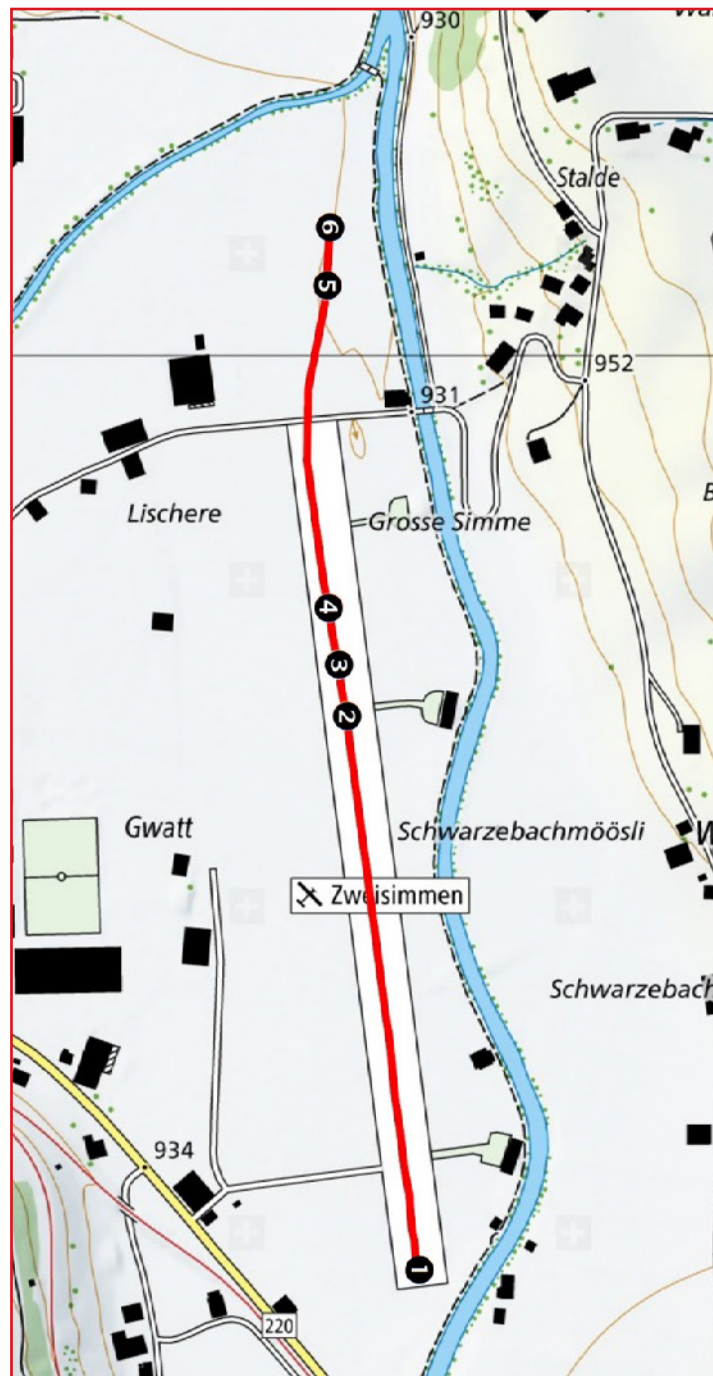


Pilot Induced Oscillations



1 GPS-Aufzeichnung des Segelflugzeuges (rot) mit Startposition 1, Aufschlagspuren auf der Piste 2 3 4, Landeort 5 und Endlage 6

Im *segelfliegen magazin* 6/2023
wurde ein Vorfall diskutiert,
bei welchem ein Schleppflugzeug
durch kurze, heftige Oszillationen
beim Abheben des Segelflugzeuges
zum Absturz gebracht worden ist.
Im vorliegenden Artikel
will ich detaillierter auf das Thema
Pilot Induced Oscillations
– in der Folge PIO genannt –
eingehen.

