

Landeanflug und Landung

Der Endteil (*final approach, approche finale*) der Platzrunde soll gerade und nicht zu kurz sein. Erfahrungsgemäß braucht man für einen korrekten Endanflug mit dem Segelflugzeug 30 bis 40 Sekunden. Das entspricht bei schwachem Wind einer Strecke von 700 bis 1000 Metern.

Der Endanflug ist dann lang genug, wenn alle notwendigen Aktionen und Korrekturen ohne Zeitdruck durchgeführt werden können. Das sind im Wesentlichen folgende Aufgaben:

- Die Flugbahn wird mit dem Ausleiten in den Endanflug auf die Verlängerung der Mittelachse des Landefeldes ausgerichtet.
- Bei Seitenwind wird der Luvwinkel im Anflug ermittelt und die Längsachse dementsprechend nachgesteuert.
- Das Flugzeug wird im Endanflug mit dem idealen Längsneigungswinkel (*IAW*) gesteuert.
- Die Flugbahn wird auf den Anflugpunkt ausgerichtet.
- Zur Begrenzung der Fahrt wird die Stellung der Bremsklappen angepasst.

1. Bremsklappen zur Gleitwinkelsteuerung

Mit dem Ausfahren der Bremsklappen erhöht sich der Widerstand des Flugzeugs. Die Geschwindigkeitspolare (*polar curve, polaire des vitesses*) des Flugzeugs mit ausgefahrenen Klappen ist gekennzeichnet durch niedrige Gleitzahlen (*lift/drag ratio, finesse*), besonders bei hoher Fahrt. Die Benutzung der Bremsklappen ermöglicht es:

- Eine steilere Flugbahn ohne Fahrtzunahme zu steuern oder
- bei einer vorgegebenen und gesteuerten Längsneigung die Fahrt zu kontrollieren.
- Bei überhöhter Geschwindigkeit kann die Bremsklappe vorsichtig ausgefahren werden um die Fahrt zu reduzieren.
- In der Nähe von Gewitterentwicklungen kann bei Bedarf schnell Höhe abgebaut werden.
- Im Flugzeugschlepp wird mit dem Einsatz der Bremsklappe das durchhängende Schleppseil gestrafft und das Einholen der Schleppmaschine vermieden.
- Im Landeanflug kann die veränderte Sinkgeschwindigkeit korrigiert werden, die von der Wirkung von Aufwinden und Abwinden herrührt.
- Der Landeanflug kann mit gut wirksamen Bremsklappen, wenn es erforderlich ist, mit einem steilen Anflugwinkel geflogen werden. Das ist beim Anflug über Hindernisse wichtig.

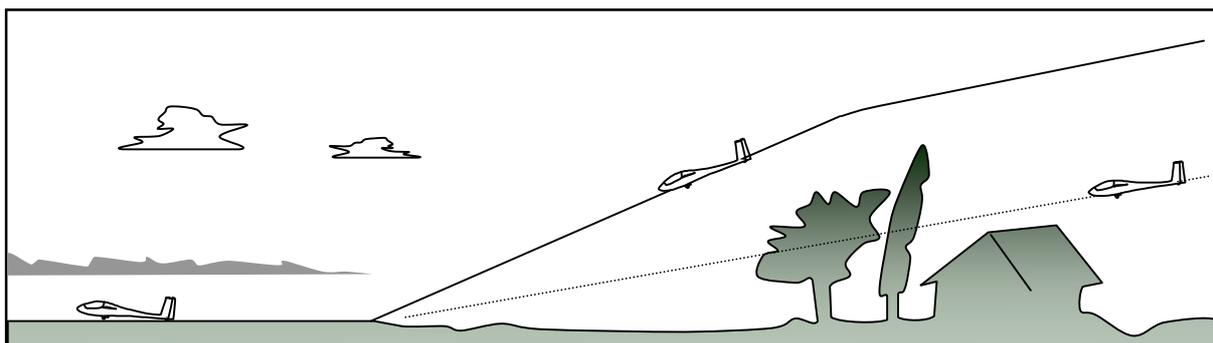


Bild 1 Anflug über Hindernisse

Es werden auch Wölbklappen und Bremsschirme verwendet. In manchen Ländern ist es auch üblich, den Seitengleitflug oder Slip (*sideslip, glissade*) zu schulen.

Es bedarf einer gewissen Übung, bevor man dieses Mittel zur Gleitwinkelsteuerung im Landeanflug einsetzen sollte. Bei modernen Kunststoffflugzeugen ist der Slip nicht besonders wirksam. Es empfiehlt sich den Anflug ruhig und übersichtlich mit den Bremsklappen zu steuern.

