

# [FLM01] Grundlegende Flugmanöver

Zur Vervollständigung der Seite steht die [Präsentation](#) zur Verfügung

Dieses Modul aus der Kategorie: Flugmanöver behandelt einige grundlegende Flugmanöver, um einen normalen Flug ohne Besonderheiten durchführen zu können. Das Modul wird als Praxisflug mit einer Vorbesprechung und einer Nachbesprechung durchgeführt.

Da dieses Modul direkt für das P1-Rating erforderlich ist, wird empfohlen, einen für die P1-Prüfung zugelassenen Flugzeugtypen für diesen Übungsflug zu verwenden, auch wenn das für die Übungsflüge keine Verpflichtung ist. Die Kriterien für die zugelassenen Flugzeugtypen sind in der Beschreibung des Ausbildungssystems zu finden. Ergänzend sollte sichergestellt sein, dass der verwendete Flugzeugtyp mindestens über die üblichen Hauptinstrumente (Fluglageanzeiger, Fahrtmesser, Höhenmesser, Variometer, Kurskreisel, optional Wendezeiger) verfügt.

Da bei diesem Flug der Fokus auf der korrekten Ausführung der Flugmanöver liegt, findet der Flug ohne ATC statt. Den teilnehmenden Piloten wird vom überwachenden Trainer ein Übungsraum zugewiesen und durch Hinweise über Teamspeak sichergestellt, dass ausreichender Abstand zu anderen Piloten sowie zu freigabepflichtigen Lufträumen besteht.

Das Wetter sollte möglichst auf klaren Himmel und ruhiges Wetter eingestellt werden, damit das Abfliegen der Manöver nicht durch die Wetterbedingungen beeinflusst wird. Ein Start und eine Landung bei Seitenwind werden im folgenden Modul Spezielle Flugmanöver (FLM02) durchgeführt; hier in diesem Modul werden Start und Landung jedoch zunächst bei Windstille geübt.

## Kurzbeschreibung

Die Angaben für Geschwindigkeit und Flughöhe sind als Beispielwerte zu verstehen, von denen in Abhängigkeit vom verwendeten Flugzeugtypen oder aufgrund der Geländesituation auch abgewichen werden kann. Die einzelnen Übungen bei diesem Flug können jeweils mehrfach durchgeführt werden, wenn dies sinnvoll erscheint, um die Manöver sicherer zu beherrschen.

- Start und Steigflug auf mindestens 500 ft über Grund bevor die erste Kurve eingeleitet wird

- Weiterer Steigflug auf 2000 ft und Austrimmen auf eine Geschwindigkeit von 90 kts
- Konstant Halten von Geschwindigkeit, Flughöhe und Steuerkurs für einige Minuten
- Erhöhen der Geschwindigkeit auf 110 kts und Halten dieser Geschwindigkeit, wobei die Flughöhe und der Steuerkurs konstant gehalten werden
- Reduktion der Geschwindigkeit auf 70 kts und Halten dieser Geschwindigkeit, wobei die Flughöhe und der Steuerkurs konstant gehalten werden
- Erhöhen der Geschwindigkeit zurück auf 90 kts, wobei die Flughöhe und der Steuerkurs konstant gehalten werden
- Steigflug auf 3000 ft und Halten dieser Höhe, wobei die Geschwindigkeit und der Steuerkurs konstant gehalten werden
- Sinkflug zurück auf 2000 ft und Halten dieser Höhe, wobei die Geschwindigkeit und der Steuerkurs konstant gehalten werden
- Koordinierter Kurvenflug mit etwa 30° Schräglage als Vollkreis jeweils einmal nach links und einmal nach rechts, wobei die Flughöhe und die Geschwindigkeit konstant gehalten werden
- Koordinierter Kurvenflug mit etwa 30° Schräglage als Abfolge von mehreren Kursänderungen um jeweils 90° nach links und nach rechts, wobei die Flughöhe und die Geschwindigkeit konstant gehalten werden
- Sinkflug auf 1000 ft, wobei die Geschwindigkeit und der Steuerkurs konstant gehalten werden
- Landeanflug entweder als Platzrunde oder Direktanflug
- Durchstarten vor dem Aufsetzen und erneuter Landeanflug
- Landung

# Ausführliche Beschreibung

Es folgt eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Flugmanöver, die bei diesem Flug geübt werden sollen.

## Flugvorbereitung

Eine ausführliche Flugvorbereitung ist für diesen Flug nicht erforderlich, da der Fokus auf den Flugmanövern liegt, da das Wetter bei diesem Flug keine Rolle spielt und da vom betreuenden Trainer überwacht wird, dass die Grenzen des zugewiesenen Übungsraumes eingehalten werden. Daher ist an dieser Stelle lediglich das Hochfahren der Flugzeugsysteme gemäß der dafür vorgesehenen Verfahrensweisen erforderlich. Dazu sei auf das Handbuch des verwendeten Flugzeugtypen verwiesen.

## Rollen zur Startbahn

Dieser Übungsflug wird an einem einfachen Flughafen ohne komplexe Rollbahnen durchgeführt, so dass anhand von wenigen Anweisungen des betreuenden Trainers zur Startbahn gerollt werden kann. Dabei wird die Geschwindigkeit mit dem Schubhebel und den Radbremsen (bedient mit dem oberen Teil der Pedale) gesteuert, während die Richtung bei den meisten Flugzeugtypen mit der Bugradlenkung gesteuert wird, die bei den für diesen Flug verwendeten kleinen Propellerflugzeugen üblicherweise mit der Bedienung des Seitenruders über die Pedale gekoppelt ist. Zusätzlich kann eine differentielle Bedienung der linken und rechten Radbremse zur Lenkung verwendet werden; dabei sollte jedoch vorsichtig vorgegangen werden, weil ansonsten ein Kontrollverlust und im Extremfall ein Überschlagen des Flugzeugs möglich ist. Daher wird im Normalfall hauptsächlich mit der Bugradlenkung gesteuert, während beim Bremsen die linke und rechte Radbremse gleichzeitig betätigt werden. Das Seitenruder hat aufgrund der geringen Anströmgeschwindigkeit beim Rollen am Boden weniger Einfluss; ein gewisser Einfluss aufgrund der Anströmung durch den Propeller ist jedoch trotzdem vorhanden.

## Start

Nachdem die letzten Checks vor dem Start abgeschlossen sind, wird das Flugzeug auf der Mittellinie der Startbahn ausgerichtet und mit dem Schubhebel die Motorleistung auf volle Leistung eingestellt. Dadurch beschleunigt das Flugzeug zunächst auf der Startbahn und wird dabei jedoch üblicherweise nicht von alleine geradeaus rollen. Dies ist durch verschiedene Effekte des Propellers begründet, wobei üblicherweise die Rotation in der Luftströmung hinter dem Propeller, die dann das Seitenleitwerk von der Seite anströmt, der dominante Effekt ist. Bei der üblichen Drehrichtung eines Propellers führt dies zu einem Abdriften des Flugzeugs nach links, das durch einen passend dosierten Seitenruderausschlag (in Kombination mit der damit gekoppelten Bugradlenkung) mit dem rechten Pedal kompensiert werden muss. Während das Flugzeug auf der Startbahn beschleunigt, ist es außerdem wichtig, die Motorüberwachungsinstrumente zu beobachten, um sicherzustellen, dass der Motor tatsächlich die benötigte Leistung liefert. Wenn Unstimmigkeiten rechtzeitig bemerkt werden, kann der Start dann noch abgebrochen werden, um eine kritische Situation mit Motorproblemen kurz nach dem Start zu verhindern.

Wenn die Startbahn lang genug ist, würde das Flugzeug ab einer gewissen Geschwindigkeit von alleine abheben, allerdings wird dann eine unnötig lange Startstrecke benötigt, die auch nicht an jedem Flughafen zur Verfügung steht. Außerdem sind wie im Modul Grundlagen der Flugmechanik (PHY02) besprochen wurde, die Steigrate und der Bahnwinkel im Steigflug bei hoher Fluggeschwindigkeit relativ gering, so dass es auch daher sinnvoll ist, bereits bei einer etwas geringeren, aber dennoch sicheren Geschwindigkeit abzuheben und dann im Steigflug zunächst weiterhin mit einer eher geringen Geschwindigkeit zu fliegen. Daher wird, sobald beim Startlauf eine ausreichende Geschwindigkeit erreicht ist, durch Ziehen am Höhenruder der Anstellwinkel vergrößert, so dass bereits bei dieser geringen Geschwindigkeit der Auftrieb das Gewicht des Flugzeugs tragen kann, so dass das Flugzeug abhebt. Dieser Vorgang der Vergrößerung des Anstellwinkels während des Startlaufs durch Ziehen am Höhenruder wird als Rotieren oder Rotation bezeichnet. Bei den für diesen Flug verwendeten Flugzeugtypen ist eine Geschwindigkeit von 60 kts als grober Anhaltswert für die Rotationsgeschwindigkeit gut geeignet; ein genauerer Zahlenwert kann aus dem Flughandbuch des verwendeten Flugzeugs entnommen werden. Da

jedoch eine zu niedrige Geschwindigkeit insbesondere in der niedrigen Flughöhe kurz nach dem Start sehr gefährlich werden kann, muss dabei sehr genau auf die Dosierung des Höhenruderausschlags geachtet werden, um im Steigflug nicht zu langsam zu werden.