TEXT ROLAND BIERI BILDER BUNDESAMT FÜR LANDESTOPOGRAFIE, NASA, AS FLUGZEUGBAU

Der summarische Bericht der SUST zu einem Vorfall mit einer ASK 23 B in Zweisimmen ist typisch für eine Vielzahl ähnlicher Vorfälle mit PIO. Der Unfallhergang stellt sich wie folgt dar:

Der Start des Segelflugzeuges ASK 23 B, eingetragen als HB-1796, erfolgte am 25. Juli 2020 um 15:52 Uhr. Der Startvorgang verlief zu Beginn normal. Während der Beschleunigung verblieb das Bugrad des Segelflugzeuges zunächst am Boden, bis das Segelflugzeug in einer schnellen Rotationsbewegung schlagartig von der Piste abhob. Unmittelbar darauf oszillierte das Segelflugzeug um seine Querachse, wobei es zweimal auf der Piste aufsetzte und wieder abhob. Nun hob auch das Schleppflugzeug ab. Während dieses in den Steigflug überging, sank das Segelflugzeug ohne weitere Oszillationen ab und setzte erneut auf der Piste auf.

Nach dem erneuten Aufsetzen hob das Segelflugzeug wieder ab, worauf es einmal mehr zu einer Oszillation des Segelflugzeuges um seine Querachse mit mehrfachem Aufsetzen und Wiederabheben kam. In dieser Zeit stieg das Schleppflugzeug weiter. Die Aufsetzvorgänge des Segelflugzeuges nahmen kontinuierlich an Härte zu, bis es zu Aufschlägen mit deutlich erkennbarer Durchbiegung der Flügel und Aufschlagspuren auf der Piste kam (*Bild 1 Punkte 2, 3 und 4*).

Der Segelflupilot entschied sich in der Folge zu einem Startabbruch und klinkte das Schleppseil aus. Nach dem Klinken

ging das Segelflugzeug in einen steilen Steigflug über und erreichte etwa am Pistenende eine Höhe von rund 20 m über Grund. Der Pilot versuchte erfolglos, dieser Bewegung am Höhensteuer entgegenzuwirken, und fuhr zusätzlich die Bremsklappen aus. Schließlich nickte das Segelflugzeug nach unten und landete im zum Pistenende angrenzenden Wiesland. Der Pilot verließ das Segelflugzeug unverletzt. Das Segelflugzeug wurde durch die Aufschläge auf der Piste schwer beschädigt. Das Schleppflugzeug landete nach einer Platzrunde ereignislos.

In Wikipedia finden wir folgende PIO-Definition:

Pilot Induced Oscillation (PIO), auch Aircraft Pilot Coupling (APC), ist in der Luftfahrt ein unerwünschtes Verhalten des Flugzeugs, das durch eine Überreaktion des Piloten auf Auswirkungen seiner Steuerimpulse entstehen kann. Insbesondere wenn die Steuersysteme des Luftfahrzeugs nur mit Verzögerung auf die Kommandos des Piloten reagieren, dieser deswegen den Steuerimpuls verstärkt und nach Reaktion des Flugzeugs (die nun stärker ausfällt als ursprünglich gewünscht) mit einer starken Reaktion in die Gegenrichtung auszugleichen versucht, besteht die Gefahr von PIOs. Als Ergebnis führt das Flugzeug eine Schwingung um eine seiner Achsen aus, die zu kritischen Situationen führen kann.

Wir erinnern uns an die ersten Flüge, wenn wir das Flugzeug von 90 auf 120 km/h beschleunigen sollten. Knüppel vorsich-

tig nach vorne, bis der Fahrtmesser 120 anzeigte. Dann ein bisschen zurück, trotzdem nimmt die Geschwindigkeit weiter zu! Endlich bewegt sich auch die Nadel des Geschwindigkeitsmessers zurück, bei 120 wieder ein bisschen nachdrücken. Natürlich ist die Speed schon auf 100 zurückgefallen... so geht das ewig, und gleichzeitig ist bald auch die Querlage irgendwo – bis der Fluglehrer Mitleid hat und mit fast unmerklichen Bewegungen das Flugzeug in Sekundenbruchteilen stabilisiert. Gott sei Dank geht diese Phase für die Flugschüler schnell vorbei.