2. Die Anfluggeschwindigkeit

Die empfohlene und sichere Anfluggeschwindigkeit ist vom Flugzeugtyp und dem aktuellen Fluggewicht abhängig. Sie ist dem Flughandbuch zu entnehmen. Die empfohlene Anfluggeschwindigkeit für ein bestimmtes Fluggewicht ist auf der Fahrtmesserskala mit einem gelben Pfeil bezeichnet. Bei starkem Gegenwind ist die Fahrt im Endteil angemessen zu erhöhen.

Die Fahrt im Endteil wird sorgfältig bis zum Abfangen beibehalten. Zu geringe Fahrt kann zum Durchsacken und zu einer harten Landung führen. Die Fahrt muss unbedingt so hoch sein, dass das Abfangen auch mit ausgefahrenen Bremsklappen gefahrlos durchführbar ist.

Auf der anderen Seite riskiert man mit einer unkontrolliert hohen Fahrt eine zu lange Landung oder einen Landeversuch mit Überfahrt.

3. Das Sichtfeld aus dem Cockpit (repère-capot)

Beim Blick aus dem Cockpit erkennt man, dass die Sicht durch den Haubenrahmen und die Oberkante des Instrumentenbretts begrenzt ist. In diesem Sichtfeld sehen wir, je nach der Fluglage, am Horizont einen Bildausschnitt der Landschaft.

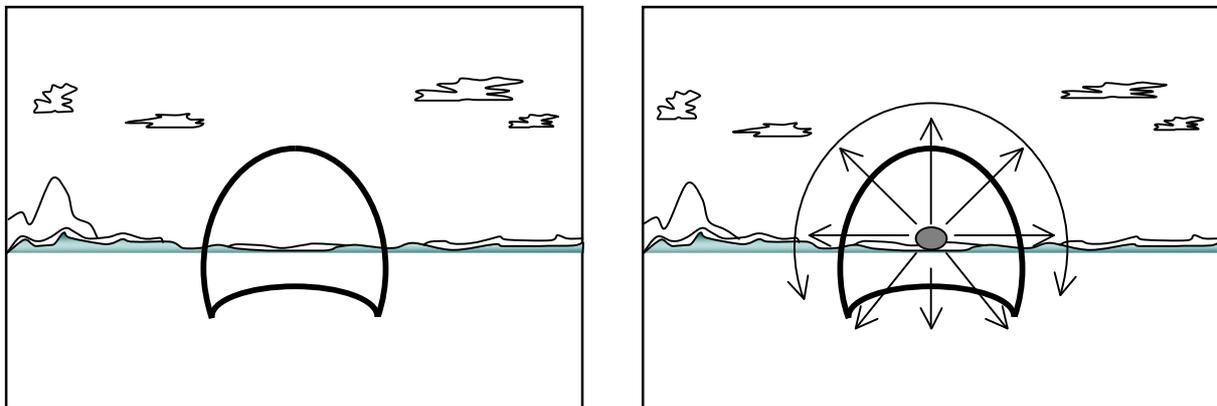


Bild 2 Das Sichtfeld aus dem Cockpit

Der Ausschnitt kann seine Lage am Horizont in jeder Richtung verändern, im Wesentlichen aufgrund von Steuerausschlägen. Im Endanflug wird angestrebt, den gewählten **Anflugpunkt** (*point d'aboutissement recherché*) auf einer geraden Linie anzufliegen. Das Sichtfeld wird zunächst bei gleichbleibender Längsneigung stabilisiert. Die beobachteten Auf- und Abwärtsbewegungen des Sichtfeldes werden mit dem Höhensteuer ausgeglichen.

Wir konzentrieren uns auf das Bild im Sichtfeld und erkennen:

Es gibt im Sichtfeld einen Bildbereich, der seine Lage relativ zum Bildrahmen beibehält. Die Gegenstände in diesem Bildbereich werden bei Annäherung an das Ziel (Anflugpunkt) natürlich vergrößert sichtbar. Der Mittelpunkt des Bildbereichs wird sich jedoch bei gleichbleibender Längsneigung nicht verschieben. Würde das Flugzeug die Flugbahn unverändert fortsetzen, dann würde das Flugzeug an diesem **Konvergenzpunkt** (*point d'aboutissement réelle*) den Boden berühren.

Der Flugschüler lernt bei den Übungen zum Stabilisieren des Flugzeugs auf eine gleichbleibende Längsneigung wie der Konvergenzpunkt im Sichtfeld erkannt und stabilisiert wird. Im Endteil wird der Konvergenzpunkt so eingerichtet und stabilisiert, dass er mit dem gewählten Anflugpunkt, der nahe der Schwelle der Landebahn liegt, übereinstimmt.

Der eingezeichnete Anflugpunkt (Bild 3) gilt für mäßigen Gegenwind. Bei Windstille wird ein Anflugpunkt vor der Schwelle der Landebahn gewählt. Bei Rückenwind kann es zweckmäßig sein, einen Anflugpunkt zu wählen, der bis zu 150 Meter vor der Landebahn liegt.

4. Der Anflugwinkel bei schwachem Wind

Die im Flughandbuch empfohlene Anfluggeschwindigkeit liegt nahe bei der Geschwindigkeit des besten Gleitens. Es würde sich eine sehr flache Flugbahn von weniger als 2 Grad Neigung einstellen, die aber schon wegen der Hindernisse vor der Landebahn kaum praktikabel ist. Bei vollem Einsatz der Bremsklappen wird bei manchen Flugzeugtypen ein außerordentlich steiler Anflug möglich. Um einen mäßig steilen Anflugwinkel zu fliegen, werden die Bremsklappen mit halber Wirksamkeit eingesetzt. Das heißt nicht, dass der Klappenhebel zur Hälfte ausgefahren ist. Die zutreffende Stellung der Klappen, bei der die halbe Wirkung erreicht wird, hängt vom Flugzeugtyp ab.

Moderne Segelflugzeuge fliegen bei halber Wirkung der Bremsklappen mit einer Gleitzahl von zirka 10. Das entspricht einem Flugbahnwinkel von etwa 6 Grad.

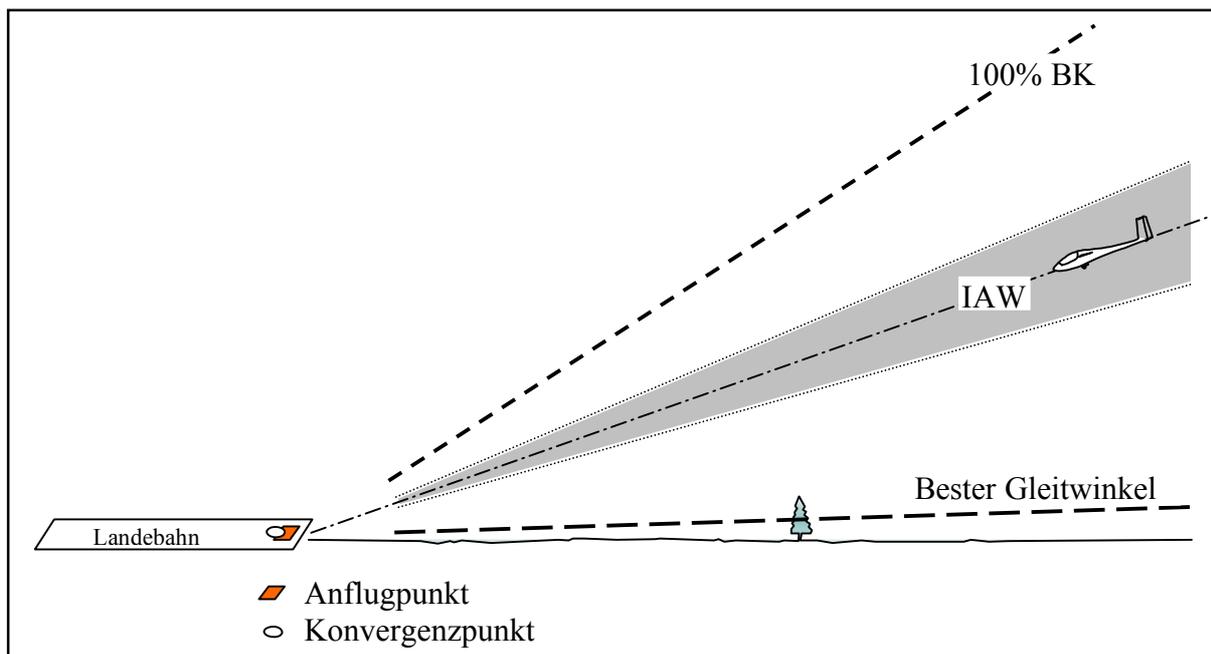


Bild 3 Endteil und Anflugwinkel

Der ideale Anflug wird mit der empfohlenen Anfluggeschwindigkeit und der halben Wirkung der Bremsklappen geflogen. Der dazu gehörende Anflugwinkel ist der **ideale Anflugwinkel (IAW)** in dem Sinne, dass beim Flug auf dieser Flugbahn einfache Korrekturen gleichermaßen in beiden Richtungen möglich sind, also durch Einfahren oder weiteres Ausfahren der Bremsklappen. Nun kann dieser ideale Anflugwinkel nicht besonders genau ermittelt oder geschätzt werden. Der Landeanflug ist aber auch dann einwandfrei zu beherrschen, wenn der tatsächliche Anflugwinkel etwas darüber oder darunter liegt.

Die gewünschten Anflugwinkel liegen also in einem **Bereich idealer Anflugwinkel (BIAW)** (*pinzeau idéal d'approche*). Für den Piloten stellt sich die Aufgabe, das Flugzeug im Endanflug möglichst frühzeitig oder möglichst weit entfernt von der Landebahn in den Bereich der idealen Anflugwinkel (BIAW) zu steuern. Im Hinblick darauf sind bereits im Queranflug die Richtungs- und Höhenkorrekturen so durchzuführen, dass die Flugbahn nach dem Ausleiten der Landekurve in den BIAW einmündet. Dann muss nur noch mit Hilfe der Bremsklappen die Anfluggeschwindigkeit kontrolliert werden. Aus dieser Situation heraus kann eine sichere und genaue Landung erfolgen.

