK 13 ist geringfügig aggressiver), trudeln mit mittlerer Steilheit und drehen auffallend gleichmäßig.

Nach einer Hochachsendrehung um 45° setzt bereits die Rotation ein und nach knapp über 90° ist die Trudelachse erreicht. Nach einer Umdrehung kann bereits von einem stationären Trudelvorgang gesprochen werden.

Pro Umdrehung (ca. 4 - 5 Sekunden) verlieren sie ca. 40 m Höhe. Sie können beide nach der Standardmethode nahezu punktgenau ausgeleitet werden. Typische kleine Ausleitfehler, wie z.B. zusätzliche, **kleine** Querruderausschläge oder etwas zu viel drücken, werden mit minimalem Nachdrehen bestraft.

Die  $V_A$  wird im Regelfall nicht überschritten.

### Grob TWIN und Schleicher ASK 21

Die ersten serienmäßigen Ausbildungsdoppelsitzer aus GFK, der TWIN und ASK 21 kamen Dezember 1976 (Erstflug) und Dezember 1978 (Erstflug) auf den Markt. Beide zeigten sehr zögerliches Trudelverhalten, was der Trudelausbildung nicht zuträglich war. Zur Steigerung der Trudelfreudigkeit setzten beide Hersteller auf unterschiedliche Methoden. Während Schleicher mit Heckballast arbeitete, konstruierte Grob abnehmbare Entenflügel. Ab hier müssen wir beide Segler getrennt betrachten.

### TWIN II und später TWIN III (Video mit Trudelfinnen zum Download vorhanden)

Beide Typen sind derzeit eventuell durch die TM OTM 315/66 noch eingeschränkt. Der Twin II darf zu Ausbildungszwecken trudeln, beim Twin III besteht angeblich noch etwas Rechtsunsicherheit; im Zweifelsfall ist der Musterbetreuer Fa. Lindner zu kontaktieren.

Durch den Einsatz der „Trudelfinnen“ lässt sich das Segelflugzeug auch bei vorderen Schwerpunktlagen leicht trudeln. Es pendelt bedingt durch die Entenflügel, lässt sich aber in jeder Längsneigung mit wenig Nachdrehen nach der Standardmethode ausleiten. Das Trudelverhalten ist Einsitzern sehr ähnlich. Selbst Ausleitfehler, wie Querrudereinsatz verzeiht der TWIN großzügig. Ausleiten ist weit unterhalb der  $V_A$  möglich.

Finden keine Trudelfinnen Verwendung, trudeln die TWIN's nur bei mittlerer bzw. hinterer Schwerpunktlage; sie neigen, trotz Vorpannen, zum frühen Übergang in die Steilspirale. Erfolgt das Einleiten dynamisch, ist nach der Längsachsendrehung die Steilspirale bereits vorprogrammiert.

Der TWIN III beschleunigt im Gegensatz zum TWIN II aufgrund der aerodynamischen Güte und des hohen Gewichts sehr zügig. Die Seitenruder beider TWIN's sind einseitig angelenkt, der Vollausschlag links ist etwas wirksamer, als der Vollausschlag nach rechts, was das Einleiten unterstützt.

Siehe hierzu auch die Abhandlung über den TWIN II und III in der [Segelfliegen Grundausbildung-Aerobatic](#). Dieser Unterschied ist jedoch für das Ausleiten u.a. wegen der Neigung der TWIN's zum Spiralsturz unerheblich. Bei der Verwendung von Trudelfinnen spielt es keine Rolle.

### **ASK 21/ ASK 21 B (Video zum Download vorhanden)**

Die ASK war ursprünglich als „nicht trudelndes“ Segelflugzeug konzipiert. Daher ist sie zwar sehr gutmütig für die Anfängerschulung, braucht aber für die Trudelausbildung Heckballast. Dieser ist per Pilotenwägung genauestens zu bestimmen, ansonsten muss mit z.T. erheblichem Nachdrehen gerechnet werden. Das Ausleiten nach der üblichen Standardmethode nach CS 22.221 führt zum Nachdrehen, somit ist die im Flughandbuch vorgeschriebene Ausleitmethode unbedingt einzuhalten. Zusätzlich empfehlen wir die [Trudelerprobung USAF ASK 21](#) aus dem Jahr 1998 intensiv durchzulesen; hier dürfte das Trudelverhalten der ASK 21 sowie ihre ausgeprägte Neigung zum Pendeln am genauesten beschrieben sein.

Durch die enorme Gutmütigkeit ist es auch sehr schwierig, ein Abkippsverhalten zu demonstrieren, das den in späteren Ausbildungsabschnitten üblicherweise geflogenen Einsitzern auch nur im Ansatz gerecht wird. Das Erliegen eines „second stall“ haben wir bisher nicht geschafft. Mit der ASK 21 + Heckballast kann gezeigt werden, wie sich Trudeln anfühlt und wie es aussieht, bis zu knapp einer Umdrehung ist sie harmlos, aber dann darf beim Ausleitvorgang nicht „geschlampert“ werden.

Pro Umdrehung ist mit einem Höhenverlust von knapp 70 m zu rechnen. Hinzu kommen noch ca. 80 m bis 100 m für das Abfangen. Im Video verbraucht sie für 6 Umdrehung + Abfangen 500 m.

Bei jeder Trudelübung empfehlen wir zusätzliche Höhe für mindestens 2 bis 3 ungewollte Umdrehungen, also mindestens 300 m zusätzlich einzuplanen. Gedrücktes Höhensteuer noch während der Umdrehungen, bzw. wenn die Drehung noch nicht komplett gestoppt wurde, führt unweigerlich zum Weiterdrehen. Siehe den untenstehenden Auszug aus dem Flughandbuch.

### **WARNUNG: Volles Nachdrücken ist also falsch und verzögert oder verhindert sogar das Ausleiten!**

Was mit ihr gut zu demonstrieren ist, dass das Ansprechen des Ausleitverfahrens bei nicht korrekter Handhabung Zeit braucht und somit der Flugschüler ungeduldig werden kann. Bei zwei bis drei Umdrehungen Nachdrehen je vier bis fünf Sekunden kann die Zeit sehr lange werden und verleitet zu zusätzlichen Ausleitfehlern, wie Zurücknehmen des Seitenruders oder gar ungeduldiger Ruderwechsel. Mit solchen Aktionen beginnt das Ausleitverfahren wieder von vorne, mit allen Konsequenzen.

#### **WICHTIGER HINWEIS**

*Wir empfehlen das Trudeln mit großzügiger Sicherheitshöhe einzuleiten.*

Beispielsweise empfiehlt sich das Einleiten in mindestens 1000 m AGL, wenn man plant, eine Umdrehung zu trudeln und dann auszuleiten. Wenn man vor dem Ausleiten drei Umdrehungen trudeln möchte, empfiehlt sich das Einleiten in mindestens 1300 m AGL.

#### **WICHTIGER HINWEIS**

*Trudeln ist sowohl mit als auch ohne Trudelballast in der Seitenflosse (optional) zugelassen. Sämtlicher anderer Kunstflug ist nur ohne Trudelballast in der Seitenflosse zugelassen.*

*Trudeln mit Trudelballast ist nur doppelsitzig zugelassen.*

Die Hinweise aus dem Flughandbuch der ASK 21 B bezüglich der „Höheneinhaltung“ sind überlebenswichtig. Leider sind diese wichtigen Passagen im Flughandbuch der „alten“ ASK 21 nicht enthalten, weshalb wir empfehlen, diese wichtigen Informationen für beide ASK-Typen (alt und neu) anzuwenden.

Zum Erlernen des Ausbildungsabschnitts „Trudelvermeidung“ ist die ASK 21 unserer Meinung nach wegen ihrer Gutmütigkeit nicht oder nur eingeschränkt geeignet.

## Schempp-Hirth Duo-Discus und Arcus

Nach telefonischer Rücksprache mit dem Hersteller Schempp-Hirth (Tilo Holighaus) gilt für die Trudelausbildung das zulässige Gesamtgewicht und somit auch die Zuladung für den Normalflug. Allerdings sollten jedoch nicht mehr als 2 gewollte Umdrehungen geübt werden. Bei fehlerhaftem Ausleiten oder zögerlichem Abfangen beschleunigen beide Segelflugzeuge sehr schnell.

Vom Einsatz der Luftbremsen wird wegen der eingeschränkten Abfanglast dringend abgeraten. Das Trudeln für die Aus- und Fortbildung zählt der Hersteller **nicht** zum erlaubten Kunstflug nach Handbuch; somit hält er das für den Normalflug zugelassene maximale Abfluggewicht für unkritisch.

Beide Segelflugzeuge pendeln beim Trudeln. Das Trudelverhalten ist dem von Kunststoffeinsitzern sehr ähnlich, somit sind sie zur Trudelausbildung durchaus geeignet.

Der Höhenverlust vom Ausleitepunkt des Trudelns (das ist **nicht** der Punkt, an dem die Rotation bereits gestoppt hat) bis zum Horizontalflug kann beim Duo bis zu ca. 180 m betragen; die Abfanggeschwindigkeiten liegen zwischen 130 km/h und 170 km/h, so das Flughandbuch.

Beim Arcus kann der Höhenverlust vom Ausleitepunkt des Trudelns bis zum Horizontalflug bis zu ca. 250 m betragen; die Abfanggeschwindigkeiten liegen zwischen 130 km/h und 210 km/h.

**Achtung:** Beim Arcus wird das Trudeln mit Wölbklappenstellung „0“ eingeleitet. Zum Ausleiten sollten die Wölbklappen unbedingt auf Stellung „S“ – „negativ“ eingestellt werden. Dadurch wird das sonst übliche Nachdrehen ( $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  Umdrehungen) reduziert.

In den Flughandbüchern beider Segelflugzeuge sind die Ein- und Ausleitverfahren ausführlich beschrieben. Zusammen mit dem Flugschüler müssen diese intensiv durchgelesen und ggf. erklärt werden. Wegen der zusätzlichen Umstellung auf negative Wölbklappenstellung beim Arcus empfehlen wir, vor dem ersten Trudelausbildungsflug den Ausleitvorgang zunächst am Boden (trocken) mehrfach, mind. 5 x zu üben.

## LET 13 Blanik, LET 23 Super Blanik und SZD 9 Bocian (Video zum Download vorhanden)

Die Segelflugzeugtypen zählen wie die K7 und die ASK 13 zu den „ehrlich“ trudelnden Segelflugzeugen. Sie haben ein angemessenes, nicht aggressives Abkippsverhalten, benötigen keinerlei Einleittricks, wie „Vorspannen“, trudeln mit mittlerer Steilheit und drehen auffallend gleichmäßig.

Nach einer Hochachsendrehung um 45° setzt bereits die Rotation ein und nach knapp über 90° ist die Trudelachse erreicht. Nach einer Umdrehung kann bereits von einem stationären Trudelvorgang gesprochen werden.

Pro Umdrehung (ca. 4 - 5 Sekunden) verlieren sie ca. 40 m. Sie können beide nach der Standardmethode mit etwa  $\frac{1}{4}$  Umdrehung nachdrehen ausgeleitet werden. Die  $V_A$  wird im Regelfall nicht überschritten. Typische kleine Ausleitfehler, wie z.B. zusätzliche **kleine** Querruderausschläge, werden großzügig verziehen.

Beim LET 13 ist darauf zu achten, dass vor dem Trudeln die Fowlerklappen eingefahren sind.

## DG Aviation (früher Glaser-Dirks) DG 500/505

Stationäres Trudeln wird am besten bei hinteren Schwerpunktlagen erreicht. DG empfiehlt, die Masse des hinteren Piloten durch den Ballast im Seitenflossentank auszugleichen. Bei vorderen Schwerpunktlagen trudelt sie erfahrungsgemäß nicht.

Allgemein neigt sie zum selbständigen Beenden des Trudelns nach einigen Umdrehungen und wird dabei sehr steil. Bei mittleren Schwerpunktlagen besteht nach ca. drei Umdrehungen die Neigung zum Spiralsturz.

Zum Einleiten langsam überziehen bis sie schüttelt, dann ruckartig voll durchziehen und Seitenruder in Trudelrichtung ausschlagen. Die DG 500 nimmt unmittelbar nach dem Einleiten die Nase etwas hoch, fällt dann aber in ihre Trudelachse und dreht einigermaßen konstant mit kaum merklichem Pendeln mit einer Längsneigung zwischen 60° und 70°.

Auf keinen Fall Querruder zum Ausleiten verwenden. Das Gegenseitenruder voll ausschlagen, nach kurzer Pause Höhenruder nachlassen. Nach Beenden der Drehung Richtungsruder neutral und vorsichtig abfangen. Wie bei allen „schnellen“ Kunststoffdoppelsitzern beträgt der reine Abfangbogen etwa 70 bis 100 m.

***Besonderheit:** wird mit großer Spannweite getrudelt (20 m), kann u.U. während der Rotation mit Querruder in Trudelrichtung der Übergang in eine Steilspirale verhindert werden.*

Bremsklappen werden zum Ausleiten des Trudeln oder Abfangens nicht benötigt. Sie erhöhen lediglich die „Fallgeschwindigkeit“

## **DG Aviation DG 1000/1001** (Video zum Download vorhanden)

Sie verhält sich ähnlich wie die DG 500

***Wichtiger Hinweis:** Stationäres Trudeln ist am besten bei hinteren Schwerpunktlagen möglich. Falls stationär getrudelt werden soll, so sollte durch Ballast im Ballastkasten in der Seitenflosse eine hintere Schwerpunktlage eingestellt werden.*

Eine Umdrehung Trudeln dauert etwa 3-3,5 Sekunden, dabei fällt sie etwa 80 bis 100 m. Bei mittleren und vorderen Schwerpunktlagen ist kein stationäres Trudeln möglich. Die DG-1000 geht nach einer bestimmten Anzahl Umdrehungen (abhängig von der Schwerpunktlage) von selbst aus dem Trudeln heraus. Die Längsneigung und Geschwindigkeit werden dabei aber hoch, so dass bei diesen Schwerpunktlagen nicht mehr als 1 Umdrehung getrudelt werden soll, um eine hohe Belastung des Flugzeuges zu vermeiden.

**Einleiten:** Standardmethode, langsam überziehen bis das Flugzeug zu schütteln anfängt. Dann ruckartig weiterziehen und Seitenruder in Trudelrichtung ausschlagen.

Die DG 1000 nimmt unmittelbar nach dem Einleiten die Nase etwas hoch, fällt dann aber in ihre Trudelachse und dreht einigermaßen konstant, je nach Schwerpunktlage mit leichtem bis mittlerem Pendeln in einer Längsneigung zwischen 60° und 75°. Beim stationären Trudeln ist das Seitenruder angesaugt, so dass mit etwas Kraftaufwand das Gegenseitenruder bis zum Vollausschlag getreten werden muss.

**Ausleiten:** Seitenruder gegen die Trudelrichtung, dann Höhensteuer nachlassen, nach dem Stoppen der Drehung Ruder in Nullstellung. Die DG-1000 nimmt beim Ausleiten aus dem Trudeln eine steile Längsneigung ein, so dass entsprechend vorsichtig abfangen werden muss. Der Höhenverlust beim Ausleiten beträgt ca. 100 m, die Endgeschwindigkeit max. 200 km/h.

## **SZD 50 Puchacz** (Video Trudelvermeidung zum Download vorhanden)

### **Zunächst zu den Abkipübungen:**

Der Puchacz erscheint als ein gutmütiges Segelflugzeug, mit „normalem“ Abkipverhalten. Beim Abkippen aus dem Geradeausflug/Sackflug bis zur strömungssicheren Fahraufnahme verliert er ca. 15-20 m, beim seitlichen Abkippen ca. 40 m. Eine halbe Umdrehung Trudeln kostet inklusive Abfangen ca. 80 m. Bei einer ganzen Umdrehung, die erste dauert ca. 5 Sekunden, liegt er bei etwa 50 m Höhenverlust; hinzu kommt dann noch der Abfangbogen mit ca. 60-80 m.

### **Stationäres Trudeln:**

Nach gut einer ganzen Umdrehung neigt er zum stationären Trudeln. Hier ändert sich sein Verhalten, weswegen wir etwas tiefer ausholen möchten.

Zum Einleiten aus dem Geradeausflug empfehlen wir, die Tragfläche in die gewünschte Drehrichtung etwas hängen zu lassen. Dann die Geschwindigkeit durch langsames Ziehen reduzieren; die Nase sollte nicht über 20° über den Horizont steigen. Beim Abkippen gleichzeitig das Höhenruder voll durchziehen und das Seitenruder in die gewünschte Drehrichtung ausschlagen.

Um in ein stationäres Trudeln zu gelangen, muss das Höhenruder mit größerer Handkraft voll gezogen bleiben. Das Flugzeug geht nach einer Umdrehung mit hoher Drehgeschwindigkeitszunahme in das stationäre Trudeln über. Der Höhenverlust beträgt ca. 80 m pro Umdrehung.

Auszuweichen ist das stationäre Trudeln mit vollem Seitenruderausschlag entgegen der Drehrichtung, die aufzuwendende Kraft, um das Gegenseitenruder voll zu treten, ist sehr hoch, da das Ruder sehr stark angesaugt wird.

Er benötigt zum Ausweichen einen vollen Gegenseitenruderausschlag. Das Höhenruder bleibt zunächst gezogen (wirksame Seitenruderfläche). Nach ca. einer Sekunde Verzögerung das Höhenruder mit Druck über die Neutralstellung hinaus nach vorne betätigen.

Das Nachdrehen kann bis zu einer Umdrehung betragen. Bei nicht voll getretenem Seitenruder dreht er gerne mehr als eine Umdrehung nach.

Vor einem beabsichtigten Trudeln im Soloflug sollten unter 75 kg unbedingt Trimmgewichte eingebaut werden.

### Schleicher ASG 32

Die ASG 32 ist das „schwerste“ der hier aufgeführten Segelflugzeuge, die wir als geeignet für die Trudelausbildung betrachten; somit wird der Höhenverlust pro Umdrehung eher im oberen Bereich, so um die 100 m „plus“ anzusiedeln sein.

**Zunächst zum unbeabsichtigten Trudeln:** Heftige Ruderausschläge von Quer- und/oder Seitenruder können abhängig von der Schwerpunktlage und Ruderausschlägen in einen Spiralsturz, Trudeln oder Seitengleitflug führen.

Für Abkippen und Trudeln gilt folgendes:

Schwerpunktlage	QR neutral oder in die gleiche Richtung wie SR	SR & QR entgegengesetzt
hinterer bis mittlerer Bereich	Trudeln stationär	Trudeln mit Übergang in einen Schiebeflugzustand nach 1-2 Drehungen
mittiger bis vorderer Bereich	Trudelbewegung, dann Steilspirale nach 1-2 Umdrehungen	Schiebeflugzustand
vorderer Bereich bis ganz vorn	Steilspirale	Schiebeflugzustand
vorderer Bereich bis ganz vorn	Steilspirale	Schiebeflugzustand

Während des Trudelns verhält sich das Segelflugzeug in allen Wölbklappenstellungen ähnlich.

Mit Wasserballast beschleunigt das Segelflugzeug nach dem Beenden der Drehung schnell; deswegen ist es nötig, ohne Zeitverlust abzufangen.

Der Höhenverlust beim Ausweichen nimmt durch Wasserballast zu.

### Nun zum beabsichtigten Trudeln bzw. der Trudelausbildung:

Aufgrund ihrer Trudleigenschaften eignet sich die ASG 32 zum beabsichtigten Trudeln zur Aus- und Weiterbildung.

**Wichtiger Hinweis:** *Beabsichtigtes Trudeln ist ohne Wasserballast, mit eingefahrenem Propeller, eingefahrenen Bremsklappen in Wölbklappenstellung 4 (Neutralstellung) durchzuführen.*

Die ASG 32 trudelt nur in mittleren bis hinteren Schwerpunktlagen stationär. In vorderen Schwerpunktlagen geht das Flugzeug nach kurzer Zeit oder direkt in eine Steilspirale über.

Im schiefbefreien Geradeausflug die Fahrt langsam bis zur Mindestfahrt reduzieren. Knüppel voll durchziehen und halten, Seitenruder voll in die gewünschte Richtung treten. Das Querruder bleibt dabei neutral. Alle Ruder während des Trudelns in dieser Position halten.

Bei vorderen und mittleren Schwerpunktlagen sind die Längslagewinkel verhältnismäßig groß; in Richtung hinterer Schwerpunktlagen wird das Trudeln flacher. Hierbei neigt sie zu ausgeprägten Nickschwingungen. Das Pendelintervall beträgt etwa eine halbe Umdrehung.

Das Ausleiten erfolgt nach dem Standardverfahren: Querruder neutral, Seitenruder gegen Drehrichtung. Nachlassen des Steuerknüppels, bis die Drehung aufhört. Seitenruder in Mittelstellung und das Segelflugzeug weich abfangen.

Die ASG 32 dreht im Normalfall ungefähr  $\frac{1}{4}$ -Umdrehung nach. Wird bei auftretender Nickschwingung das Ausleiten am ungünstigsten Punkt (Nase oben) begonnen, erhöht sich die Tendenz des Flugzeugs zum Nachdrehen und kann bis zu einer  $\frac{3}{4}$ -Umdrehung betragen.

Umwölben der Wölbklappen auf negative Klappenstellungen ist nicht unbedingt erforderlich, kann aber zur Reduzierung des Nachdrehens beitragen. Der Höhenverlust beim Ausleiten kann durchaus bis zu 250 m betragen.

## **SZD 54-2 Perkoz**

Der SZD 54-2 Perkoz kann als gutmütiges Segelflugzeug, mit ehrlichem Trudelverhalten, also ohne nennenswerte Nickschwingungen bei konstanten Drehungen, bezeichnet werden. Er kann in drei Konfigurationen geflogen werden.

- 17,5 m mit normalen Randbögen
- 17,5 m mit Winglets
- 20 m Winglets

In allen Konfigurationen ist das Abkippsverhalten ähnlich, und kann mit dem Standardausleitverfahren beendet werden.

Zum Beenden des überzogenen Flugzustandes im Geradeausflug reicht es aus, das Höhenruder nachzulassen, um einen sicheren Flugzustand herzustellen. Dies gilt bis zu einer Querneigung von  $30^\circ$ . Ab einer Querneigung von  $30^\circ$  und mehr ist das Standardausleitverfahren anzuwenden, also zusätzlicher Seitenrudereinsatz. Der Höhenverlust beträgt dabei ca. 30 bis 50 Meter je nach Querneigung. Bei der 20 m Version ist die Abrissgeschwindigkeit um ca. 5 km/h geringer.

Das stationäre Trudeln kann am einfachsten durch langsames Überziehen mit leicht hängendem Flügel in Trudelrichtung eingeleitet werden. Wenn das Segelflugzeug zu schütteln beginnt und anfängt zum hängenden Flügel zu rollen, das Höhenruder voll durchziehen und voller Seitenruderausschlag in Trudelrichtung geben. Bei einem Pilotengewicht im vorderen Sitz von 100 kg und mehr neigt er sofort zum Spiralsturz.

Nach einer ca.  $\frac{3}{4}$  Umdrehung beginnt beim Perkoz das stationäre Trudeln. Eine Umdrehung dauert in der 17,5 m Version ca. 3 Sekunden, in der 20 m Version ca. 4 Sekunden. Dabei beträgt der Höhenverlust ca. 80 Meter pro Umdrehung. Wichtig ist, das Höhenruder voll gezogen zu halten; ein Nachlassen des Höhenruders beendet das Trudeln bzw. führt zu einer Steilspirale mit entsprechend schneller Fahrtzunahme.

Beendet wird das Trudeln mit der Standardmethode (Seitenruder Vollausschlag gegen die Trudelrichtung, Querruder neutral, Höhenruder nachlassen bis etwas über neutral). Je nach Spannweite dreht der Perkoz in der 17,5 m Version kaum und in der 20 m Version bis zu  $\frac{1}{2}$  Umdrehung nach.

Nach dem Stoppen der Rotation sofort das Seitenruder neutral nehmen und zügig abfangen. Der Perkoz nimmt sehr schnell Fahrt auf. Je nach Abfangbogen beträgt die Geschwindigkeit nach dem Ausleiten 180 bis 220 km/h.

Nach Angaben des Herstellers beträgt der Höhenverlust vom Ausleitpunkt bis zur Normalfluglage ca. 190 Meter.

***Besonderheiten:*** In der Konfiguration mit normalen Randbögen beträgt die Längsneigung beim Trudeln ca.  $60^\circ$ . Wird mit Winglets getrudelt, wird er etwas steiler und liegt dann bei etwa  $70^\circ$ .

***Achtung:*** Je nach Spannweite sind beim Abfangen unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten und zulässige maximale Abfanglasten zu beachten.

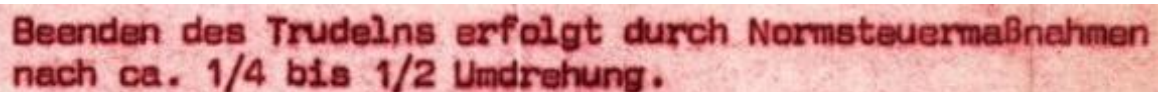
## **Scheibe Bergfalke IV**

Über das Trudelverhalten des Bergfalke IV ist wenig bekannt, da sich der Einsatz als Segelflugzeug zur Trudelausbildung bisher in Grenzen hielt.

Was wir wissen und in Erfahrung bringen konnten ist, dass er bei vorderen Schwerpunktlagen nicht zum Trudeln zu bewegen ist, sich aber in hinterster Schwerpunktlage mit der Standardmethode einleiten lässt.

Im Flughandbuch des Bergfalke IV ist das Trudeln nicht explizit ausgewiesen. Nach Rückfrage beim Hersteller kann mit dem „Falken“ das Trudeln bedenkenlos gezeigt und ausgebildet werden, sofern er ins Trudeln geht. Die Neigung zur Steilspirale ist vorhanden.

Somit muss während des Trudelns das Höhenruder voll durchgezogen bleiben und der Seitenrudervollausschlag beibehalten werden. Ein Nachlassen des Höhensteuers führt meist zum Beenden auch ohne Gegenseitenruder.



Beenden des Trudelns erfolgt durch Normsteuermaßnahmen nach ca. 1/4 bis 1/2 Umdrehung.

Der Bergfalke IV weist eine für diese Zeit schon eine recht hohe aerodynamische Güte auf. Was sich beim Ausleiten bemerkbar macht.

Nach der Rotation tritt eine deutliche Nickbewegung nach unten auf. Die  $V_A$  mit 170 km/h erscheint für ein Segelflugzeug in Gemischtbauweise zunächst hoch, aber die dicht folgende zulässige Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h lässt nicht sehr viel zeitlichen Spielraum bis zum Abfangbogen. Hier muss also zügig gehandelt werden.

## **Scheibe SF 34 B**

Spezielle Einzelheiten über das Trudelverhalten der SF 34 B sind nicht sehr verbreitet, da sich bedingt durch die geringe Zahl der ausgelieferten Segelflugzeuge, der Einsatz als Segelflugzeug zur Trudelausbildung in Grenzen hielt.

Zum Einleiten muss auf alle Fälle mit etwas Querruder in Trudelrichtung unterstützt werden. Wird das unterlassen, bzw. sogar die Ruder gekreuzt, beendet sie das Trudeln sehr schnell selbständig und das Manöver muss abgebrochen werden. Selbst beim Einleiten mit etwas Überfahrt hält sich das Rollen um die Längsachse in Grenzen.

Generell neigt sie eher zur Steilspirale als zum stationären Trudeln; daher treten auch keine Nickschwingungen auf. Das Ausleiten erfolgt nach der Standardmethode, wobei sie nur unwesentlich nachdreht.

## **Soweit zu den für die Ausbildung zur Trudervermeidung und zum Beenden des Trudelns geeignete doppelsitzigen Segelflugzeuge**

Abschließend möchten wir noch einige wichtige Informationen, auch wenn ihr sie schon öfters gehört habt, mit auf den Weg geben.

Die älteren Doppelsitzer in Gemischt- oder Metallbauweise können z.T. auch dynamisch, d.h. mit etwas höherer Fahrt, eingeleitet werden. Sie gehen meist trotzdem, oder auch erst deswegen, in ein beginnendes und später stationäres Trudeln über. Das dynamische Einleiten funktioniert bei den schwereren Kunststoffdoppelsitzern i.d.R. nicht so gut. Beim Rollen über die Messerlage hinaus, fangen sie oft bereits wieder an zu beschleunigen und neigen dann zum Übergang in eine beginnende Steilspirale, die sofort beendet werden muss.

Weiterhin, achtet peinlich genau auf den Seitenruderausschlag beim Ausleiten. Ist das Ruder nicht wirklich bis zum Vollausschlag getreten, hilft sofort nach. Bei den „schweren“ Kunststoffdoppelsitzern sind die Seitenruderflächen nicht sehr groß; das hat zur Folge, dass die Rotation oft nicht schlagartig stoppt, sondern die Drehung etwas langsamer zum Stillstand kommt. In dieser steilen, jedoch noch leicht drehenden Phase beschleunigen die aerodynamisch hochwertigen Segelflugzeuge bereits. Somit nimmt die Geschwindigkeit schnell zu, also lasst den Flugschüler nicht zu lange „wursteln“.

Schleicher beschreibt das im Flughandbuch der ASG 32 sehr zutreffend:

**Der Höhenverlust beim Ausleiten ist neben dem Trudelzustand auch vom Pilotenkönnen abhängig. Es sollte mit ca. 250 m gerechnet werden.**

Es ist nichts Neues, dass sich Flugschüler oder Piloten, die von irgendeiner Situation überrumpelt werden, sich irgendwo festhalten wollen oder müssen. Das ist oft der Steuerknüppel und dann noch meist voll gezogen.

Selbst auf Zuruf sind sie der Meinung, das so bewusst nicht zu tun, stimmt aber meistens nicht. Je näher der Boden kommt, umso heftiger wird gezogen.

Daher ist es wichtig das „Nachlassen“ des Steuerknüppels auch unter Stress zu üben. Das geht mit minimalem Aufwand nicht nur bei Trockenübungen am Boden, sondern auch in jeder Flugphase, sei es beim Kurbeln, im Gegenanflug oder sogar im Endanflug. Der „Steuerreflex“ des Nachlassens, immer wenn das Gefühl kommt, irgendwas stimmt mit meiner Anströmung nicht, muss ohne nachzudenken erfolgen. Oft kann dadurch Abkippen und Trudeln vermieden werden und das ist ja wohl das Wichtigste.

Trudeleinweisungen auf MDM 1 Fox oder Ly-542-K Stösser werden nur von ausgebildeten Segelkunstfluglehrern durchgeführt, daher führen wir diese Segelflugzeuge hier nicht auf.

***... viel Spaß bei der Trudelausbildung; wir denken, dass wir etwas helfen konnten ...***