

## A Trudelballast

### 1 Allgemeines

Der Motorsegler ASK 21 Mi trudelt nur bei Fluggewichtsschwerpunktlagen von  $r = 400$  mm und mehr. Diese Ergänzung beschreibt die Verwendung von Trudelballast, um doppelsitzig Trudellübungen durchzuführen.

Die ASK 21 Mi kann so als Trudeltrainer verwendet werden, um der Tatsache zu begegnen, dass unkontrollierte Fluglagen (Abkippen, Trudeln usw.) einen großen Teil der schweren Unfälle ausmachen.

### 2 Begrenzungen

Die Begrenzungen der ASK 21 Mi, insbesondere der Schwerpunktsbereich, ändern sich durch den Trudelballast nicht. Eine für das Flugzeug individuell erstellte Trudeltabelle ermöglicht es lediglich, eine bestimmte Schwerpunktlage einzustellen.

Ohne gültige Trudelballast-Tabelle (Flughandbuch Seite 9.A.8 bzw. 9.B.12) darf der Trudelballast am Heck nicht benutzt werden. Angaben zum Gültigkeitszeitraum finden sich auf der Trudelballast-Tabelle. Eine gültige Trudelballast-Tabelle kann vom Hersteller bezogen werden (Verfahren, siehe Wartungshandbuch Seite 13.A.3).

Trudeln mit Trudelballast ist grundsätzlich nur doppelsitzig zugelassen. Andere Kunstflugfiguren sind mit montiertem Trudelballast nicht zulässig. Beabsichtigtes Trudeln ist nur mit eingefahrenem Propeller zulässig.

Im Cockpit ist im Sichtbereich des Piloten ein rotes Schild anzubringen:



Es ist eine Schraube M8 von der Rückseite derart am Instrumentenbrett zu befestigen, dass bei abgebautem Trudelballast die Befestigungsmutter und Unterlegscheibe des Trudelballastes an der Vorderseite des Instrumentenbretts angebracht werden können. Die Sicherungsmutter und Unterlegscheibe müssen dabei den Text des oben genannten Cockpitschildes verdecken.

### 3 Notverfahren

Für die Notverfahren ergeben sich keine Änderungen

Zur eigenen Sicherheit sollten vor dem Start die Entscheidungshöhe für einen Notabsprung festgelegt werden. Es sollte vereinbart werden, wer die Entscheidung dazu trifft, und ein verbindliches Kommando vereinbart werden.

Sollte aus welchen Gründen auch immer das Flugzeug nach einer Umdrehung das Trudeln noch nicht beendet haben, sind die folgenden Fragen zu klären:

- Ist das Seitenruder *voll* entgegen Drehrichtung getreten? Das Höhenruder nachgelassen, Querruder neutral?
- Befindet sich das Flugzeug tatsächlich im Trudeln – und nicht etwa in einer Steilspirale?

Wenn beide Fragen mit Ja zu beantworten sind, sollte dem Flugzeug noch Möglichkeit gegeben werden, das Trudeln zu beenden (Geduld!). Der Höhenverlust im Trudeln beträgt 45m bis 80m pro Umdrehung. Nach weiteren drei Umdrehungen ist es wahrscheinlich sinnvoller das Ausleiten neu anzusetzen.

### 4 Normalverfahren

Bei jeder Vorflugkontrolle ist es nötig, sich zu vergewissern, dass kein oder nur gewollter Trudelballast montiert ist.

## Vor dem Start:

1. Spornkuller abgenommen ?
2. Fallschirm richtig angelegt ?
3. ggf. Reißleine für autom. Fallschirm befestigt ?
4. Anschnallgurte fest (besonders Bauchgurt) ?
5. Ruder freigängig ?
6. Bremsklappen eingefahren und verriegelt ?
7. Trimmung in Startstellung ?
8. Trudelballast Hinweisschild?
9. Höhenmesser eingestellt ?
10. Funkgerät eingeschaltet, Sprechprobe ?
11. Windrichtung prüfen !
12. Beide Haube geschlossen und verriegelt !
13. Verhalten bei Startabbruch klar ?

### Truderverhalten

Die ASK 21 trudelt sowohl im Normal wie im Rückenflug.

**WARNUNG:** *Zulässig ist nur Trudeln in Normalfluglage.*

Die ASK 21 trudelt schnell, steil und von einer Nickschwingung überlagert. Durch die Nickschwingung pendelt sie zwischen sehr steilen Phasen und Phasen mit geringer Längsneigung. Dadurch kann die Nase fast bis an den Horizont hochkommen und gleichzeitig das Fahrtgeräusch fast vollständig verebben. Diese flacheren Phasen ist man möglicherweise vom Trudeln mit anderen Kunststoff-Segelflugzeugen nicht gewöhnt. Sie werden mit zunehmender Zuladung deutlicher. Es ist jedoch in allen Phasen möglich, das Trudeln sicher innerhalb einer Umdrehung zu beenden. Dazu sind jedoch einige wichtige Punkte zu beachten.

**WARNUNG:** *Folgende wichtige Punkte sind beim Ausleiten zu beachten (siehe Flughandbuch Seite 13):*

- *Gegen-Seitenruder bewußt **bis zum Anschlag** treten und getreten lassen bis Drehbewegung aufhört.*
- *Nach dem Treten des Gegenseitenruders eine kurze Pause (ca. ½ Trudelumdrehung) und erst dann Knüppel nachlassen.*
- *Solange die Drehbewegung nicht gestoppt hat nur dem Druck des Höhensteuers nachgeben. **Nicht** voll nachdrücken.*

Mißachten dieser Punkte kann das Ausleiten verzögern oder sogar verhindern.

**WARNUNG:** *Beim Abkippen oder beim Trudeln kann das Wiederherstellen der Normalfluglage um bis zu drei zusätzliche Umdrehungen verzögert werden, wenn vor dem Gegenseitenruder nachgedrückt wird.*

Um ein reproduzierbares Ergebnis unabhängig von der Einstellung der Höhensteuertrimmung zu erreichen, achtet man darauf, den Knüppel in Neutralstellung, das heißt in die Mitte des Bewegungsbereichs des Höhensteuers, zu bringen. In keinem Fall ist aber der Knüppel in Richtung voll kopflastig zu drücken.

### **Sich vertraut machen**

**WARNUNG:** *Bei Piloten, die nicht mit dem Trudeln dieses Flugzeugs vertraut sind, können das sich ändernde Cockpitgeräusch, die sich ändernde Längsneigung und die sich ändernden Drehgeschwindigkeiten und Fahrtmesseranzeigen zusammenwirken und desorientieren. Falls das passiert, sollten sofort die für das Ausleiten notwendigen Steuerschläge gegeben werden.*

Wir empfehlen unbedingt auch erfahrenen Fluglehrern sich vorab mit dem Trudelverhalten der ASK 21 (Mi) doppelsitzig vertraut zu machen. Dies kann mit einem Fluglehrerkollegen geschehen, der mit Trudeleinweisungen auf ASK 21 und bereits Erfahrung hat. Wenn die Trudelgewichtshalterung im Verein neu ist, gibt es vielleicht Möglichkeiten über die Luftsportverbände und Fluglehrerfortbildungen. Unabhängig von Lehrgängen ist es bei verschiedenen Flugschulen möglich, sich mit dem doppelsitzigen Trudeln mit der ASK 21 vertraut zu machen. Eine Liste solcher Flugschulen kann bei der Firma Alexander Schleicher erfragt oder auf deren Internetpräsenz gesucht werden.

### **Zustand des Flugzeugs**

Der Zustand des Flugzeuges muß identisch mit dem bei der Wägung sein. Um dies nachvollziehen zu können, ist die Ausstattung im Ausstattungsverzeichnis angegeben.

Wenn die Batterien in den Flügelwurzeln bei der Wägung eingebaut waren, müssen sie auch im Flug eingebaut sein.

**WICHTIGER HINWEIS:** *Die Ruderschlitze müssen so abgedichtet sein, wie in Wartungsanweisung C beschrieben.*

Mißachten dieses Punktes kann das Ausleiten verzögern oder vielleicht sogar verhindern!

Die Ruderschlitze von Quer- und Höhenruder müssen *abgedichtet* sein. Dies geschieht entsprechend Wartungsanweisung C unterhalb der Mylar-Abdeckbänder durch ein sogenanntes Dicht- und Gleitband. Mylar-Abdeckbänder ohne Dichtband darunter reichen nicht aus!

Vor dem Mylar-Abdeckband des Seitenruderschlitzes befindet sich ein Zackenband (auch kombiniertes Band möglich, Wartungsanweisung C).

### **Benutzung der Trudeltabelle**

Vor jedem Flug mit Trudelballast müssen die Insassen mit der im Flug getragenen Ausrüstung (Bekleidung, Fallschirm,..) gewogen werden. Der Trudelballast ist aus der aktuellen Trudelballast-Tabelle zu bestimmen (siehe Seite Trudelballast – 9.A.8). Die Masse des Piloten im vorderen Sitz legt die relevante Zeile, die Masse des Piloten im hinteren Sitz die relevante Spalte fest. Am Kreuzungspunkt steht die Anzahl der zu befestigenden Ballastplatten (je 1kg).

Jeder andere Trimmballast und (lose) Ausrüstungsgegenstände im Cockpit müssen entfernt werden. Bei Anwenden der Tabelle stellt sich auch bei Unterschreiten der (im Beladeplan angegebenen) Mindestzuladung eine zulässige Fluggewichtsschwerpunktlage ein. Wenn entsprechend Trudeltabelle ein oder mehr Ballastplatten am Leitwerk montiert werden, stellt sich im Flug eine Schwerpunktlage von etwa 406mm ein. Bei niedriger Cockpitbeladung zeigt die Trudeltabelle an, daß kein Trudelballast nötig ist. Dann liegt der Flugmassenschwerpunkt zwischen 406mm und 469mm.

Maximal 12 Trudelballastplatten sind zulässig. Die Platten sind gleichmäßig links und rechts auf die Seitenflosse zu verteilen und mit der vorgesehenen Schraube zu befestigen.

**WICHTIGER HINWEIS:** Es **muss** die auf dem Cockpit-Schild (siehe oben) aufgeschraubte Scheibe und Mutter verwendet werden. Nach Entfernen des Trudelballastes muss Scheibe und Mutter wieder am Schild befestigt werden.

Höhere Massen im Cockpit und am Leitwerk beeinflussen die Drehgeschwindigkeit der Trudelbewegung und auch die Amplitude und Frequenz der überlagerten Längsschwingung. Bei größeren Massen ist die mittlere Längsneigung etwa  $-40^\circ$  und die Amplitude beträgt etwa  $\pm 30^\circ$ .

Der Höhenverlust pro Umdrehung beträgt unabhängig von der Trudelform etwa 60m mit einer Bandbreite von 45 bis 80m.

### **Trudeln, Einleitverfahren:**

Einleiten nach dem in Kapitel 4.5.9 beschriebenen Verfahren.

Ein Querruderimpuls entgegen Drehrichtung im rechten Augenblick kann das Einleiten unterstützen.

**WICHTIGER HINWEIS:** *Wir empfehlen das Trudeln mit großzügiger Sicherheitshöhe einzuleiten.*

Beispielsweise empfiehlt sich das Einleiten in mindestens 1000m 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 1300m AGL.

Bei der Wahl der Sicherheitshöhe ist immer damit zu rechnen, daß der Flugschüler nicht auf Anhieb richtig ausleitet, oder andere Unwägbarkeiten auftreten. Das Ausleiten selbst kann sich zum Beispiel um drei zusätzliche Umdrehungen verzögern, wenn beim Abkippen oder beim Trudeln nachgedrückt wird, bevor Gegenseitenruder gegeben wird.

**WARNUNG:** *Wenn sich eine Steilspirale einstellt, sollte sofort die Querneigung mit Seiten- und Querruder abgebaut werden, und der Knüppelkraft nachgegeben werden, um eine Überlastung der Struktur zu verhindern.*

Wenn die Strömungsgeräusche so anschwellen, daß eine Verständigung zwischen der Besatzung schwierig wird, oder wenn die Fahrtmesseranzeige über 110 km/h steigt, dann trudelt das Flugzeug nicht mehr, sondern befindet sich wahrscheinlich in einer Steilspirale.

**ANMERKUNG:** *Wir empfehlen, beim Abfangen die Geschwindigkeit **nicht** mit den Bremsklappen zu reduzieren, da die zulässigen Lastvielfachen mit ausgefahrenen Bremsklappen nur +3,5g / -0g betragen.*

### **Trudeln, Ausleitverfahren:**

Ausleiten nach dem Standardverfahren, siehe Kapitel 3.5

## **5 Leistungen**

Durch den Luftwiderstand der Trudelgewichte verschlechtert sich die Gleitleistung der ASK 21 Mi geringfügig.

Die Leistungen im Motorflug ändern sich nicht spürbar.

Naturgemäß wird das Flugzeug durch die rückwärtige Schwerpunktlage auf Höhensteuerausschläge stärker reagieren.

## **6 Masse und Schwerpunkt**

Bei jeder neuen Wägung des Flugzeugs muss eine aktuelle Trudelballast-Tabelle vom Hersteller angefordert und nach dieser Seite abgeheftet werden (Seite 9.A.8 Trudelballast, Details siehe Abschnitt 13.A im Wartungshandbuch).

Es soll Aufgabe des Prüfers sein, bei Ausfüllen des Beladeplans in Kapitel 6, die alte Tabelle zu entnehmen. Der Halter kann die neu angeforderte Tabelle ohne Zutun eines Prüfers einheften.

Anstelle dieser Seite wird die Trudelballast-Tabelle eingefügt.



## **Anhang zu A Trudelballast Übersetzung des USAF Handbuchs**

Die US Air Force hat die ASK 21 mit Trudeltgewichten 1989 eingehend erprobt. Die Ergebnisse sind auch bisher bereits eingeflossen. In dem USAF-Bericht wird auch eine Empfehlung für das Flughandbuch gegeben. Der Text ist für den Flugschüler zu detailliert. Da er aber dem Fluglehrer nicht vorenthalten werden soll, wird er im folgenden als Anhang abgedruckt. Da er älter ist, gibt es natürlich Abweichungen zum derzeitigen Konzept (z.B. Trudeltgewichtstabelle).

### **Schleicher ASK-21 (TG-9) Stall and Spin Evaluation**

**Doyle B. Janzen, Charles J. Precourt**

**July 1989,**

**Air Force Flight Test Center Edwards Air Force Base**

*Übersetzung durch AS, nach bestem Wissen und Gewissen<sup>1</sup>*

*Dies ist ein zusätzlicher Text zur Information des Piloten.*

*Er ist nicht Teil des anerkannten Handbuchs der ASK 21.*

[..] Die folgende Besprechung ist die empfohlene Ausarbeitung für Abschnitt VI (Flugeigenschaften) des Flughandbuchs. Diese Informationen sind ebenfalls für das Flughandbuch des Herstellers geeignet. [..]

### **Abkippen und Trudeln**

#### **Einleitungsverfahren**

Das einfachste Verfahren Trudeln einzuleiten, besteht darin, aus dem schiebefreien Geradeausflug heraus, bis zum Überziehen die Flugzeugnase konstant 10° über dem Horizont zu halten, und gleichzeitig sanft Seitenrudervollausschlag zu geben und voll zu ziehen. Im rechten Zeitpunkt vor dem Überziehen Querruderausschläge zu geben, kann

---

<sup>1</sup> Bitte Anmerkungen am Ende des Textes beachten. Anmerkungen des Übersetzers im Text oder Auslassungen sind mit eckigen Klammern [ ] gekennzeichnet.

eine zusätzliche Drehbeschleunigung um die Hochachse erzeugen (negatives Wendemoment des Querruders) und damit das Einleiten des Trudelns unterstützen. Das gilt besonders für eher vorlastige Schwerpunktlagen, bei denen Seitenruder und Höhenruder alleine kein richtiges Trudel-Einleiten erreichen.

Das Einleiten des Trudelns hängt von den Umständen ab. Wenn das Einleiten mit zu viel Anstellwinkel durchgeführt wird, entsteht ein Spiralsturz. Wenn der Anstellwinkel beim Einleiten zu flach ist, entsteht ein Seitengleitflug mit viel Querneigung. Spiralsturz und Seitengleitflug treten häufiger auf, je vorlastiger die Schwerpunktlage ist. Mit Schwerpunktlagen vor 315mm [bzgl. Bezugspunkt (BP)] wird ein erfolgreiches Einleiten des Trudelns unwahrscheinlich. In diesem Fall führt das Einleiten zu Spiralstürzen und Seitengleitflügen, unabhängig von dem Einleite-Verfahren.

### **Einfluß der Massenverteilung**

Ob das Einleiten des Trudelns erfolgreich ist, hängt auch von der Massenverteilung ab. Die ASK 21 besitzt die besondere Möglichkeit Heckballast anbringen zu können, das heißt, daß sie an beiden Enden des Rumpfs beladen werden kann. Obwohl die Ballastgewichte dafür ausgelegt wurden, den Schwerpunkt zu verschieben, beeinflussen sie auch stark die Trägheitsmomente, die ihrerseits das Verhalten des Flugzeugs in Flugmanövern bestimmen. Da der Heckballast maßgeblich die Massenträgheit der Längsachse erhöht, führt jedes anfängliche Gieren zu mehr Drehimpuls, verglichen mit dem Fall ohne Gewichte. Dieser größere Drehimpuls führt dazu, daß Trudeln bei vorlastigeren Schwerpunktlagen eingeleitet werden kann, als es im Fall geringeren Trägheitsmomentes der Fall wäre.

In der Flugerprobung konnte Trudeln bis zu vorlastigen Schwerpunktlagen von 328mm erreicht werden. Bei Beladungen mit minimalem Trägheitsmoment (einsitzig, leichter Pilot, ohne Heckballast), konnte instationäres Trudeln bei Schwerpunktlagen hinter 330mm, und stationäres Trudeln bei Schwerpunktlagen hinter 381mm erreicht werden. Mit größerem Trägheitsmoment (zwei Piloten und Heckballast), kann instationäres Trudeln ab 318mm auftreten und stationäres Trudeln bereits ab 343mm. Damit sorgt der Heckballast dafür, daß die Soll-Schwerpunktlage, bei der getrudelt werden kann, sukzessive nach vorne wandert, wenn die Gewichte der Piloten zunehmen.

[..] Mit Bezug auf die Testergebnisse [..] liegt die beste Schwerpunktlage für Trudeleinweisungen bei 406mm. [..] Die maximale Anzahl von Heck-Trimmplatten beträgt [12]. Wenn die Pilotengewichte es notwendig machen würden, mehr als [12] Heck-Trimmplatten zu montieren [..], sollen [12] Platten montiert werden, was zu einer Schwerpunktlage leicht vor 406mm führt. Durch das erhöhte Trägheitsmoment in diesem Fall, wird das Flugzeug für die Einweisung trotzdem leicht zu trudeln sein.

### **Einleitungsverfahren ohne Seitenruder**

Unter bestimmten Bedingungen kann Trudeln ohne Seitenrudereingabe auftreten. Beginnendes Abkippen beim Überziehen kann ein ausreichend starkes Gieren erzeugen, so daß das Seitenruder in die trudeleinleitende Richtung ausweht. Ein Abkippen kann durch das negative Wendemoment verursacht werden, wenn in der Nähe des Überziehens oder bei Turbulenz Querruderausschläge ohne die passenden Seitenruderausschläge gegeben werden. In diesen Fällen, wenn das Flugzeug nicht wieder eingefangen wird, indem das Seitenruder entgegen der Abkipprichtung ausgeschlagen und das Überziehen durch Nachdrücken beendet wird, kann das Flugzeug ins Trudeln kommen.

[..] Wenn nahe am Überziehen nicht sauber mit koordinierten Quer- und Seitenruderausschlägen geflogen wird, kann das Flugzeug allein durch Steuerknüppeleingaben abkippen oder ins Trudeln kommen

## **Trudel-Eigenschaften**

### **Trudel-Formen**

Die ASK 21 hat zwei Trudelformen, eine aufrechte und eine in Rückenlage. Beide kann man als schnell, steil und schwingend bezeichnen. Jedoch sorgt die Schwingung in der Trudelmovement für eine Veränderung der Längsneigung, die von extrem steil bis fast flach schwanken kann. Die mittlere Längsneigung wird als steil klassifiziert. Die Trudelmovement kann auch ruhig erscheinen, anstelle von schwingend, in Fällen, in denen nur drei Umdrehungen oder weniger geflogen wurden.

Das kommt daher, daß die Schwingungsdauer und Frequenz der Anstellwinkelschwingung sich mit der Schwerpunktlage und dem Trägheitsmoment verändern. Man kann eine Bandbreite von einer Schwingung pro Umdrehung bis zu einer Schwingung pro drei Umdrehungen beobachten, abhängig von der Beladung.

### **Trudel-Parameter**

Die Längsneigung der ASK 21 während aufrechten Trudelns pendelt um  $40^\circ$  bis  $50^\circ$  Nase unter dem Horizont. In der steilen Phase der Schwingung ist die Nase bis zu  $70^\circ$  unter dem Horizont, und in der flachen Phase kommt die Nase bis zum Horizont nach oben. In keinem Fall neigt die flache Phase dazu, sich zu einer Situation zu entwickeln, aus der nicht mehr ausgeleitet werden kann. Bei manchen Gelegenheiten ist die Längsneigung steil genug, daß der Anstellwinkel kurzfristig kleiner ist als im überzogenen Flugzustand, wodurch sich das Trudeln beendet, sobald das Flugzeug nach unten pendelt.

Die Frequenz der Schwingung nimmt zu, wenn der Schwerpunkt weiter hinten liegt; wogegen eine Zunahme des Trägheitsmomentes sich in größeren Schwingungsamplituden niederschlägt. Beispielsweise, bei vordersten Schwerpunktlagen, tritt eine Schwingung pro drei Umdrehungen auf. An der hintere Schwerpunktlage, tritt die Schwingung jede  $\frac{3}{4}$  bis ganze Umdrehung auf. Bei niedrigem Trägheitsmoment schwingt die Längsneigung etwa  $\pm 15^\circ$  um  $50^\circ$  unter dem Horizont, wogegen bei großem Trägheitsmoment die Längsneigung  $\pm 30^\circ$  um  $40^\circ$  unter dem Horizont pendelt.

Die Drehgeschwindigkeit beträgt immerhin  $140^\circ/\text{s}$ , oder eine Umdrehung in 2,5 Sekunden. Diese Drehgeschwindigkeit tritt in der steilen Phase der Trudelbewegung auf. Während der flachen Phase ist die Drehung nur  $90^\circ/\text{s}$  langsam, also eine Umdrehung in 4,5 Sekunden. Die mittlere Drehrate ist am schnellsten bei vorderen Schwerpunktlagen und großen Trägheitsmomenten, wo also die Schwingungsdauer am größten ist. Hin zur hinteren Schwerpunktsgrenze, wo Schwingungen in Richtung flacherer Längsneigungen häufiger sind, ist die mittlere Drehrate am langsamsten.

Bei allen Trudelformen beträgt der Höhenverlust pro Drehung ungefähr 60m, mit einer Spanne von 46m bis 79m. Das zeigt, daß unabhängig von der überlagerten Längsschwingung, die Sinkrate relativ konstant bleibt.

Die Fahrtmesseranzeige variiert während des Trudelns mit der Längsneigung. In den meisten Fällen pendelt die Fahrtmesseranzeige zwischen 56 km/h. und 74 km/h. Während größerer Schwingungsauslässe der Längsneigung treten auch größere Schiebewinkel auf und der Fahrtmesser zeigt fehlerhafterweise Null oder weniger (Der Zeiger läuft rückwärts [..]).

Da die Fahrtmesseranzeige während des Trudelns unzuverlässig sein kann, ist besondere Aufmerksamkeit notwendig, um den Übergang in eine Steilspirale wahrzunehmen. Wenn das Strömungsgeräusch durch die Außenströmung bis zu dem Punkt anschwillt, daß eine Verständigung zwischen der Besatzung schwierig wird, oder wenn die Fahrtmesseranzeige ansteigt und die 110 km/h durchsteigt, dann trudelt das Flugzeug nicht mehr, sondern befindet sich wahrscheinlich in einer Steilspirale. Es sollte sofort [das Flugzeug mit Seiten- und Querruder aufgerichtet werden], und der Knüppelkraft nachgegeben werden, um ein mögliches Überschreiten der zulässigen Geschwindigkeiten oder ein mögliches Überlasten zu vermeiden, was mit schnellen Steilspiralen verbunden sein kann. Bremsklappen sollten nach Bedarf verwendet werden, um die Geschwindigkeit während des Abfangens aus jeder Art Trudeln oder Steilspirale zu kontrollieren [Anmerkung: AS empfiehlt, die Bremsklappen *nicht* im Abfangbogen zu verwenden. Durch das Ausfahren der Bremsklappen wird die Auftriebsverteilung ungünstig beeinflusst, und das erträgliche Lastvielfache nimmt auf +3,5g / -0g ab, siehe Flughandbuch Abschnitt II.5].

[..]

Das Geräusch im Cockpit ändert sich ebenfalls durch die Längsneigungsschwingung im stationären Trudeln. Während steiler Phasen der Trudelbewegung ist das Cockpitgeräusch durch die Außenströmung am lautesten, während in den flachen Phasen das Cockpit sehr ruhig ist.

**WARNUNG:** *Das sich ändernde Cockpitgeräusch, die sich ändernde Längsneigung und die sich ändernden Drehgeschwindigkeiten und Fahrtmesseranzeigen können zusammenwirken und bei solchen Piloten Desorientierung erzeugen, die nicht mit dem Trudeln dieses Flugzeugs vertraut sind. Falls das passiert, sollten sofort die für das Ausleiten notwendigen Steuerausschläge gegeben werden, um jede mögliche Folge dieser Desorientierung zu minimieren.*

Ruderkräfte im Trudeln sind gering. Die Querruder haben die Tendenz in Trudelrichtung auszuweichen, einhergehend mit einer seitlichen Kraft von 2,3 bis 4,5 daN am Knüppel. Bei den höheren Drehgeschwindigkeiten im Trudeln fallen die Höhen- und Seitenruderkräfte, wenn voll in Trudelrichtung ausgeschlagen, auf Null ab.

## **Ruderwirksamkeit**

### **Ausleiten nach Handbuch**

Wenn Gegenseitenruder an einem langsamen Punkt, oder einer flachen Phase des Trudelns gegeben wird, hört die Drehung in  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Umdrehung auf und das Flugzeug beendet das Trudeln. In der Mehrzahl der Fälle, selbst bei höheren Drehgeschwindigkeiten, beendet Gegenseitenruder das Trudeln in  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  Umdrehung nach dem Beginn der Eingabe. Bei Schwerpunktlagen zwischen 355 und 406mm und bei größeren Trägheitsmomenten kann das Flugzeug bis zu  $1\frac{1}{2}$  Umdrehungen nachdrehen. Es ist zwingend erforderlich, daß eine kurze Pause zwischen Gegenseitenruder und Nachlassen des Knüppels eingehalten wird, andernfalls können noch größere Verzögerungen beim Ausleiten auftreten.

[Aufgrund dieser Aussagen wurde das Flughandbuch ergänzt und der Hinweis auf die Pause zwischen Gegenseitenruder und Nachlassen des Knüppels aufgenommen]

Ein Nachdrehen von  $1\frac{1}{2}$  Umdrehungen kann bis zu 5 Sekunden beanspruchen, was einem unerfahrenem Piloten überaus lang erscheinen kann. Das Ausleitverfahren nach Flughandbuch hat eine 100% Erfolgsquote, wenn ihm genügend Zeit gegeben wird zu wirken.

### **Einfluß der Querruder**

Bei der ASK 21 erzeugt ein Querruderausschlag entgegen der Trudelrichtung sowohl eine spürbare Querneigung entgegen der Trudelrichtung, als auch eine abnickende Drehbewegung. Das beendet manchmal das Trudeln, weil zum einen durch die Trägheitskopplung das Gieren verlangsamt, und zum anderen das Abnicken das Flugzeug in einen steilen Seitengleitflug bringt. In anderen Fällen bleibt das Flugzeug mit einer Querneigung entgegen der Trudelrichtung im Trudeln. Deswegen bringt ein Querruderausschlag entgegen der Trudelrichtung keinen zuverlässigen Beitrag zum Ausleiten des Trudelns.

Querruder in Trudelrichtung erhöhen die Drehgeschwindigkeit des Trudeln, aber dieser Effekt wird überdeckt durch das schwingende Verhalten der Trudelparame-ter. In den meisten Fällen vergrößern Querruder in Trudelrichtung die Drehgeschwindigkeit geringfügig und stabilisieren das Trudeln. Die Ergebnisse von Versuchen allein mit dem Querruder weisen darauf hin, daß Querruder neutral die beste Stellung zum Ausleiten ist.

### **Einfluß des Höhenruders**

In manchen Fällen, wenn ohne Seitenruderausschlag nur nachgedrückt wird, dauert das Trudeln an. Sowohl in der anfänglichen Trudel-Phase, direkt nach dem Abkippen, als auch zu Beginn der Aufnickenden Schwingung, kann volles Nachdrücken das Ausleiten um bis zu drei Umdrehungen verzögern.

**WARNUNG:** *Beim Beenden des überzogenen Flugzustandes, wenn der Flügel beginnt abzukippen, oder bei vollem Abkippen oder beim Trudeln kann das Wiederherstellen der Normalfluglage um bis zu drei zusätzliche Umdrehungen verzögert werden, wenn vor dem Gegenseitenruder nachgedrückt wird.*

### **Freigeben der Steuerung**

In der Mehrzahl der Fälle, wenn die Steuerung während des Trudeln freigegeben wird, bewegt sich der Knüppel seitlich in Trudelrichtung. Der Knüppel erreicht normalerweise den Anschlag der Quersteuerung und bewegt sich dann nach vorne Richtung neutral. Die Längsneigung des Flugzeugs wird steiler und dann kehrt das Seitenruder auf neutral zurück. An diesem Punkt leitet das Flugzeug von alleine in einer sehr steilen Fluglage aus.

Wenn die Steuerung losgelassen wird, just nachdem die Längsneigung den tiefsten Punkt durchquert hat, und die Drehgeschwindigkeit groß ist, bewegt sich der Knüppel abrupt in Trudelrichtung und bleibt in der Position Voll gezogen / Voller Querruderausschlag. Die Seitenruderpedale bleiben ebenfalls im Vollausschlag, oder zumindest annähernd so, und das Trudeln setzt sich ohne Ende fort, bis der Pilot die Steuerung in die Position zum Ausleiten bringt. Das ist besonders häufig im Bereich der Schwerpunktlage von 355 bis 406mm, bei Beladungen mit großem Trägheitsmoment. Da die Luftkräfte die Steuerung gelegentlich in trudelbegünstigende Richtung auswehen können, ist es kein brauchbarer Ansatz, die Steuerung freizugeben, um das Trudeln zu beenden. Das

Trudel-Ausleitverfahren muß angewendet werden um ein zuverlässiges Ausleiten zu gewährleisten.

## Trudeln im Rückenflug

Die [USAF-]Flugversuche haben bestätigt, daß die ASK 21 eine Trudelform im Rückenflug besitzt. Flugversuche wurden mit Schwerpunktlagen zwischen 401mm und der hintersten Schwerpunktlage durchgeführt.

**WARNUNG:** *Beabsichtigtes Trudeln im Rückenflug ist verboten.*

### Anfälligkeit

[..] Trudeln im Rückenflug wird mit Schwerpunktlagen vor 401mm unwahrscheinlicher, da die Stellung der Ruder wichtiger wird. Insgesamt ist die ASK 21 „extremely resistant“ gegenüber Trudeln im Rückenflug, weil unabhängig von der Schwerpunktlage nur fortdauerndes Überziehen im Rückenflug zum Trudeln führt. Obwohl Flugversuche eine zunehmende Unwilligkeit bei Schwerpunktlagen vor 401mm nahelegen, kann daraus nicht geschlossen werden, daß bei Schwerpunktlagen weiter vorne Trudeln im Rückenflug unmöglich ist.

### Eigenschaften

Das Abkippen im Rückenflug und der Eingang ins Trudeln sind im Wesentlichen ein Spiegelbild der Situation im Normalflug. Die Flugzeugnase senkt sich auf 60° unter Horizont und verharrt dort. Im Cockpit bauen sich Lastvielfache von -2g auf und die Nase schwenkt zurück auf 40° unter Horizont. Das Trudeln entwickelt sich innerhalb einer Drehung um 180° und hat eine Schwingung, genau wie im aufrechten Trudeln. Der Höhenverlust beträgt 61 bis 91 m pro Umdrehung und die Drehgeschwindigkeit beträgt eine Umdrehung pro 3 bis 3½ Sekunden. Bei den getesteten Schwerpunktlagen schwingt die Trudelbewegung alle ¾ bis ganze Umdrehung. Sobald das Trudeln ausgebildet ist, schwingen die Lastvielfachen zwischen -1 und -1,5g. Die Fahrtmesseranzeige pendelt in der Nähe von 75 km/h und bleibt durchgehend unbrauchbar. Die Lasten im Cockpit fühlen sich unangenehm an, aber die übrigen Trudeleigenschaften sind sehr vergleichbar mit dem aufrechten Fall.

Ausleiten des Rückentrudeln findet zügig statt (¼ bis ½ Umdrehung), wenn die Steuerorgane in Neutralstellung gebracht werden. Der Höhenverlust von Beginn des Ausleitens bis zum Horizontalflug beträgt 122 bis 152 m. Da die Trudelbewegung sowohl eine Rollkomponente als auch eine Gierkomponente beinhaltet, rollt das Flugzeug während



des Abfangens selbstständig in den Normalflug, ohne daß der Pilot zusätzliche Steuereingaben macht. Die Fahrtmesseranzeige während des Abfangens beträgt typischerweise 167 bis 185 km/h.

## Anmerkung zur Übersetzung

Die deutsche Übersetzung wirkt stellenweise hölzern, weil im Zweifelsfall versucht wurde, nahe am Original zu bleiben. Im englischsprachigen Original werden einige Fachbegriffe verwendet, für die es nicht immer 100%ige Entsprechungen im Deutschen gibt. Sie wurden daher im Text umschrieben.

Englischer Begriff	Deutsche Umschreibung	Definition im Original
Departure	Nicht mehr aussteuerbares Abkippen	Ereignis des überzogenen Flugzustandes, das den Eintritt in eine poststall Drehbewegung oder in Trudeln auslöst. Der Moment, der durch unbefohlene, aus dem Ruder laufende Flugzeugbewegungen gekennzeichnet und synonym mit dem vollständigen Kontrollverlust ist.
G-break	Durchsacken	
Incipient spin	Instationäres Trudeln	Trudeln, das eine Umdrehung, aber nicht mehr als 5 Umdrehungen anhält, und sich selbst beendet, obwohl das Trudeln begünstigende Steuereingaben beibehalten bleiben.
Nose drop	Abnicken	
Sustained Spin	Stationäres Trudeln	Trudeln, das mindestens 5 Umdrehungen anhält, oder auch beliebig weiter andauern würde, solange das Trudeln begünstigende Steuereingaben beibehalten werden.
Wing drop	Beginnendes Abkippen über einen Flügel	

## 6.1 Einführung

Im vorliegenden Abschnitt werden die Verfahren zur Bestimmung der Leermasse und des Leermassenmoments des Flugzeuges beschrieben. Darüber hinaus werden Verfahren zur Ermittlung der Schwerpunktlagen angegeben.

Eine Liste der vorhandenen Ausrüstung findet sich im jeweils letzten gültigen Prüfbericht.

Da die Schwerpunktlage großen Einfluss auf die sichere Durchführung von Flügen hat, sind die vorgegebenen Grenzen unbedingt einzuhalten.

Besonders nach Reparaturen, nach dem Einbau zusätzlicher Ausrüstung und nach Lackierung ist darauf zu achten, dass der Leermassenschwerpunkt innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt. Ist dies nicht durch ein rechnerisches Verfahren durchzuführen, so muss eine Wägung durchgeführt werden.

## 6.2 Wägevverfahren

Bezugspunkt (BP) für die Schwerpunktwägung- und Rechnung ist die **Flügelvorderkante** an der Wurzelrippe.

Zur Wägung wird das Flugzeug so ausgerichtet, dass die Oberkante eines Keils von 1000 : 52 auf der Rumpfröhre vor dem Seitenleitwerk waagrecht ist (siehe Fig. 6.2-1). Die Wägung lässt sich am einfachsten mit zwei Waagen durchführen.

**WICHTIGER HINWEIS:** Bei der Durchführung der Wägung sind kalibrierte Waagen zu verwenden. Die Hebelarme für die Bestimmung der Leergewichtsschwerpunktlage sind bei jeder Wägung neu zu messen.

### 3. Wägeverfahren und Trudelballasttabelle

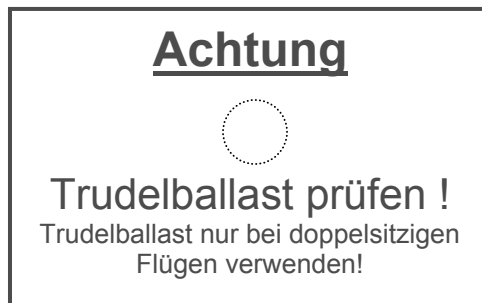
Nach jeder neuen Wägung muß die evtl. bereits vorhandene Trudelballast-Tabelle (Flughandbuch Seite 9.A.8 bzw. Seite 9.B.12) entfernt werden. Ohne gültige Trudelballast-Tabelle bleibt die ASK 21 Mi lufttüchtig, der Trudelballast am Heck darf aber nicht benutzt werden.

Eine neue Tabelle für die Anbringung der Trudeltgewichte kann beim Hersteller angefordert werden. Eine Kopie des vom Prüfer abgezeichneten und gestempelten Wägeformulars und des Ausrüstungsverzeichnisses muss zum Hersteller mitgeschickt werden. Die Tabelle ist im Flughandbuch hinter der Seite 9.A.7 abzuheften.

Wenn die Wägung mit ausgebautem Triebwerk durchgeführt wurde, ist dies bei Bestellung der Trudeltabelle deutlich zu machen. Die Trudeltabelle wird dann hinter Seite 9.B.11 einsortiert und gilt nur für den Betrieb mit ausgebautem Triebwerk.

### 4. Schilder und Markierungen

Hinweisschild am vorderen Instrumentenbrett, das auf montierten Trudelballast hinweist:



Durch das Schild muss von der Rückseite eine M8-Schraube befestigt sein. Wenn Trudelballast am Heck befestigt ist (= Gefahr), ist das Schild sichtbar. Wenn der Trudelballast nicht montiert ist, verdeckt die Mutter zur Befestigung des Trudelballasts das Schild.