5. Der Anflug aus größerer Höhe

Im Bild 4 befindet sich das Flugzeug in einem sehr steilen Winkel zur Landebahn, also offensichtlich weit oberhalb des idealen Anflugwinkels (IAW). Der Pilot könnte sich nun entschließen, mit fast voll ausgefahrenen Klappen die Flugbahn zum Anflugpunkt geradlinig fortzusetzen. Dagegen spricht, dass die Korrekturmöglichkeiten mit den Bremsklappen dann bei der Annäherung an die Landebahn beschränkt bleiben. Zum anderen müsste sich dann der Pilot auf eine Landetechnik einlassen, die er selten geübt hat. Es ist empfehlenswert, die überschüssige Höhe sofort mit voll wirkenden Bremsklappen abzubauen. Dazu wird vorübergehend ein Konvergenzpunkt angefliegen, der deutlich vor der Landebahn liegt. Die steil absteigende Flugbahn mündet bald in den Bereich der idealen Anflugwinkel. Jetzt wählt der Pilot für den weiteren Anflug einen Anflugpunkt nahe dem Beginn der Landebahn (Schwelle) und orientiert sich an diesem Anflugpunkt. Nach kurzer Zeit werden Bahnwinkel, Fahrt und Klappenstellung dem entsprechen, was der Piloten vom normalen Landeanflug kennt. Der Vorteil dieser Methode des Korrigierens besteht darin, dass die grobe Anpassung der Höhe zeitlich und räumlich weit vor der Landung abgeschlossen werden kann.

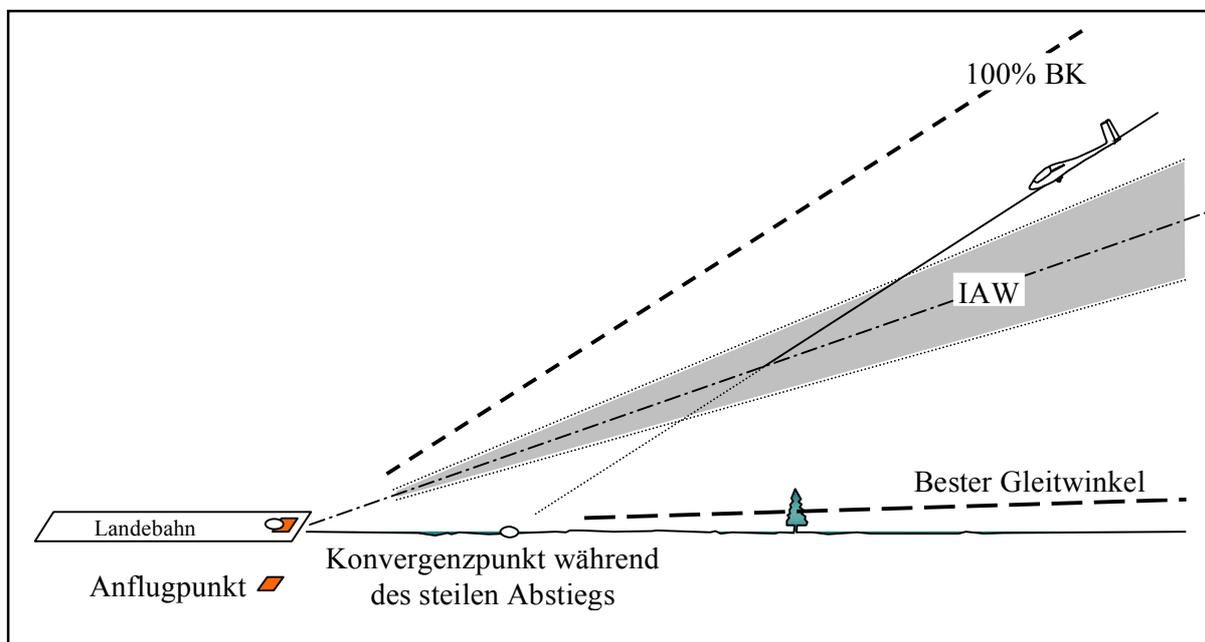


Bild 4 Anflug mit steilerem Abstieg

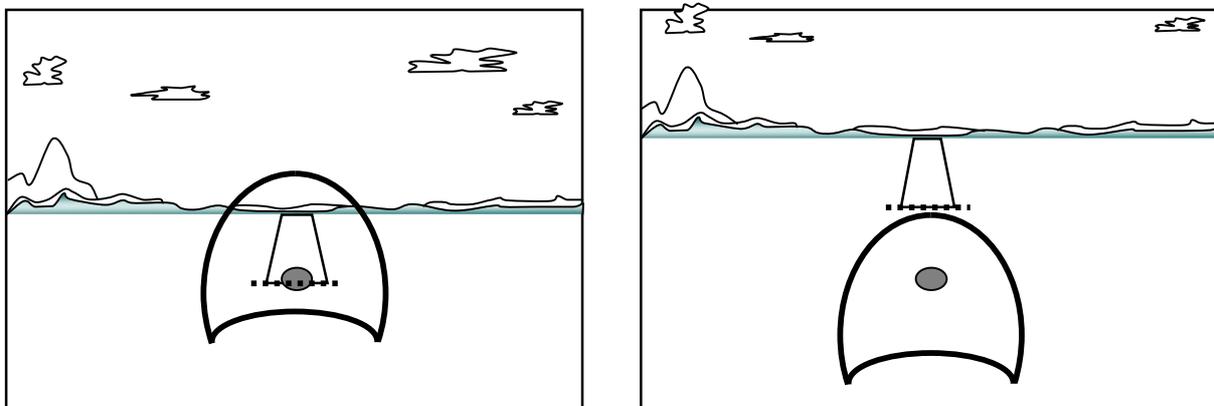


Bild 5 Das Sichtfeld mit dem Konvergenzpunkt im Endanflug und im steilen Abstieg

Wie geht man vor, wenn das Flugzeug im Anflug außerordentlich hoch ankommt? Dann sind die bisher beschriebenen Maßnahmen nicht ausreichend. Zunächst soll der Anflug mit einem Flugzeug beschrieben werden, bei dem die Wirksamkeit der Bremsklappen bei höherer Fahrt stark ansteigt (beispielsweise BF2 und BF3, L-Spatz, Ventus, Discus). Die Bremsklappen werden voll ausgefahren und das Flugzeug durch Nachdrücken auf eine steile Flugbahn gebracht. Dabei steigt die Fahrt deutlich über die empfohlene Anfluggeschwindigkeit an. Im steilen, schnellen Abstieg wird ein Konvergenzpunkt angesteuert, der weit vor der Landebahn liegt. Die Überfahrt sollte vor dem Erreichen der Platzgrenze abgebaut werden.

Bei Flugzeugen, deren Bremsklappenwirkung mit höherer Fahrt nicht genügend ansteigt (beispielsweise Standardlibelle, Kestrel, SF34) kann der beschriebene übersteile Anflug nicht empfohlen werden. Bei hoher Fahrt wird mit diesen Flugzeugen nicht genügend Energie abgebaut. Hier ist es eher angebracht, die Klappen frühzeitig voll auszufahren und die Fahrt zu verringern, um einen steileren Anflugwinkel zu verwirklichen. Voraussetzung für die Anwendung dieses Verfahrens ist die genaue Kenntnis des Flugzeugs und größte Konzentration. Einem drohenden Abkippen muss mit den bekannten Maßnahmen sofort begegnet werden! Mit der Annäherung an den Boden wird die Fahrt wieder so weit erhöht, dass zumindest ein sicheres Steuern der Abfangbewegung gewährleistet ist. Dieses Verfahren kann nicht als Standardmethode gelten.

6. Der Anflug aus geringer Höhe (Tiefanflug, low approach, approche basse)

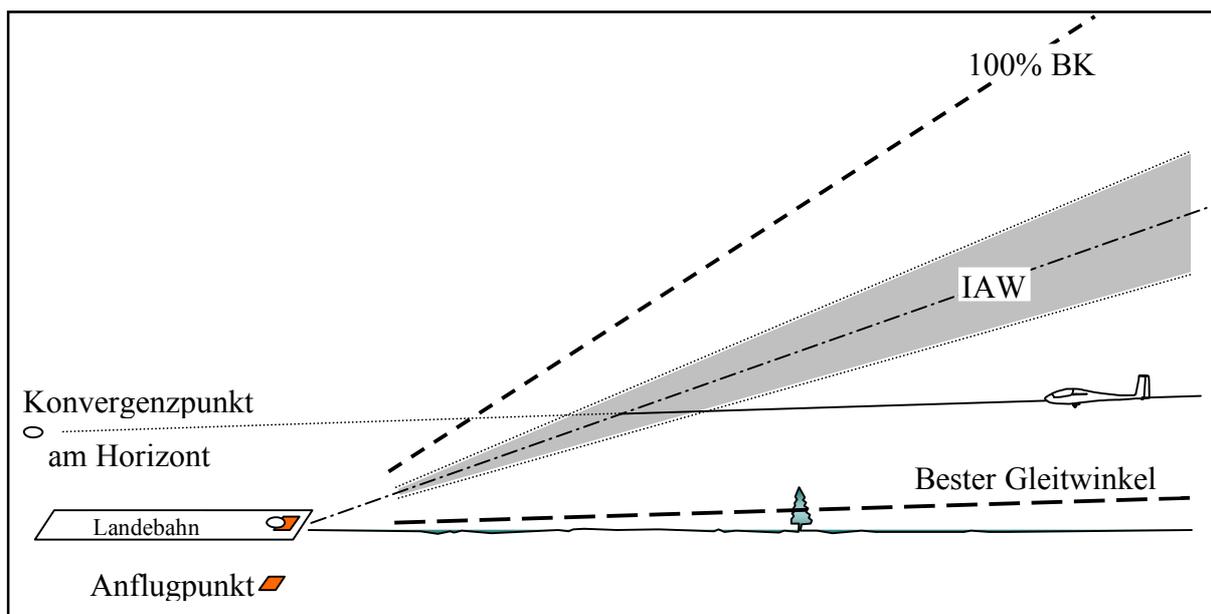


Bild 6 Anflug aus geringer Höhe

Im Anflug befindet sich der Pilot unterhalb des Bereichs der idealen Anflugwinkel (*BIAW*). Am besten nähert er sich dem Flugplatz mit geringstem Höhenverlust, also mit der Geschwindigkeit des besten Gleitens, welche - daran sei ausdrücklich erinnert - von der Gegenwind- bzw. Rückenwindkomponente abhängt. Insbesondere gilt: Je stärker der Gegenwind, desto höher ist die Geschwindigkeit des besten Gleitens. Die Flugbahn ist flach, der angeflogene Konvergenzpunkt wird am entfernten Horizont beobachtet. Mit der Annäherung an den Landeplatz kommt das Flugzeug in den Bereich der idealen Anflugwinkel. Dann kann der Pilot in den normalen Landeanflug übergehen. Dazu steuert er den Konvergenzpunkt auf den Anflugpunkt nahe der Schwelle der Landebahn. In dieser Endphase des Anflugs bekommt der Pilot rechtzeitig einen guten Überblick über das Landefeld und die begrenzenden Hindernisse.

7. Die Phasen der Landung

Das Ausrunden (*to round out, arrondir*)

Das Flugzeug nähert sich unter einem Anflugwinkel von etwa 6 Grad dem Anflugpunkt. Durch Abfangen und Erhöhen des Anstellwinkels soll die Flugbahn in eine zum Boden parallele Flugbahn übergeleitet werden. Man spricht vom Ausrunden der Flugbahn. Beim Ausrunden und Abfangen ist der Blick des Piloten nach vorne auf die Landebahn gerichtet. Das ermöglicht ihm, die jeweilige Höhe über dem Boden zu schätzen. Schon im Verlauf des Abfangens können die Bremsklappen – langsam(!) – weiter ausgefahren werden. Dabei ist größte Sorgfalt anzuwenden um ein unerwünschtes Durchsacken mit hartem Aufsetzen zu vermeiden. Wenn der Pilot mit dem Flugzeugtyp noch nicht eingehend vertraut ist, oder auch bei böigem Wetter, empfiehlt es sich, die Stellung der Bremsklappen beim Abfangen und Ausrunden beizubehalten. Am Ende der Phase des Ausrundens fliegt das Flugzeug in sehr geringer Höhe parallel zur Landebahn.

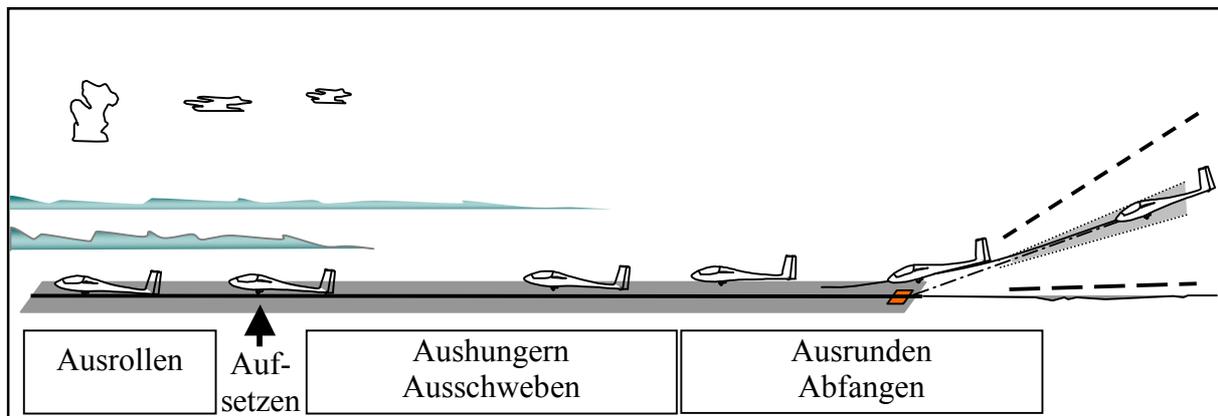
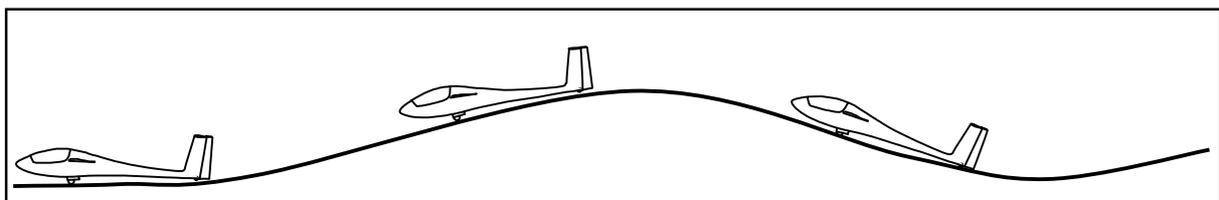
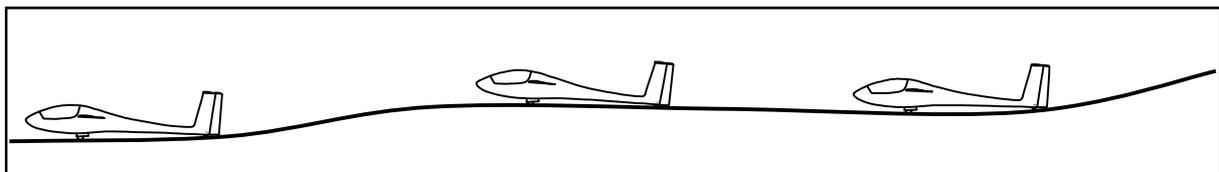


Bild 7 Die Phasen der Landung

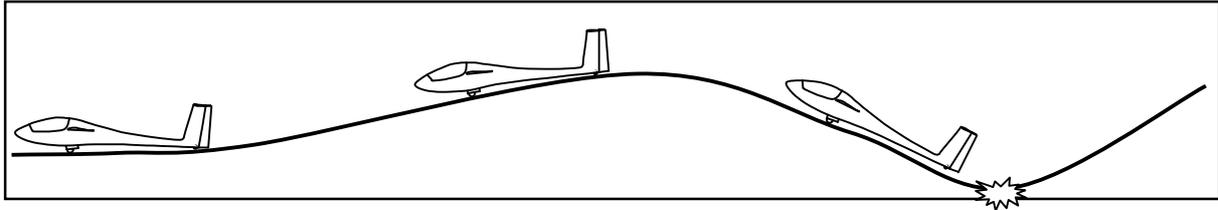
Typische Fehler beim Ausrunden und Abfangen und ihre Korrektur



Zu stark abgefangen, vielleicht zu schnell gezogen. Durch leichtes Nachlassen des Knüppels wird die horizontale Fluglage erreicht. Nähert sich das Flugzeug wiederum dem Boden an, wird das Abfangen durch angemessenes Ziehen fortgeführt. Nicht zu hastig ziehen, sonst steigt das Flugzeug erneut weg!



Gut abgefangen, aber zu hoch. Die horizontale Flugbahn wird beibehalten (nicht nachdrücken). Die Bremsklappen werden etwas eingefahren, falls die Fahrt sehr niedrig ist. Das Flugzeug nähert sich auch wegen des Fahrtabbaus dem Boden an. Knapp über dem Boden wird weiter abgefangen.



Vorzeitig aufgesetzt. Das Ausrunden war zu spät angesetzt oder war nicht ausreichend. Die Klappen werden langsam etwas eingefahren (nicht nachdrücken). Das Abfangen wird etwas später weitergeführt und abgeschlossen.

Das Ausschweben oder Aushungern (*hold off, palier*)

Im Verlauf des Ausschwebens wird die Fahrt des Flugzeugs abgebaut und damit auch seine kinetische Energie. In dem Maß wie sich die Fahrt vermindert, wird durch langsames und gleichmäßiges Ziehen das Flugzeug knapp über dem Boden gehalten. Dieser Vorgang heißt Aushungern. Währenddessen können auch die Bremsklappen gleichmäßig weiter ausgefahren werden um die Phase des Ausschwebens zu verkürzen. Achtung: Bei manchen Flugzeugtypen wird geraten, die Bremsklappen bei der Landung nicht voll auszufahren (Twin II, DG 1000).

Das Aufsetzen (*touch down, se poser*)

In der Phase des Ausschwebens erhöhen sich Anstellwinkel und Längsneigungswinkel immer mehr. Hat das Flugzeug die „Zweipunktlage“ erreicht, kann man es gleichzeitig mit Hauptrad und Spornrad aufsetzen (Zweipunktlandung). Manche Flugzeugtypen können aber noch weit mehr ausgehungert werden, bis das Spornrad zuerst die Landebahn berührt. Das Hauptrad wird dann kurz danach etwas hart aufsetzen. Das nimmt man aber in Kauf, wenn eine ausgesprochen kurze Landung angestrebt wird. Wenn das Spornrad zuerst aufsetzt, vermindert sich auch sofort der Anstellwinkel des Flugzeugs bis das Hauptrad den Boden berührt. Es ist dann kaum zu befürchten, dass das Flugzeug nochmals abhebt.

