

Flugbetrieb

Landungen

Der Anflug – die Ouvertüre zur Landung

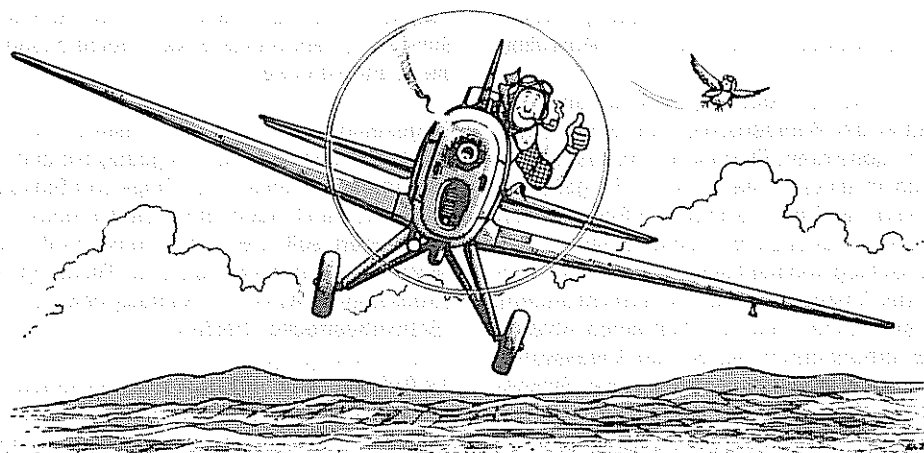
Braunschweig, den 22. 12. 1983
LBA III 3-985.1/83

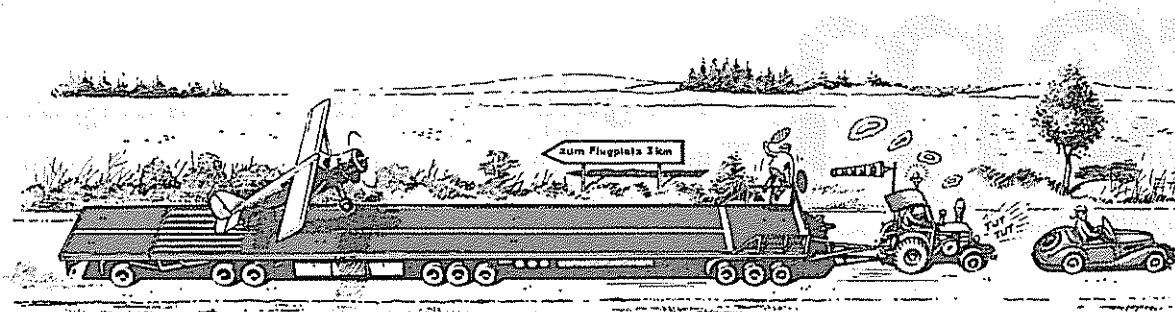
Sie kennen ihn, den Sonntagsfahrer, hochaufgerichtet und den Kopf nur wenige Zentimeter von der Windschutzscheibe entfernt. Häufig ist er „Spitzenreiter“ einer Autoschlange, weil er langsam fährt. Nicht, daß er andere Autofahrer ärgern will. Vielmehr möchte er so seine aufgrund fehlender Praxis geringere Sicherheit ausgleichen.

Nun, der Privatpilot kann fehlende Praxis nicht dadurch ausgleichen, daß er langsamer fliegt. Die Inübunghaltung ist durch nichts zu ersetzen. Das gilt ganz besonders für die Landung, die man sich aber erleichtern kann.

Hierzu wollen wir Ihnen in dieser Flugsicherheitsmitteilung einige Hinweise und Anregungen geben.

Wir befassen uns diesmal aber nur mit dem Anflug (nach Sicht und mit kleinen Flugzeugen), während die beiden übrigen Abschnitte der Landung, das Abfangen und das Ausrollen, in einer weiteren Folge behandelt werden sollen.





Wenn rund 28.700 Privatpiloten in der Bundesrepublik Deutschland (Stand 31. 12. 1982), die nur mit Flugzeugen bis zur Starthöchstmasse von 2000 kg fliegen, im Jahr 1982 etwa 653.000 Flugstunden und 1.603.000 Landungen zusammengebracht haben, ergibt sich für jeden von ihnen eine durchschnittliche Inübnungshaltung von ungefähr 23 Flugstunden und 55 Landungen pro Jahr, mehr nicht.

Gerade die Landung aber stellt hohe Anforderungen an das Können des Piloten. Eine gute Landung an der genau richtigen Stelle sagt mehr über ihn aus als alles andere. Nicht umsonst fehlen Ziellandungen bei keinem Wettbewerb. Was eine Landung „gut“ werden läßt und welche flugmechanischen Gesetzmäßigkeiten dafür gelten, wollen wir zunächst betrachten, um darauf auf-

bauend zur Nutzanwendung zu kommen. Folgen Sie uns zunächst ein bißchen in die Theorie, deren Kenntnis, da sind wir sicher, Ihnen die fliegerische Praxis erleichtern wird.

Die Grundlagen dieser fsm stellte uns dankenswerterweise Herr Dr. Gerhard Hefer von der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen zur Verfügung. Er hat für seine Berechnungen als Beispiel eine PA 28-161 Warrior II gewählt. Wenn auch die Ergebnisse – streng genommen – nur für dieses Flugzeug gelten, können sie doch vom Grundsatz her auch auf andere übertragen werden. Sie zeigen in anschaulicher Weise, wie sich die verschiedenen Einflüsse auf den Landevorgang auswirken.

Betrachten wir nun den Landevorgang in Bild 1:

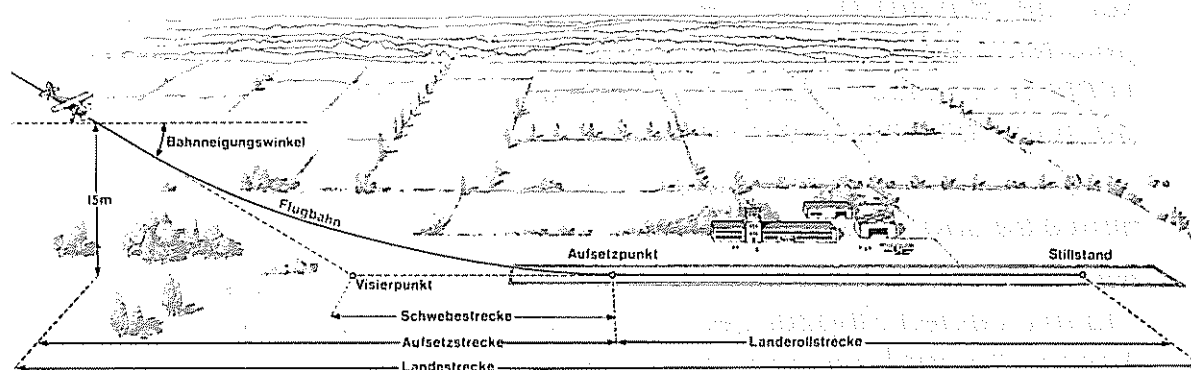


Bild 1

Dargestellt sind die Phasen einer Landung: Anflug, Abfangen, Ausschweben, Aufsetzen und Ausrollen.

Das Flugzeug nähert sich dem Erdboden auf einer geraden, gegenüber der Waagerechten um einen Bahnneigungswinkel geneigten Flugbahn. Voraussetzung ist, daß es sich in einem „stationären“ Flugzustand befindet, daß also alle Einflußgrößen wie Fahrt, Motorleistung, Landeklappenposition, Trimmstellung und Höhenruderausschlag konstant sind und die Flugzeuglage und damit der Anstellwinkel sich somit nicht ändern. In einer gewissen Höhe leitet der Pilot einen Abfangvorgang ein. Er erhöht durch Ziehen den Anstellwinkel und damit den Auftrieb, vermindert so die Sinkgeschwindigkeit und, da mit größer werdendem Anstellwinkel auch der Widerstand wächst, die Fluggeschwindigkeit. Das Flugzeug setzt auf und rollt aus.

Die Flugstrecke von der Stelle aus, an der sich das Fahrwerk des Flugzeuges noch 15 Meter über Grund befindet, bis zum Aufsetzen nennt man „Aufsetz-

strecke“ und die Entfernung vom Aufsetzpunkt zum Stillstand „Landerollstrecke“. Beide zusammen bilden die „Landestrecke“.

Eingezeichnet ist noch der „Visierpunkt“. Das ist der Punkt, auf den sich das Flugzeug bis zum Beginn des Abfangens mit konstanter Flug- und Sinkgeschwindigkeit und damit auch gleichbleibendem Anstellwinkel zubewegen soll. Der Visierpunkt muß somit für den Piloten in unverändert gleicher Richtung bleiben. Die Strecke von ihm bis zum Aufsetzpunkt soll im folgenden „Schwebestrecke“ heißen.

Die Aufgabe, Ihr Flugzeug in diesen ruhigen und gleichmäßigen Anflugzustand zu bringen, erleichtern Sie sich, wenn Sie es frühzeitig, also möglichst schon im Queranflug, „landefertig“ machen. Auch die Landeklappen müssen dabei schon ausgefahren werden, allerdings nicht bis zum vollen Ausschlag. Dies sollte erst im Endteil geschehen, wenn Sie sicher sind, daß die Landung „passen“ wird.

Wenn Sie nun im Endanflug feststellen, daß die Nase Ihres Flugzeuges immer weiter zum Visierpunkt hinwandert (Sie also zu weit kommen werden) oder vom Visierpunkt nach unten wegsinkt (Zu-Kurz-Kommen),

dann muß der Neigungswinkel der Flugbahn geändert werden. Hierzu wollen wir uns einmal das Bahnneigungswinkel-Geschwindigkeits-Diagramm der PA-28-161 ansehen (Bild 2):

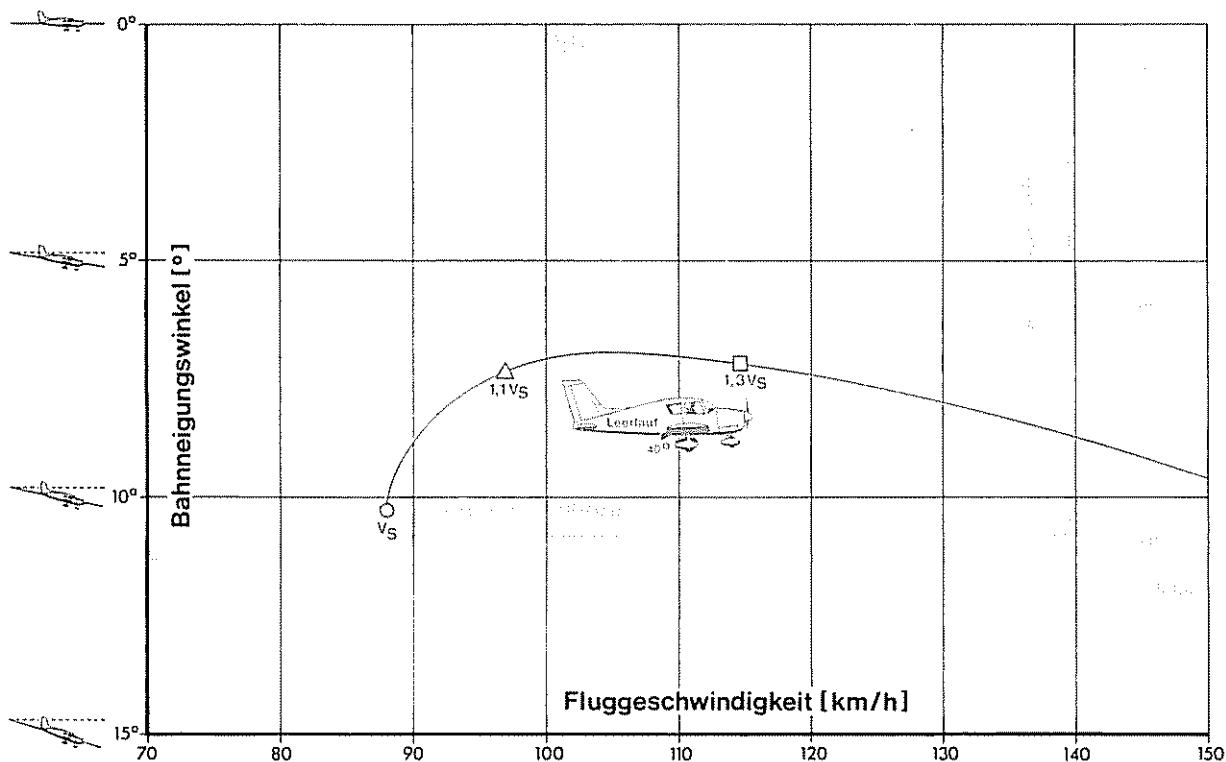


Bild 2

Das Bild ähnelt einer den Segelflugzeugführern vertrauten Geschwindigkeitspolaren, mit dem Unterschied, daß auf der senkrechten Achse nicht die Sinkgeschwindigkeit, sondern direkt der Bahnneigungswinkel aufgetragen ist. Die blaue Kurve („Polare“) ist Ausdruck dafür, daß ein Flugzeug bei jeder Geschwindigkeitsänderung aufgrund seiner flugmechanischen und aerodynamischen Eigenschaften die Neigung seiner Flugbahn mehr oder weniger stark verändert.

Die Anfluggeschwindigkeit

Die Kurve, die für eine Masse des Flugzeugs von 950 kg bei einem Klappenausschlag von 40°, Leerlauf des Motors und Windstille gilt, zeigt, daß sich im für den Anflug üblichen Geschwindigkeitsbereich, der beim oder etwas über dem 1,3-fachen der Überziehgeschwindigkeit v_s (mit eingefahrenen Landeklappen = v_{s1} , mit ausgefahrenen Landeklappen = v_{s0}) liegt, eine durch Ziehen und Drücken veränderte Fluggeschwindigkeit nur unwesentlich auf den Bahnneigungswinkel auswirkt. Selbst bei einer Geschwindigkeitserhöhung bzw. -verminderung von 20 km/h würde er sich in diesem Fall um weniger als 1° ändern:

Als Ergebnis ist festzustellen:

Eine Korrektur des Bahnneigungswinkels und damit eine Streckung oder Verkürzung des Anfluges ist durch Ziehen oder Drücken nur mit ganz

erheblichen Abweichungen von der „Soll“-Anfluggeschwindigkeit möglich. Genau das ist jedoch mit dem Ziel, gleichmäßig und ruhig anzufliegen, nicht vereinbar.

Diese Aussage gilt grundsätzlich für jedes Flugzeugmuster und jeden Flugzeugzustand.

Die Motorleistung

Wenn schon, wie oben gezeigt, die Änderung der Anfluggeschwindigkeit zur Steuerung des Gleitweges untauglich ist, müssen wir uns die Änderung der Motorleistung daraufhin betrachten. Nun gilt unsere Kurve jeweils nur für einen ganz bestimmten Flugzeugzustand bei einer festen Motorleistung. Wird letztere verändert, dann verschiebt sich auch die „Polare“, und zwar bei Erhöhung der Motorleistung zu deutlich kleineren Bahnneigungswinkeln, eine Tatsache, die wir zur Steuerung des Gleitweges nutzen können. Sehen wir uns dazu ein Beispiel an (Bild 3).

Bei einer Erhöhung der Motorleistung vom Leerlauf (blaue Kurve) auf 1600 U/min (grüne Kurve) verringert sich bei der Anfluggeschwindigkeit $1,3 v_s$ der Bahnneigungswinkel von etwa 7° auf 3°, was eine erhebliche Streckung des Anfluges bedeutet, z. B. aus 500 ft Höhe von 1250 m auf 2900 m.

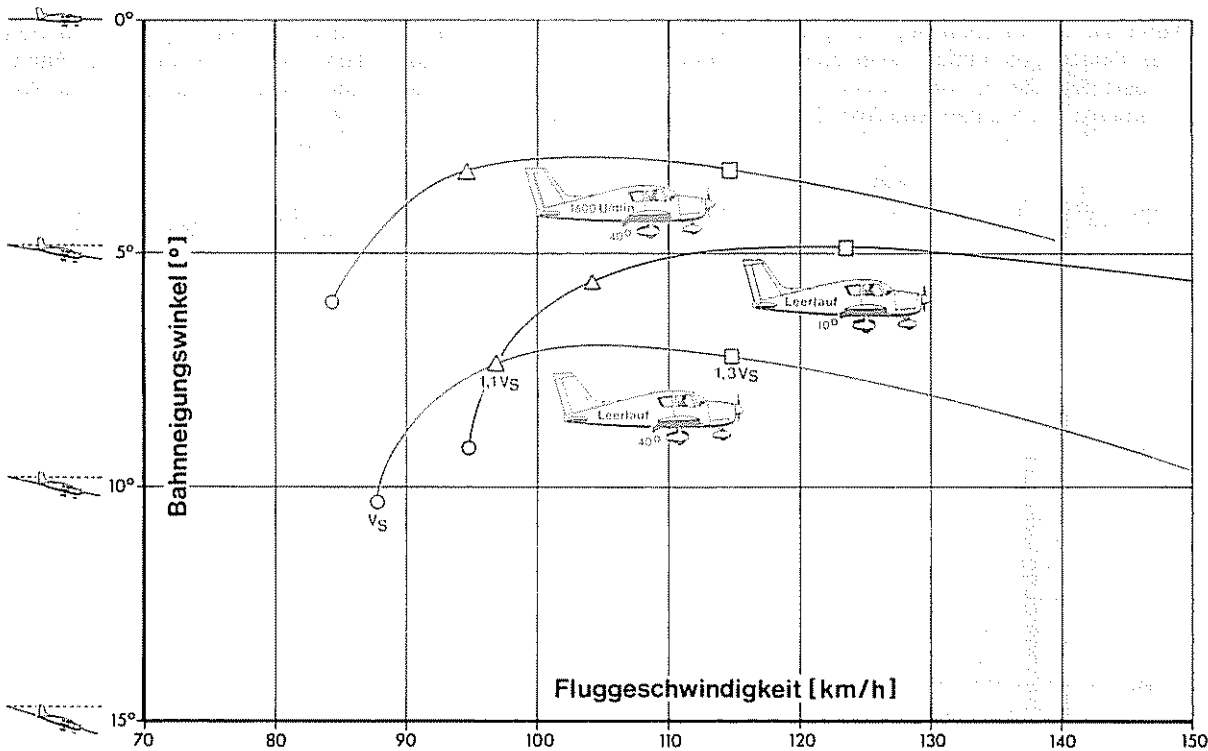


Bild 3

Die Landeklappen

Ausfahren der Landeklappen erhöht nicht nur den Auftrieb, sondern auch den Widerstand des Tragflügels, was wir uns ebenfalls zur Steuerung der Bahnneigung zunutze machen können. Wie Bild 3 zeigt, verschiebt sich die „Polare“ beim Ausfahren der Landeklappen zu größeren Bahnneigungswinkeln hin, und zwar bei der Anfluggeschwindigkeit von 1,3 v_s von 5° (Klappen Ausschlag 10°, rote Kurve) auf 7° (Klappen Ausschlag 40°, blaue Kurve), was einer doch immerhin noch erheblichen Verkürzung der Anflugstrecke aus 500 ft Höhe von 1750 m auf 1250 m entspricht. Allerdings ist der Einfluß der Landeklappen auf den Bahnwinkel bei kleinen Ausschlägen recht gering. Erst die Änderung der Klappenstellung von der vorletzten Stufe auf den Maximalausschlag ergibt – bei gleichbleibender Motorleistung und Fluggeschwindigkeit – einen wesentlich steileren Verlauf des Anflugs. Doch Vorsicht! Verändern der Klappenstellung bedeutet gleichzeitig auch eine Verschiebung der Überziehggeschwindigkeit!

Es ist nun an der Zeit für einen Moment der Rückbetrachtung auf die Ergebnisse der bisherigen theoretischen Überlegungen und Berechnungen: ein wirksames Mittel zur Verkürzung und Streckung des Anfluges ist die Veränderung der Motorleistung, während die Landeklappen nur zu seiner Verkürzung genutzt werden können. Das Flugzeug ist

- zu hoch : weniger Leistung
Klappen Ausschlag vergrößern
- zu tief : mehr Leistung

Wozu dient dann noch das Höhenruder, das dem Namen nach doch eigentlich die Aufgabe hat, die Höhe zu steuern? Es wird nicht „arbeitslos“, sondern dient im Endanflug zur Steuerung der Geschwindigkeit, die konstant gehalten werden soll. Das Flugzeug ist

- zu langsam : drücken
- zu schnell : ziehen

Die Steuerung jeweils der Höhe und Geschwindigkeit mit Leistung und Höhenruder erfolgt natürlich nicht unabhängig voneinander. Es kommt uns dabei jedoch zugute, daß das für den Sinkflug ausgetrimmte Flugzeug bei einer Erhöhung oder Verminderung der Leistung wegen der daraus resultierenden unterschiedlichen Anblasung des Höhenruders von sich aus mit einer Erhöhung bzw. Verminderung des Anstellwinkels reagiert und damit die Geschwindigkeit fast konstant hält.

Der „Standardanflug“

Theorie ist natürlich nicht alles. Übung gehört dazu. Das gilt auch, oder besser gesagt: ganz besonders, für die Landung. Noch besser ist es, wenn Sie wie der Klavierspieler, der eine schwierige Passage immer und immer wiederholt, auch ständig das gleiche üben. Machen Sie einfach jede Landung zu einer Übungslandung.

Wie groß sollen dabei Anfluggeschwindigkeit und Klappen Ausschlag sein?

Die Anfluggeschwindigkeit

In den Flughandbüchern werden üblicherweise Anfluggeschwindigkeiten empfohlen, die oberhalb des 1,3-fachen der Überziehgeschwindigkeit liegen. So wird für ein häufig geflogenes Flugzeugmuster für „normale“ Landungen eine Anfluggeschwindigkeit von 55 bis 65 und für Kurzlandungen von 54 KIAS (angezeigte Fluggeschwindigkeit in Knoten) angegeben, während die Überziehgeschwindigkeit mit eingefahrenen Landeklappen (v_{S1}) 40 und mit ausgefahrenen Landeklappen (v_{S0}) 35 KIAS beträgt.

Die im Flughandbuch empfohlene Anfluggeschwindigkeit liegt also in jedem Fall über $1,3 v_{S1}$. Betrachten Sie diese Geschwindigkeitsdifferenz als „Sicherheitszuschlag für die Familie“, die Sie problemlos nutzen können; denn an der Bahnneigung ändert sich wenig, wie wir aus dem in diesem Geschwindigkeitsbereich fast waagerechten Verlauf der „Polaren“ in den Bildern 2 und 3 erkennen konnten.

An dieser Stelle ein Tip am Rande: wählen Sie eine auf dem Fahrtmesser „markierte“ Geschwindigkeit, z. B. 55 statt 53 kt. Dadurch erleichtern Sie sich die optische Kontrolle der Fluggeschwindigkeit.

Mit der Ausnahme „bei starker Böigkeit“ ist ein weiterer, über die oben genannten Werte hinausgehender „allgemeiner Sicherheitszuschlag“ nicht sinnvoll, weil man dann nämlich eine sehr lange Schwebestrecke braucht, um die Geschwindigkeit bis zum Aufsetzen „wegzuziehen“. Es wird schwieriger, genau zu landen.

Die Landeklappenstellung

Hierzu wollen wir zunächst einmal die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Klappenstellungen betrachten. Wegen der niedrigeren Überziehgeschwindigkeit können Sie mit vollem Klappenausschlag langsamer fliegen, wodurch nicht nur die Aufsetzstrecke, sondern auch die Landerollstrecke erheblich verkürzt wird.

Ein gewisser Nachteil des vollen Klappenausschlages liegt darin, daß keine (Landeklappen-)„Reserve“ mehr

zur Verfügung steht, wenn trotz Reduzierung der Motorleistung auf Leerlaufdrehzahl der Anflug zu hoch geraten ist und die Gefahr des Zuweitkommens besteht. Weiterhin entsteht, wenn Sie Vollgas geben, um mit vollem Klappenausschlag durchzustarten, ein besonders starkes aufbäumendes Moment, dem Sie durch kräftiges Drücken begegnen müssen. Diese beiden Nachteile können jedoch durch Übung ausgeglichen werden.

Wir empfehlen deshalb für den „Standardanflug“ einen großen, wenn nicht den maximalen Klappenausschlag. Dann haben Sie den Vorteil, daß jede Landung zu einer Kurzlandung wird. Die Landung auf kurzen Plätzen ist dann für Sie bald Routine.

Die Sinkgeschwindigkeit

Natürlich kann man auch noch über die Sinkgeschwindigkeit des „Standardanfluges“ streiten. Extrem flache Anflüge, z. B. mit 3° Bahnneigung, wie bei Instrumentenanflügen üblich, sind für den Sichtflieger sicherlich nicht sonderlich sinnvoll und kämen fast einer Vergewaltigung der natürlichen Flugeigenschaften der meisten kleineren Flugzeuge gleich. Sie erfordern außerdem noch die Überwachung eines weiteren Geräts, des Variometers. Dennoch sollte der gute Pilot auch diese Technik beherrschen. Warum nicht einmal einen „Standardanflug“ mit einer Sinkrate von 500 oder 600 ft/min probieren?

Nun stellt sich diese Sinkrate bei einem häufig geflogenen Flugzeugmuster ein, wenn bei einer Geschwindigkeit von $1,3 v_S$ und vollem Klappenausschlag die Motorleistung auf Leerlauf zurückgenommen wird. Andere Flugzeuge hingegen sinken dann bedeutend schneller, wodurch es schwieriger wird abzufangen, ohne zu übersteuern. In diesem Fall kann die Reduzierung der Sinkrate durch eine Erhöhung der Motorleistung dazu beitragen, die Landung zu erleichtern.

Den Zusammenhang zwischen Anfluggeschwindigkeit, Sinkgeschwindigkeit und Strecke über Grund soll Bild 4 veranschaulichen.

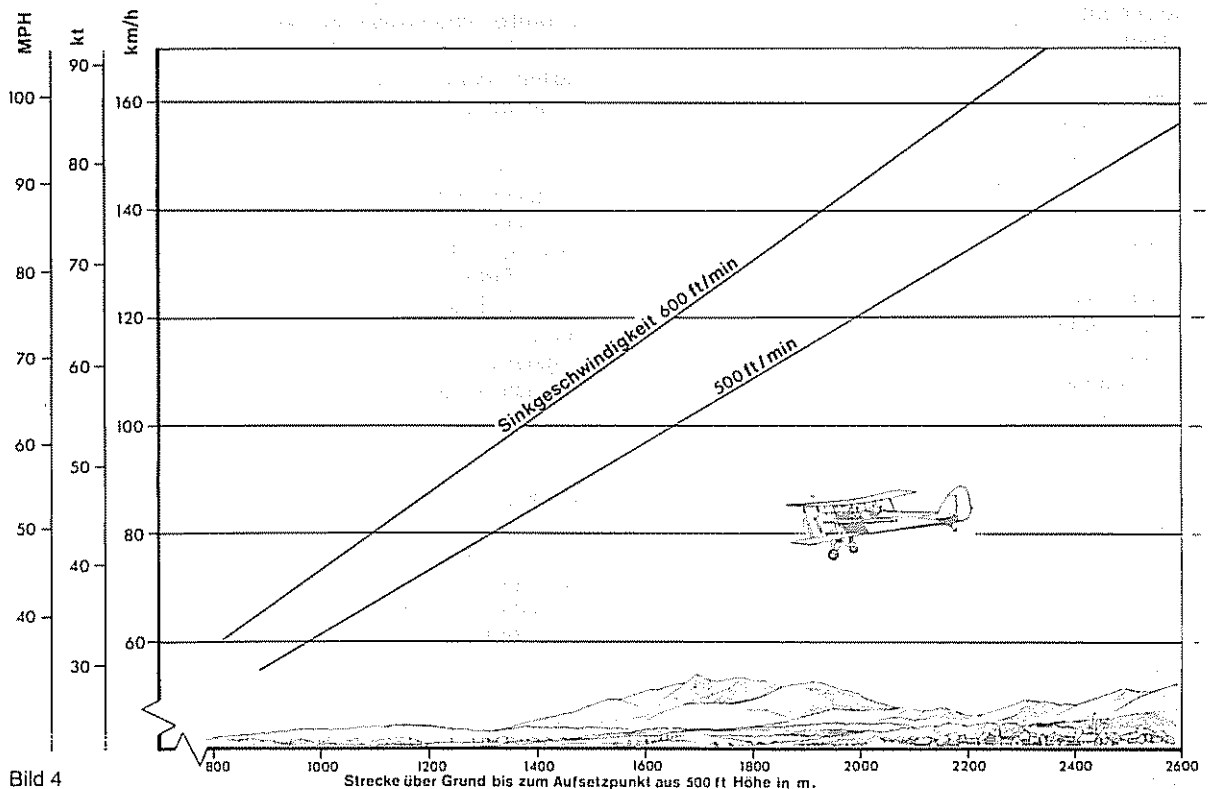


Bild 4

Sie werden feststellen, daß die Endanflugstrecke so mancher Platzrunde nicht ausreicht, um bei Sinkgeschwindigkeiten von 500 oder 600 ft/min erst im Endteil mit dem Sinkflug zu beginnen. Es bleibt dann gar nichts anderes übrig, als schon im Queranflug den Sinkflug einzuleiten.

Ein Erprobungsflug

Machen Sie doch einmal einen Erprobungsflug. Bevor Sie sich jedoch dazu in Ihr Flugzeug setzen, bedenken Sie bitte, daß Sie neben der Einhaltung der Fluggeschwindigkeit mit dem Höhenruder dabei auch die zur gewählten Sinkgeschwindigkeit gehörende Motorleistung erfassen müssen, was Ihre gesamte Aufmerksamkeit erfordern wird. Nehmen Sie deshalb einen Piloten mit, der Sie unterstützt und der, was im Eifer des Gefechtes nicht vergessen werden darf, den Luftraum beobachtet.

Eines jedoch liegt uns ganz besonders am Herzen: achten Sie auf Ihre Fluggeschwindigkeit!

Die Kontrolle des Anfluges

Bei einem Instrumentenanflug erhält der Pilot die Information, ob er sich ober- oder unterhalb des Gleitweges befindet, von einem Instrument. Der Pilot, der nach Sichtflugregeln fliegt, verfügt über ein ähnliches Hilfsmittel: den Visierpunkt.

Wir sagten bereits, daß der Visierpunkt der Punkt ist, auf den das Flugzeug beim Anflug mit konstanter Flug- und Sinkgeschwindigkeit und damit auch gleichbleibendem Anstellwinkel zufliegen soll. Er ändert dann seine Lage im Gesichtsfeld des Piloten und auch seinen Abstand zum Horizont nicht. Diese Tatsache können Sie zur optischen Kontrolle und Korrektur des Anfluges nutzen:

- Bewegt sich der Visierpunkt (z. B. die Landeschwelle) von unten her zum Horizont hin, dann werden Sie, wenn Sie die Flugbahn nicht verändern, zu kurz kommen. Zu weit kämen Sie, wenn der Visierpunkt nach unten vom Horizont wegwandert.
- Wenn Sie, wiederum im „stationären“ Anflug, den Visierpunkt mit einem „Hilfspunkt“ auf der Windschutzscheibe – eine passende Mückenleiche läßt sich immer finden! – in Deckung gebracht haben, dann zeigt Ihnen die relative Bewegung der Punkte zueinander an, wo Sie landen werden. Entfernt sich der Visierpunkt nach oben vom Hilfspunkt weg, dann werden Sie zu kurz kommen oder umgekehrt.

Das „Visierpunkt-Verfahren“ hat sich in der Praxis bewährt. Es sollte schon in der Schulung geübt werden, denn es unterstützt, wenn man sich daran gewöhnt hat, das Abschätzvermögen und verbessert so die Genauigkeit der Landung.

Eine Abschätzung des Anfluges ermöglicht auch das Erscheinungsbild der Landebahn (Bild 5). Das Gefälle und die von Platz zu Platz unterschiedlichen Längen-Breiten-Verhältnisse der Landebahn können allerdings zu optischen Täuschungen führen.

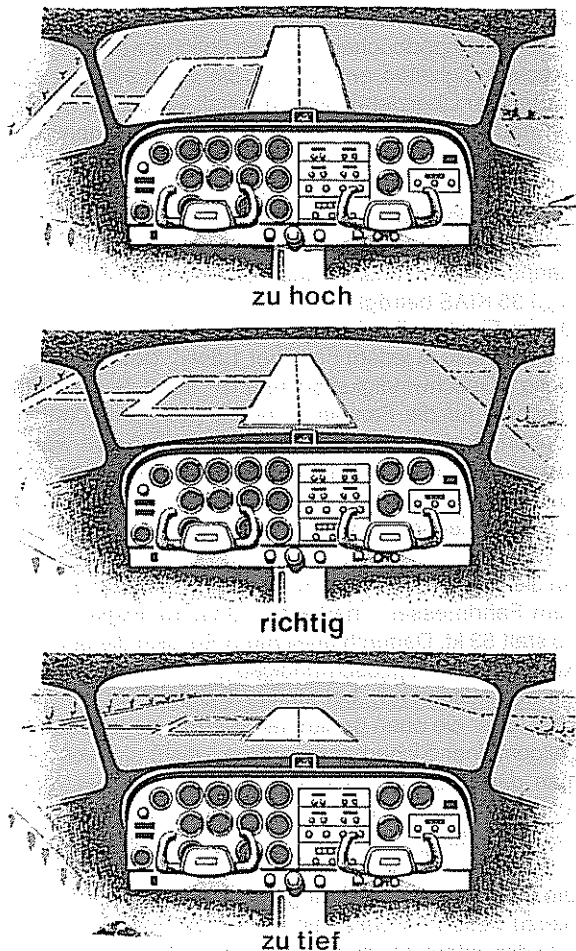


Bild 5

Die Hindernisfreiheit

Leider weisen einige Landebahnen vor der Landeschwelle Hindernisse auf, die das Abschätzvermögen auch des versierten Piloten sehr wohl auf die Probe stellen können. Hier hilft wieder der Visierpunkt, der immer **über** dem Hindernis zu sehen sein muß (s. Bild 6).

Die Gefahr der Hindernisberührung erkennen Sie frühzeitig dadurch, daß das Hindernis von unten her auf den Visierpunkt zuwandert. Erhöhen Sie dann die Motorleistung! Versuchen Sie jedoch **nicht**, Hindernisse durch Ziehen zu überwinden! Das kann nicht gelingen, weil die Geschwindigkeit $1,3 v_S$ bei sehr vielen Flugzeugmustern in etwa der Geschwindigkeit der geringsten Bahnneigung entspricht (s. Bild 2). Entschließen Sie sich nötigenfalls **rechtzeitig** zum Durchstarten.

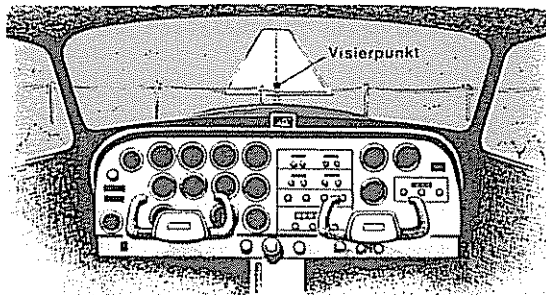
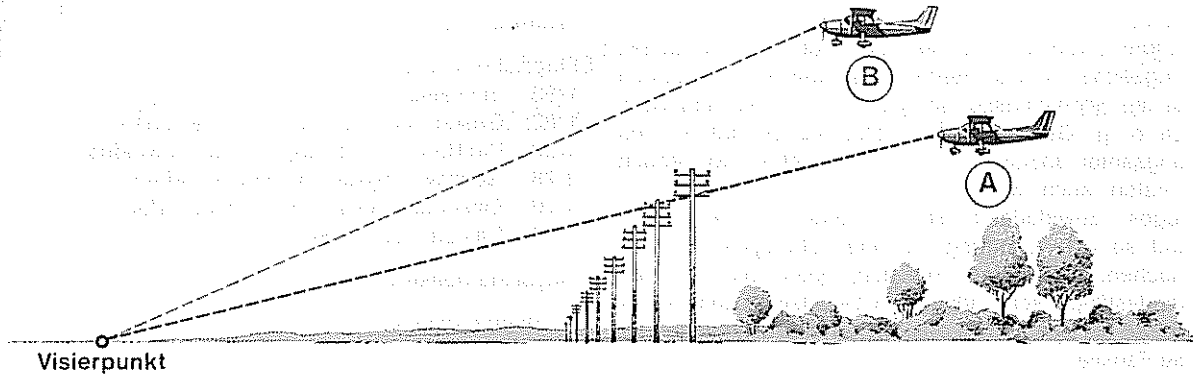
Das Durchstarten

Zur Beendigung des Sinkfluges und für den Steigflug benötigen Sie Energie, die Ihnen nur einer liefern kann, der Motor. Deshalb:

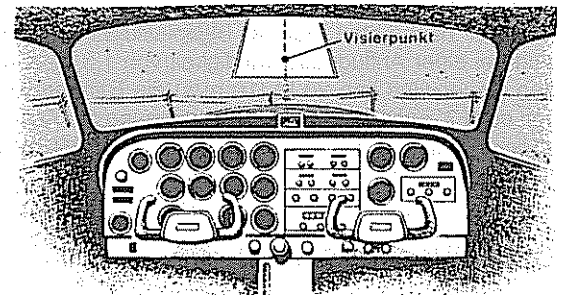
1. Vollgas

Die Vergaservorwärmung reduziert, wie Sie bei jeder Vorflugkontrolle feststellen, die Motorleistung, von der Sie jetzt soviel wie eben möglich brauchen. Deshalb:

2. Vergaservorwärmung – kalt



A



B

Bild 6

Größere Landeklappenaußschläge vermindern die Steigleistung. Die Klappen müssen daher eingefahren werden. Das Einfahren der Klappen erhöht jedoch die Überziehggeschwindigkeit. Deshalb vorher:

3. Fahrt aufholen

Die beste Steigleistung erzielen Sie mit den Landeklappen in Startstellung. Deshalb nun:

4. Landeklappen stufenweise einfahren

Flugzeugmasse und Wind

Den Einfluß von Masse und Wind auf den Anflug wollen wir uns zunächst in dem schon vertrauten Bahnneigungs-Geschwindigkeits-Diagramm der PA-28 ansehen (Bild 7).

Eine geringere Flugzeugmasse verschiebt die „Polare“ zu kleineren Geschwindigkeiten und damit auch

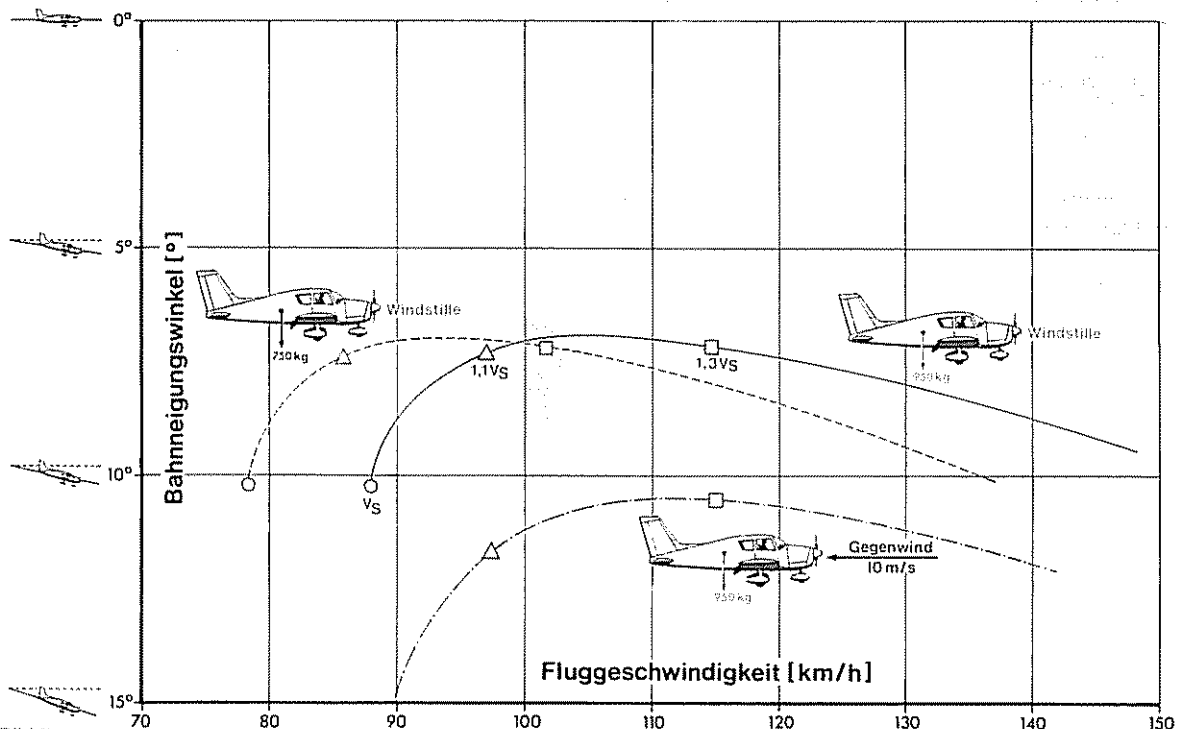


Bild 7

Mindestfluggeschwindigkeiten, in diesem Fall um etwa 10 km/h. Nun enthalten die Flughandbücher der kleinen Flugzeuge in aller Regel Geschwindigkeitsangaben für die Höchstmasse, so daß der Gedanke naheliegt, die o. g. Geschwindigkeitsdifferenz zu nutzen und langsamer anzufliegen. Hiervon möchten wir jedoch abraten, auch, weil das dem Sinn des „Standardanfluges“ zuwiderläuft, eine Landung wie die andere und so jede Landung zu einer Übungslandung zu machen. Betrachten Sie den Unterschied in den Mindestfluggeschwindigkeiten bei kleiner und großer Masse als Bestandteil des Sicherheitszuschlages „für die Familie“.

Gegenwind verschiebt, wie ebenfalls Bild 7 zeigt, die „Polare“ nach unten. Für das Beispielflugzeug erhöht sich bei einer Anfluggeschwindigkeit von $1,3 v_S$ durch den Gegenwind von 20 kt (10 m/s) die Bahnneigung von etwa 7° auf $10,5^\circ$, was eine Verkürzung der Anflugstrecke über Grund z. B. aus 500 ft Höhe von 1250 m auf 820 m bedeutet.

Drei Tips zum Schluß

Wir haben uns während unserer Betrachtungen zum Anflug inzwischen so weit der Landebahn genähert, daß es nun an der Zeit ist, abzufangen. Hiermit und mit dem Ausrollen wollen wir uns allerdings nicht jetzt, sondern in einer späteren Flugsicherheitsmitteilung beschäftigen. Bevor wir jedoch diesen ersten Teil der Landung abschließen, hier noch drei Tips:

- Trimmen Sie Ihr Flugzeug aus. Geringe Steuerdrücke erleichtern die Gleitwegkorrektur und vor allem das Abfangen.
- Der gerade Anflug, d. h. in Verlängerung der Landebahn, wird häufig durch gewölbte Motorhauben erschwert. Oft erleichtert jedoch auch dann eine Nietenreihe auf der Haube das „Anvisieren“ der Landebahn.
- Instrumentenbretter erschweren insbesondere den „Sitzzwergen“ die Sicht nach vorne. Manchmal genügt schon ein einfaches Sitzkissen, die „Qualität“ der Landung entscheidend zu verbessern.

Solche Tips werden nicht am grünen Tisch erfunden. Sie kommen aus der Praxis. Deshalb bitten wir Sie uns mitzuteilen, wie Sie sich den Landeanflug, das Abfangen und das Ausrollen erleichtern.

Wir geben Ihre Erfahrungen gerne weiter.

Machen Sie mit!

Weitere Informationen

Flugsicherheitsmitteilung

1/83: „Einweisung und Vertrautmachen“

1/82: „Geschwindigkeit ist das halbe Leben“

4/80: „Die Berücksichtigung des Seitenwindes“

3/78: „Geschwindigkeit und Flugverhalten“

4/76: „Einschalten des Landescheinwerfers“

1/73: „Das Landen bei Seitenwind“

Flugsicherheitsfilm „Start und Landung“

Ihr Flughandbuch