Obwohl PIO durch Steuereingaben des Piloten ausgelöst werden, spielt das Flugverhalten des Flugzeuges eine wichtige Rolle. So neigen z. B. Flugzeuge mit einem kurzen Rumpf eher zu Schwingungen um die Querachse. PIO ist kein „Anfängerfehler“, auch der Pilot im oben erwähnten Vorfall hatte fast 1000 Flugstunden. Space-Shuttle-Piloten machten beispielsweise über 1000 Trainingsanflüge im Simulator und im Shuttle Training Aircraft (**Bild 2**), bevor sie mit dem richtigen Shuttle fliegen durften. Trotzdem musste beim Space Shuttle nach mehreren Vorfällen im Landeanflug ein PIO-Unterdrückungsfilter eingebaut werden. Auch Linienjets mit ihren Pfeilflügeln würden durch kleinste Störungen um die Hoch- und Längsachse zu schwingen beginnen (die sogenannte

„Dutch Roll“), wenn nicht ein Gier Dämpfer eingebaut wäre, der mit automatischen Seitenruderausschlägen diese Bewegung unterdrückt.

Zurück zum Segelflug. Wie oben erklärt, entstehen die Schwingungen, wenn sich das System Pilot/Flugzeug wegen Störungen und falschen Reaktionen des Piloten aufschauelt. Im freien Flug kann PIO beispielsweise bei starken Turbulenzen auftreten. Das Gefahrenpotential ist geringer als in Bodennähe (solange die Geschwindigkeit nicht in einem kritischen Bereich ist). Wenn die Situation vom Piloten erkannt wird, lässt sie sich durch das Blockieren des Steuerknüppels in Neutrallage stoppen. Ein eigenstabiles Flugzeug hört mit den Schwingungen schnell auf und die Fluglage kann mit genügend Höhe stabilisiert werden. PIO führt vor allem in Bodennähe, d. h. bei Start oder Landung zu kritischen Situationen.

Was führt zur Oszillation beim Start

Beim Start begünstigen verschiedene Einflüsse das Entstehen von PIO: eine falsche Position der Trimmung, ein kurzes Schleppseil oder ein F-Schlepp an der Schwerpunktkupplung erhöhen bei einer Störung das Risiko. Wenn es zu PIO kommt, werden die Amplituden der Schwingungen sehr schnell größer. Typischerweise schaukelt sich eine solche Situation immer mehr auf, bis sie unterbrochen wird – durch Ausklinken, das Reißen des Schleppseils oder den Absturz. Mit einem bewussten Blockieren des Steuerknüppels im richtigen Moment kann die Oszillation gestoppt werden. Das ist einfacher gesagt als getan. Wie aber kann PIO verhindert werden? Die SUST hat für ihrem Bericht herausgefunden, dass verschiedene widersprüchliche Angaben publiziert wurden. Ich zitiere:

Vorgaben und Empfehlungen zur Längssteuerung beim Start:
Das einsitzige Segelflugzeug ASK 23 verfügt über ein nicht einziehbares Hauptfahrwerk sowie über ein Bugrad und ein Spornrad. Das Bugrad befindet sich nur im beladenen Zustand am Boden und muss beim Start mit Höhenruder-Steuereingaben von der Piste abgehoben werden. Hierzu existieren widersprüchliche Angaben:

- Der Hersteller empfiehlt im Flughandbuch: „Die Piloten sollten versuchen, den Sporn bis zum Abheben am Boden zu halten. Dies hat vielerlei Vorteile. Das Abheben erfolgt zum frühestmöglichen Zeitpunkt. Das Fahrwerk wird stark entlastet. Die Richtungsstabilität während des Rollens wird erheblich erhöht. Nach dem Abheben auf 1-2 m steigen, um Nickschwingungen durch Bodeneffekt und Wirbel der Schleppmaschine zu vermeiden.“
- Die amerikanische Luftaufsichtsbehörde (Federal Aviation Authority – FAA) weist in einem Lehrmittel darauf hin, dass ein frühestmögliches Abheben die Entstehung einer

2 Shuttle Simulator Aircraft

By NASA :



Public Domain:



pilot induced oscillation (PIO) beim Flugzeugschleppstart begünstigt: „There are several techniques that reduce the likelihood and severity of PIOs during aerotow launch. A pilot should not try to lift off until confident that flying speed and good aerodynamic control has been achieved.“

● (...)