Bei besonders starkem und turbulentem Wind gilt es zu vermeiden, dass eine Böe das Flugzeug in der Phase des Ausschwebens oder beim Aufsetzen überraschend in größere Höhe hebt. Um dies zu vermeiden wird das Ausschweben verkürzt und das Flugzeug mit dem Hauptrad auf die Landebahn gesteuert (Radlandung). Dazu wird gegebenenfalls schon im Anflug die Wölbklappe in Nullstellung gerastet. Nach dem Aufsetzen muss zunächst die Geschwindigkeit, auch mit Hilfe der Radbremse, abgebaut werden bevor das Heckrad den Boden berührt. Der starke Wind ermöglicht es, nach der Radlandung das Flugzeug in der Längsneigung und in der Richtung zu steuern und zu stabilisieren.

Das Ausrollen

Das Ausrollen erfolgt in der Regel mit dem Spornrad am Boden, sonst ist die Gefahr des Ausbrechens groß. Solange das Seitenruder noch kräftig angeströmt wird, kann es zur Richtungsstabilisierung beitragen. Beim langsamen Ausrollen muss allein das Spornrad die Richtungsführung übernehmen. Während des Rollens wird der Knüppel voll gezogen um das Spornrad zu belasten. Die Radbremse wird allenfalls vorsichtig eingesetzt. Jedenfalls ist das Abheben des Spornrades zu vermeiden, da sonst das Flugzeug zum Ausbrechen neigt (Ringelpietz, ground loop, cheval de bois). Da das Hauptrad vor dem Flugzeugschwerpunkt liegt, wird das Ausbrechen durch die Massenkräfte noch unterstützt. Besonders kritisch sind Landungen bei Rückenwind mit größerer Seitenwindkomponente.

Während des Ausrollens sind die Tragflächen unter Verwendung zunehmend kräftiger Querruderausschläge horizontal zu halten. Gleichzeitig ist die Richtung beizubehalten.

Das Abrollen in einer Kurve ist riskant. Nur wenn kräftiger Gegenwind das rollende Flugzeug stabilisiert, sind vorsichtige Richtungsänderungen möglich.

Dabei wird durch Nachlassen des Knüppels während des Ausrollens das Spornrad behutsam entlastet und das Flugzeug auf dem Haupttrad gedreht.

Wenn die Querlage auch mit voll ausgeschlagenem Quersteuer nicht mehr zu halten ist, besteht die Gefahr, dass beim Ablegen des Flügels das Querruder beschädigt wird. Deshalb wird, kurz bevor die Flügelspitze den Boden berührt, das Quersteuer in die Gegenrichtung voll ausgeschlagen.

Die Landung gilt als beendet, wenn das Flugzeug zum Stillstand gekommen ist. Bei starkem Wind empfiehlt es sich aber, so lange im Flugzeug sitzen zu bleiben, bis ein Helfer eingetroffen ist. Die Bremsklappen bleiben ausgefahren, die Wölbklappen werden auf Null gerastet und die Haube bleibt noch geschlossen.

Das Abstellen

Dem Abstellen des Flugzeugs sollte besondere Aufmerksamkeit gelten. Solange das Flugzeug auf der Landebahn steht, stellt es ein Hindernis für weitere landende Flugzeuge dar. Deshalb sollte es unverzüglich aus der Landebahn geschoben und sicher abgestellt werden.

Vorkehrungen sind zu treffen, damit nicht der Wind oder eine unvermutete starke Böe das Flugzeug beschädigen kann.

8. Nach dem Flug

Sollten während des Fluges Unregelmäßigkeiten aufgetreten sein, die mit dem technischen Zustand des Flugzeugs in Verbindung stehen könnten, dann wird den Beobachtungen und den Ursachen nachgegangen.

Der Pilot wendet sich dazu an sachverständige Kollegen.

Er sorgt auch dafür, dass das Flugzeug am Boden bleibt, bis das Problem gelöst ist.

Dem Piloten ist zu empfehlen, nach dem Abschluss des Fluges eine selbstkritische Nachbereitung (debriefing) vorzunehmen.

Das intensiviert den Lerneffekt und trägt zur Vermeidung von Unfällen bei.

Gliederung

Landeanflug und Landung

1. Bremsklappen zur Gleitwinkelsteuerung
 2. Die Anfluggeschwindigkeit
 3. Das Sichtfeld aus dem Cockpit (repère-capot)
 4. Der Anflugwinkel bei schwachem Wind
 5. Der Anflug aus größerer Höhe
 6. Der Anflug aus geringer Höhe (Tiefanflug, low approach, approche basse)
 7. Die Phasen der Landung
-