Um bei einer noch geringeren Geschwindigkeit abheben zu können, werden vor der Start üblicherweise die Landeklappen teilweise ausgefahren. Da die Landeklappen jedoch auch einen erheblichen Zusatzwiderstand verursachen, der beim Start und beim Steigflug hinderlich ist, werden die Landeklappen für den Start üblicherweise nur teilweise und nicht vollständig ausgefahren. In Abhängigkeit von beispielsweise der verfügbaren Startbahnlänge muss daher ein passender Kompromiss für das Ausfahren der Landeklappen vor dem Start gefunden werden, um ein frühes Abheben zu ermöglichen, ohne den Start und den Steigflug zu sehr durch den Zusatzwiderstand zu behindern. Bei den für diesen Flug verwendeten Flugzeugtypen ist eine Klappenstellung von  $10^\circ$  als grober Anhaltswert gut geeignet; ein genauerer Zahlenwert kann aus dem Flughandbuch des verwendeten Flugzeugs entnommen werden.

## Steigflug

Im Steigflug kann meist zunächst weiterhin mit Vollgas geflogen werden bevor dann allmählich die Motorleistung durch Zurücknehmen des Schubhebels etwas reduziert wird, um den Motor zu schonen. Die Geschwindigkeit wird dabei weiterhin mit dem Höhenruder gesteuert, wobei zusätzlich die Höhenrudertrimmung genutzt werden kann, um nicht dauerhaft am Höhenruder drücken oder ziehen zu müssen. Kurz vor dem Erreichen der geplanten Flughöhe wird durch Zurücknehmen des Schubhebels die Motorleistung weiter reduziert, um den Steigflug zu beenden, wobei weiterhin mit dem Höhenruder die Geschwindigkeit gesteuert wird. Da das Flugzeug auf Änderungen der Motorleistung langsamer reagiert als auf Bewegungen des Höhenruders und da kleine Abweichungen von der Geschwindigkeit in diesem Moment normalerweise akzeptiert werden können, kann an dieser Stelle das Höhenruder genutzt werden, um beim Übergang vom Steigflug in den Horizontalflug die geplante Flughöhe genauer zu treffen.

## Geradeausflug

Nachdem der Steigflug beendet ist, wird das Flugzeug für einen geradlinigen Horizontalflug ausgetrimmt. Dazu wird zunächst eine Schubhebelstellung und eine Höhenruderstellung ermittelt, bei der das Flugzeug auf konstanter Flughöhe mit konstanter Geschwindigkeit fliegt. Dann wird allmählich der Höhenruderausschlag zurückgenommen und gleichzeitig die Höhenrudertrimmung in die entgegengesetzte Richtung verstellt, so dass das Flugzeug in diesem Flugzustand bleibt, aber allmählich ein immer geringerer Höhenruderausschlag erforderlich ist, um das Flugzeug in diesem Flugzustand zu halten. Schließlich sollte eine Trimmstellung gefunden werden, bei der das Flugzeug auch bei losgelassenem Höhenruder weiterhin in diesem Flugzustand bleibt, sofern keine äußeren Störungen beispielsweise durch Wettereinflüsse vorhanden sind.

Da in der Praxis das Austrimmen niemals perfekt sein wird und auch bei ruhigem Wetter die Luft trotzdem niemals absolut ruhig sein wird, bleibt das Flugzeug normalerweise nicht dauerhaft

perfekt in diesem ausgetrimmten Flugzustand. Zwar sorgt das Höhenleitwerk für eine positive Stabilität des Anstellwinkels und damit der Fluggeschwindigkeit, so dass diese beiden Parameter aufgrund von Störungen nur ein wenig schwanken können, aber nicht langfristig wegdriften; allerdings wird die Einstellung des Schubhebels niemals absolut perfekt sein, so dass das Flugzeug allmählich von seiner Flughöhe wegdriften wird. Außerdem tritt der bereits erwähnte Einfluss des Propellers auch im Reiseflug auf, wenn auch nicht so stark wie beim Startlauf, so dass das Flugzeug auch nicht dauerhaft perfekt geradeaus fliegen wird. Daher muss mit kleinen Querruderausschlägen und gegebenenfalls Seitenruderausschlägen eine gerade Ausrichtung des Flugzeugs sichergestellt werden. Da das Flugzeug auf Änderungen der Motorleistung langsamer reagiert als auf Bewegungen des Höhenruders und da kleine Abweichungen von der Geschwindigkeit im Reiseflug oftmals eher akzeptiert werden als Änderungen der Flughöhe, kann im Reiseflug das Höhenruder genutzt werden, um kleine Störungen der Flughöhe zu kompensieren. Wenn festgestellt wird, dass das Flugzeug jedoch dauerhaft eine Tendenz zum Steigen oder Sinken zeigt, sollte dies durch eine Anpassung der Motorleistung kompensiert werden, da eine langfristige Korrektur mit dem Höhenruder zwangsläufig eine langfristige Abweichung der Geschwindigkeit von der geplanten Geschwindigkeit zur Folge hätte.

## Änderung der Geschwindigkeit

Wird demnächst hinzugefügt.

## Änderung der Flughöhe

Wird demnächst hinzugefügt.

## Koordinierter Kurvenflug

Wird demnächst hinzugefügt.

## Sinkflug

Die Steuerung des Flugzeugs im Sinkflug erfolgt prinzipiell genauso wie im Steigflug nur in umgekehrter Richtung. Die Motorleistung wird also im Vergleich zum Horizontalflug reduziert. Die Geschwindigkeit wird dabei weiterhin mit dem Höhenruder gesteuert, wobei zusätzlich die Höhenrudertrimmung genutzt werden kann, um nicht dauerhaft am Höhenruder drücken oder ziehen zu müssen. Kurz vor dem Erreichen der geplanten Flughöhe wird durch Verschieben des Schubhebels die Motorleistung wieder etwas erhöht, um den Sinkflug zu beenden, wobei weiterhin mit dem Höhenruder die Geschwindigkeit gesteuert wird. Da das Flugzeug auf Änderungen der Motorleistung langsamer reagiert als auf Bewegungen des Höhenruders und da kleine Abweichungen von der Geschwindigkeit in diesem Moment normalerweise akzeptiert werden können, kann an dieser Stelle das Höhenruder genutzt werden, um beim Übergang vom Sinkflug in

den Horizontalflug die geplante Flughöhe genauer zu treffen.

# Landeanflug

Der Landeanflug erfolgt meist in Form einer Platzrunde, wenn nach Sichtflugregeln geflogen wird, oder anhand unterschiedlicher Verfahren beim Flug nach Instrumentenflugregeln. Bei diesem Modul stehen jedoch die Flugmanöver selbst im Vordergrund; Details zu den unterschiedlichen Anflugverfahren werden in der Kategorie: Flugverfahren genauer betrachtet.

Allgemein befindet man sich beim Landeanflug in einem Sinkflug, der entweder kontinuierlich sein kann oder zwischendurch durch einen oder mehrere Horizontalflüge unterbrochen wird. Dabei werden weiterhin die Vorwärtsgeschwindigkeit primär mit dem Höhenruder und die Sinkgeschwindigkeit primär mit dem Schubhebel gesteuert, wobei wieder beachtet werden muss, dass beides sich gegenseitig beeinflusst, so dass in der Praxis beide Parameter mit dem Höhenruder und dem Schubhebel gemeinsam gesteuert werden, wie bei den vorigen Manövern bereits beschrieben wurde. Insbesondere ist es wichtig, dass eine zu niedrige Flughöhe im Landeanflug bzw. eine zu starke Sinkrate nicht durch Ziehen am Höhenruder, sondern durch eine Erhöhung der Motorleistung korrigiert wird, da durch das Ziehen am Höhenruder die Fluggeschwindigkeit verringert wird, was im Langsamflug nur kurzzeitig zu einer Reduktion der Sinkrate führt; langfristig jedoch sogar eine Erhöhung der Sinkrate zur Folge hat und im Extremfall zu einem Strömungsabriss führen kann, was in der niedrigen Höhe beim Landeanflug sehr gefährlich sein kann.

Falls eine Reduktion der Motorleistung auf Leerlauf nicht ausreicht, um die nötige Sinkrate zu erreichen, können - falls vorhanden - Störklappen ausgefahren werden, um die Sinkrate weiter zu erhöhen. Alternativ kann durch einen Seitengleitflug die Sinkrate weiter erhöht werden, falls dies für das entsprechende Flugzeug im Landeanflug zulässig ist.

Während man sich der Landebahn annähert, werden schrittweise die Landeklappen und ggf. das Fahrwerk ausgefahren, wobei die genauen Zeitpunkte für das Ausfahren flugzeugspezifisch sind und im jeweiligen Flughandbuch nachgelesen werden können. Üblicherweise ist für jede Klappenstufe und ggf. auch für das Fahrwerk jeweils eine maximale Geschwindigkeit für das Ausfahren definiert. Sobald die aktuelle Geschwindigkeit sich also unter dem Maximalwert für die nächste Klappenstufe befindet und erkennbar ist, dass auch keine Tendenz (z.B. durch Schwankungen der Windgeschwindigkeit) dazu besteht, dass der Maximalwert wieder überschritten wird, können die Landeklappen auf die nächste Stufe ausgefahren werden.

Neben der Reduktion der Mindestgeschwindigkeit, die den primären Effekt der Landeklappen darstellt, führt das Ausfahren der Landeklappen auch zu einer Änderung des Nickmoments und damit des Anstellwinkels und der Fluggeschwindigkeit, so dass sich durch das Ausfahren auch die aktuelle Fluggeschwindigkeit verändert. Bei Hochdeckern reduziert sich üblicherweise die Fluggeschwindigkeit aufgrund des aufnickenden Moments, wenn die Landeklappen ausgefahren werden, was im Landeanflug prinzipiell erwünscht ist, so dass meist nur wenig mit der Höhenrudertrimmung nachgetrimmt werden muss. Lediglich während des Ausfahrens der Landeklappen tritt bei Hochdeckern meist ein kurzzeitiges Aufbäumen des Flugzeugs auf, das

durch ein kurzzeitiges Drücken des Höhenruders während des Ausfahrens kompensiert werden kann. Bei Tiefdeckern führt das Ausfahren der Landeklappen jedoch typischerweise zu einem abnickenden Moment und damit zu einer höheren Fluggeschwindigkeit, was im Landeanflug nicht erwünscht ist und ein signifikantes Nachtrimmen mit der Höhenrudertrimmung erfordern kann.

Ein weiterer Nebeneffekt der Landeklappen (und auch des ausgefahrenen Fahrwerks) ist die Erhöhung des Luftwiderstands und damit der Sinkrate, was im Landeanflug prinzipiell erwünscht ist; allerdings ist die Sinkrate mit ausgefahrenen Landeklappen und Fahrwerk üblicherweise zu groß, so dass dann wieder eine Erhöhung der Motorleistung erforderlich wird. Dies hat jedoch den Vorteil, dass die Motorleistung sich dann nicht mehr im Leerlauf befindet, was eine schnellere Reaktion des Motors ermöglicht, falls durchgestartet werden muss.

## Durchstarten und erneuter Landeanflug

Ein Durchstarten kann prinzipiell aus einer Vielzahl von Gründen erforderlich sein, wie z.B. aufgrund einer blockierten Landebahn oder aufgrund eines instabilen Anflugs. Daher ist es wichtig, beim Landeanflug auf ein möglicherweise erforderliches Durchstartmanöver vorbereitet zu sein. Viele Unfälle in der realen Luftfahrt sind darauf zurückzuführen, dass „krampfhaft“ versucht wurde, eine Landung zu erzwingen, obwohl ein Durchstarten erforderlich gewesen wäre. Um sich auch bei diesem Manöver sicher zu fühlen, soll daher in diesem Modul ein Durchstarten ausdrücklich geübt werden.

Meistens erfolgt das Durchstarten aus einem Sinkflug heraus während des Landeanflugs; prinzipiell kann aber auch nach dem Aufsetzen auf der Landebahn immer noch durchgestartet werden, falls dies notwendig sein sollte. Tatsächlich eignet sich dieses Manöver auch sehr gut, um Landungen zu trainieren, und wird dann als „Aufsetzen und Durchstarten“ (englisch „Touch and go“) bezeichnet.

Das Durchstarten beginnt mit einer Erhöhung der Motorleistung direkt auf Vollgas, um das Flugzeug möglichst schnell in einen Steigflug zu bringen. Üblicherweise werden die Landeklappen dann direkt um eine Stufe eingefahren, um den Luftwiderstand etwas zu reduzieren und somit die Steigleistung zu verbessern. Allerdings werden die Landeklappen nicht direkt komplett eingefahren, da sich die Mindestgeschwindigkeit des Flugzeugs dann zu stark erhöhen würde, während das Flugzeug jedoch noch mit geringer Geschwindigkeit unterwegs ist, was zu einem Durchsacken des Flugzeugs und zu einem Strömungsabriss führen kann.

Da die Erhöhung der Motorleistung sowie die Veränderung der Klappenstellung außerdem ein Nickmoment bewirken, das zu einer Änderung der Geschwindigkeit führen würde, muss dieses mit dem Höhenruder oder mit der Höhenrudertrimmung ausgeglichen werden. Insbesondere bei Hochdeckern oder anderen Flugzeugen, bei denen die Schubkraft des Motors in Relation zu den Tragflächen an einem niedrigen Angriffspunkt wirkt, ist dies besonders zu beachten, da die Erhöhung der Motorleistung auf Vollgas dann zu einem starken aufnickendem Moment und damit zu einer Reduktion der Geschwindigkeit führt, woraus wiederum ein Strömungsabriss resultieren kann. Bei Tiefdeckern oder anderen Flugzeugen, bei denen die Schubkraft des Motors in Relation zu den Tragflächen an einem hohen Angriffspunkt wirkt, ergibt sich hingegen ein abnickendes Moment, das zu einer höheren Geschwindigkeit führt, was tendenziell etwas weniger kritisch ist. In

jedem Fall muss während des Durchstartens die Geschwindigkeit genauestens beobachtet und mit dem Höhenruder entsprechend gesteuert werden – insbesondere um eine zu niedrige Geschwindigkeit zu verhindern.

Sobald sich das Flugzeug sicher im Steigflug befindet, kann, falls ein Einziehfahrwerk vorhanden ist, dieses eingefahren werden und durch allmähliches Nachlassen des Höhenruders die Geschwindigkeit langsam erhöht werden. Sobald eine ausreichend hohe Geschwindigkeit erreicht ist, werden die Landeklappen schrittweise eingefahren. Anschließend kann gemäß der entsprechenden Verfahrensweisen am jeweiligen Flugplatz ein erneuter Landeanflug begonnen werden.

## Landung

Falls kein Durchstarten erforderlich ist, folgt auf den Landeanflug die Landung, die üblicherweise als der anspruchsvollste Teil des Fluges betrachtet wird. Dabei wird durch einen sogenannten Abfangbogen der Sinkflug beendet, so dass das Flugzeug in einem Horizontalflug in niedriger Höhe über die Landebahn schwebt. Dafür wird durch allmähliches Ziehen am Höhenruder der Anstellwinkel vergrößert, wodurch das Flugzeug langsamer wird und der Sinkflug sich abflacht, bis sich das Flugzeug schließlich im Horizontalflug befindet. Wichtig ist dabei, dass nicht zu spät mit dem Abfangbogen begonnen wird, da dann ein sehr plötzliches starkes Ziehen am Höhenruder erforderlich ist, was das Risiko mit sich bringt, dass das Flugzeug sehr hart aufsetzt, falls der Abfangbogen auch nur einen kurzen Moment zu spät eingeleitet wird. Der Abfangbogen darf jedoch auch nicht zu früh begonnen werden, da dann das Flugzeug nicht in niedriger Höhe, sondern in einigem Abstand über der Landebahn schwebt und dabei immer langsamer wird, wobei es im schlimmsten Fall zu einem Strömungsabriss kommen kann, der aus dieser geringen Höhe kaum noch abgefangen werden kann, so dass das Flugzeug dann sehr hart aufsetzt. Allerdings kann ein Strömungsabriss bei der Landung durchaus erwünscht sein; tatsächlich wird bei Kleinflugzeugen typischerweise angestrebt, dass das Flugzeug in sehr niedriger Höhe über die Landebahn schwebt und dabei immer langsamer wird, bis es zu einem Strömungsabriss kommt, der dafür sorgt, dass das Flugzeug am Boden bleibt und nicht aufgrund von Bodenunebenheiten oder aufgrund eines etwas zu harten Aufsetzens von der Landebahn wegspringt und noch einmal abhebt. Wichtig ist dabei jedoch, dass der Strömungsabriss dann möglichst erst beim Aufsetzen erfolgt und nicht schon mit etwas Abstand über der Landebahn.

Um einen möglichst sanften Abfangbogen zu erzielen, wird nicht ruckartig am Höhenruder gezogen, sondern der Höhenruderausschlag allmählich immer weiter vergrößert. Ein gutes Gefühl dafür zu erlangen, erfordert einiges an Übung und wird deshalb üblicherweise bei einer Vielzahl von Platzrunden intensiv geübt, bis zuverlässig eine sanfte Landung erreicht wird.

Bei größeren Flugzeugen würde ein Ausschweben bis zum Strömungsabriss einen großen Teil der verfügbaren Landestrecke in Anspruch nehmen und außerdem bei dem entsprechend großen Anstellwinkel das Risiko mit sich bringen, dass das Rumpheck auf dem Boden aufsetzt und beschädigt wird, was als „Tailstrike“ bezeichnet wird. Daher wird bei größeren Flugzeugen üblicherweise bei der Landung nicht bis zu einem Strömungsabriss ausgeschwebt, sondern bereits vorher mit einer entsprechend höheren Geschwindigkeit aufgesetzt und dann durch ein



automatisches Ausfahren der Störklappen beim Aufsetzen das Risiko, dass das Flugzeug von der Landebahn wegspringt und noch einmal abhebt, reduziert.

Während des Abfangbogens wird üblicherweise außerdem die Motorleistung bis auf Leerlauf reduziert. Da aufgrund des Bodeneffekts das Flugzeug beim Ausschweben über der Landebahn über eine deutlich bessere Gleitzahl verfügt als beim Landeanflug, würde eine unveränderte Motorleistung dazu führen, dass das Flugzeug sehr lange über die Landebahn schwebt, ohne aufzusetzen oder langsamer zu werden. Bei manchen Flugzeugen kann es dennoch sinnvoll sein, eine gewisse Motorleistung beim Abfangbogen stehen zu lassen, um ein sanfteres Aufsetzen zu erzielen. Auch daher ist es wichtig, sich mit dem jeweiligen Flugzeug vertraut zu machen und sich über die individuellen Details der Landetechnik zu informieren.

Außerdem ist bei der Landung darauf zu achten, dass die Tragflächen möglichst gerade gehalten werden, also das Flugzeug mit möglichst geringer Schräglage fliegt, da ansonsten eine Tragfläche den Boden berühren könnte, was zu einem seitlichen Ausbrechen des Flugzeugs oder im schlimmsten Fall sogar zu einem seitlichen Überschlagen des Flugzeugs führen kann. Während des Landeanfluges können noch sanfte Korrekturen der Flugrichtung mit etwas Schräglage erfolgen; kurz vor dem Aufsetzen sollten diese Korrekturen jedoch auf ein absolutes Minimum beschränkt werden, um die Tragflächen gerade halten zu können. Auch daher ist es sehr wichtig, dass sich das Flugzeug vor der Landung in einem ausreichend stabilen Landeanflug befindet, damit keine größeren Korrekturmanöver mehr erforderlich sind. Falls der Landeanflug nicht ausreichend stabil ist, ist daher ein Durchstarten erforderlich, anstatt kurz vor dem Aufsetzen durch große Korrekturen das Flugzeug auf die Landebahn zu zwingen, was ein sehr großes Gefahrenpotential mit sich bringen würde.

Bei Flugzeugen mit einem Bugradfahrwerk sollte mit dem Hauptfahrwerk zuerst aufgesetzt werden, da ein Aufsetzen mit dem Bugfahrwerk zuerst einen niedrigen Anstellwinkel und tendenziell ein hartes Aufsetzen bedeutet und das Bugfahrwerk im Gegensatz zum Hauptfahrwerk nicht dafür ausgelegt ist, die große Belastung bei einem harten Aufsetzen aufzunehmen. Sobald das Flugzeug sicher auf dem Hauptfahrwerk aufgesetzt ist, wird durch leichtes Nachlassen des Höhenruders das Bugfahrwerk langsam auf die Landebahn abgesenkt. Erst wenn das Bugfahrwerk auch auf dem Boden ist, sollte mit dem Abbremsen begonnen werden, da eine Betätigung der Bremsen, während das Bugfahrwerk noch in der Luft ist, ein sehr hartes Aufsetzen des Bugfahrwerks verursachen kann. Bei den meisten Flugzeugen werden die Radbremsen durch Herunterklappen der Seitenrudderpedale mit den Fußspitzen betätigt. Dabei ist zu beachten, dass die Radbremsen am linken und am rechten Fahrwerk mit dem jeweiligen Pedal unabhängig voneinander betätigt werden können. Damit das Flugzeug auf der Landebahn weiterhin geradeaus rollt, müssen also beide Radbremsen mit den Pedalen gleichmäßig betätigt werden. Während des Abbremsens sollte das Höhenruder weiterhin gezogen gehalten werden, um die Belastung des Bugfahrwerks gering zu halten. Falls das Flugzeug über zusätzliche Bremshilfen wie zum Beispiel Umkehrschub oder Störklappen verfügt, können diese dann ebenfalls betätigt werden.

Bei Spornradflugzeugen wird üblicherweise versucht, entweder in sogenannter Dreipunktlage, also mit allen drei Rädern gleichzeitig, oder mit dem Spornrad kurz vor dem Hauptfahrwerk aufzusetzen. Ein Aufsetzen mit dem Hauptfahrwerk zuerst, während das Spornrad noch in der Luft ist, wird als Radlandung bezeichnet und ist eher unerwünscht, da dabei der Anstellwinkel sehr

niedrig ist und das Aufsetzen oftmals etwas härter sein kann oder das Flugzeug sogar wieder von der Landebahn wegspringt. Sobald alle drei Räder am Boden sind, kann mit dem Abbremsen begonnen werden, wobei bei Spornradflugzeugen insbesondere darauf geachtet werden muss, nicht zu stark zu bremsen, da bei dieser Fahrwerksanordnung das Risiko höher ist, dass sich das Flugzeug bei einem zu starken Bremsen nach vorne überschlägt.

Falls das Aufsetzen etwas zu hart ist, so dass das Flugzeug von der Landebahn wegspringt und noch einmal abhebt, muss schnell entschieden werden, ob die Landung weiterhin fortgesetzt wird oder ob durchgestartet wird, um einen erneuten Landeanflug zu beginnen. Tendenziell gilt, dass bei einem sehr deutlichen Wegspringen des Flugzeugs bis zu einer relativ großen Höhe oder bei einem Risiko, dass die Landung unkontrollierbar wird, durchgestartet werden sollte; bei einem nur kleinen Wegspringen des Flugzeugs in nur niedriger Höhe, wobei weiterhin eine kontrollierte Landung gesichert erscheint, kann die Landung hingegen fortgesetzt werden. Auch falls das Flugzeug nicht rechtzeitig unter Kontrolle gebracht werden kann, um auf dem verbleibenden Rest der Landebahn das Flugzeug sicher zum Stillstand zu bringen, wird ein Durchstarten erforderlich. Falls die Entscheidung für ein Durchstarten erfolgt, wird wie im Abschnitt "Durchstarten und erneuter Landeanflug" beschrieben verfahren. Falls entschieden wird, die Landung fortzusetzen, ist es insbesondere wichtig, die Fluglage weiterhin unter Kontrolle zu halten. Nach einem Wegspringen befindet sich das Flugzeug zunächst in einem kleinen Steigflug, so dass intuitiv vielleicht dazu tendiert wird, das Höhenruder nach vorne zu drücken, um das Flugzeug wieder in einen Sinkflug zu bringen. Allerdings ist dieser Steigflug nach einem Wegspringen von der Landebahn kein ausgetrimmter Flugzustand, da das Flugzeug zuvor für den Sinkflug während des Landeanfluges ausgetrimmt wurde. Aufgrund der üblicherweise starken Eigenstabilität des Flugzeugs um die Querachse hat das Flugzeug also die Tendenz, aus dem Steigflug nach einem Wegspringen von der Landebahn von selbst wieder in einen Sinkflug überzugehen, für den das Flugzeug ausgetrimmt wurde. Wenn dabei intuitiv das Höhenruder nach vorne gedrückt wird, wird diese Tendenz noch weiter verstärkt, was einen sehr starken Sinkflug zur Folge haben kann, so dass die niedrige Höhe eventuell nicht mehr ausreicht, um das Flugzeug rechtzeitig abzufangen. Dadurch setzt das Flugzeug dann sehr hart auf, womöglich sogar mit dem Bugfahrwerk zuerst, so dass dieses beschädigt werden kann. Prinzipiell ist es natürlich richtig, ein zu starkes Aufbäumen des Flugzeugs nach einem Wegspringen von der Landebahn zu verhindern, um einem möglicherweise drohenden Strömungsabriss entgegenzuwirken; allerdings ist es ebenso wichtig, dabei nicht zu stark das Höhenruder nach vorne zu drücken, sondern die natürliche Tendenz des Flugzeugs zu bedenken, wieder in den ausgetrimmten Flugzustand, also hier den Sinkflug, zurückzukehren. Tatsächlich hat es schon eine Vielzahl von Unfällen gegeben, bei denen nach einem Wegspringen des Flugzeugs von der Landebahn intuitiv das Höhenruder nach vorne gedrückt wurde, wodurch die natürliche Tendenz des Flugzeugs, wieder in den Sinkflug zurückzukehren, verstärkt wurde und das zweite Aufsetzen des Flugzeugs, in manchen Fällen mit dem Bugfahrwerk zuerst, dann deutlich härter war als das erste. Diese Unfälle stellen ein gutes Beispiel dafür dar, warum es so wichtig ist, die physikalischen Grundlagen des Fliegens zu kennen und sich daran zu erinnern, wie das Flugzeug sich natürlicherweise verhalten wird. Insgesamt wird daher empfohlen, nach einem Wegspringen des Flugzeugs von der Landebahn, den Anstellwinkel des Flugzeugs in einem moderaten Bereich zu halten, also nicht zu stark mit dem Höhenruder nachzudrücken, abzuwarten bis das Flugzeug von selbst wieder in einen Sinkflug übergeht und dann das Flugzeug erneut sanft abzufangen.

Falls beim Abfangbogen durch ein zu starkes Ziehen am Höhenruder das Flugzeug wieder in den Steigflug geht, anstatt auf der Landebahn aufzusetzen, ist es wichtig, dies frühzeitig zu erkennen bevor der Anstellwinkel zu groß wird und ein Strömungsabriss droht. Auch in diesem Fall gilt, dass ein Durchstarten erforderlich werden kann, falls die Fluglage außer Kontrolle zu geraten droht oder nicht rechtzeitig unter Kontrolle gebracht werden kann, um auf dem verbleibenden Rest der Landebahn das Flugzeug sicher zum Stillstand zu bringen. Falls entschieden wird, die Landung fortzusetzen, gilt dann das gleiche Verfahren wie nach einem Wegrutschen des Flugzeugs von der Landebahn: Der Anstellwinkel des Flugzeugs wird in einem moderaten Bereich gehalten, wobei nicht zu stark mit dem Höhenruder nachgedrückt werden sollte; dann ist abzuwarten bis das Flugzeug von selbst wieder in einen Sinkflug übergeht und schließlich ist das Flugzeug erneut sanft abzufangen.

## Rollen zum Parkplatz und Abstellen des Flugzeugs

Wenn eine sichere Landung gelungen ist und die Geschwindigkeit des Flugzeugs ausreichend reduziert wurde, kann die Landebahn verlassen werden, um zum Parkplatz zu rollen. Während des Rollens zum Parkplatz können die Landeklappen bereits wieder eingefahren werden. Am Parkplatz angekommen werden die Flugzeugsysteme wie im Flughandbuch beschrieben abgeschaltet, womit der Flug dann abgeschlossen ist.

---

Revision #14

Created 16 August 2022 12:56:30

Updated 18 July 2024 19:13:17 by 1109691