- Der Segelflugverband der Schweiz (SFVS) hält zudem fest, dass es sich sowohl beim „Rollen gleichzeitig auf Haupt- und Bugrad im Start“ als auch beim „Rollen in Zweipunkt-Lage im Start“ um „gefährliche Fehler“ handle. Der Verband empfiehlt stattdessen folgendes Startverfahren: „Bugrad maximal entlasten beim Anrollen und dann sofortiger Übergang in das Rollen auf dem Hauptrad“.

(Zitat Ende)

Im Bericht wird auch darauf hingewiesen, dass die Unterschiede zwischen den verschiedenen Startarten bisweilen unterschätzt werden. Der betroffene Pilot machte auf seinem Heimflugplatz Olten vor allem Windenstarts auf der Graspiste. Beim verhängnisvollen Flug handelte es sich um den ersten Start im Fluglager Zweisimmen auf Hartbelag, im F-Schlepp. Wenn wegen anderen Elementen – beispielsweise Seitenwind – die Starttechnik angepasst wird (das Flugzeug bewusst länger auf dem Bug- oder Heckrad gehalten wird), muss man sich überlegen, wie sich diese Abweichung vom Standardverfahren auf den Startvorgang auswirken könnten. Bei einem F-Schlepp kann es vor allem für den Schlepppiloten sofort sehr gefährlich werden. Es ist deshalb wichtig, dass beim ersten Anzeichen von PIO unverzüglich ausgeklinkt wird – je weniger Energie in den Schwingungen ist, umso kleiner sind die Schäden.

Erfahrungsgemäß ist die erste Einweisung auf ein einsitziges Flugzeug vom emotionalen Faktor her nicht zu unterschätzen. Der relativ unerfahrene Pilot fliegt zum ersten Mal mit einem unbekannten Flugzeugtypen und muss das allein schaffen. Meistens ist in diesem Flugzeug die Sitzposition ziemlich anders als im bekannten Doppelsitzer; es reagiert häufig auch deutlich sensibler auf Steuerausschläge. Bei der Cockpiteinweisung kontrolliert der Fluglehrer, dass der rechte Arm locker auf dem Oberschenkel aufliegt, so werden Steuerbewegungen etwas gedämpft auf den Knüppel übertragen. Wenn die Auflage fehlt, können Bewegungen des Körpers ungewollt in Steuerausschläge umgesetzt werden. Auch das kann ein Auslöser von PIO sein. Es lohnt sich, vorgängig einige Flüge mit einem Hochleistungsdoppelsitzer zu machen, um das Gefühl für die feineren Steuer zu bekommen.

Bei der Landung

Auch beim Landen kann PIO von verschiedenen Faktoren ausgelöst werden. Ein stabilisierter Anflug mit geringen Variationen in Fluglage und Geschwindigkeit ist eine gute Basis, um PIO zu vermeiden. Starke Turbulenzen erschweren einen stabilen Anflug. Wenn mit Überfahrt angeflogen wird, reagiert das Höhenruder sensibler. Wenn die erste Bodenberührung aus diesen Gründen nicht mit der richtigen Lage, mit zu viel Energie oder einer hohen Sinkrate erfolgt, dann haben wir alle Zutaten, um PIO auszulösen. Fehleinschätzungen, eine Böe in Bodennähe oder – wenn sonst alles passt – eine gemeine Bodenwelle am falschen Ort können auch zum Spielverderber werden.

Als Pilot ist man in diesen Fällen praktisch immer überfordert. Der aufmerksame Fluglehrer kann eine Oszillation stoppen, indem er im richtigen Moment den Knüppel blockiert und neu zur Landung ansetzt. Das braucht aber höchste Konzentration.

PIO ist ein Problem, das in den Unfallberichten immer wieder auftaucht. Weil die Vorgänge sehr komplex sind und viele Variablen haben, gibt es keine einfachen Lösungen. Deshalb werden weitere Tipps zum Verhindern oder Stoppen von PIO hiermit gerne entgegengenommen! ♦

Link zum summarischen Bericht
der SUST HB-1796:

