

## Flugbetrieb

## Landungen

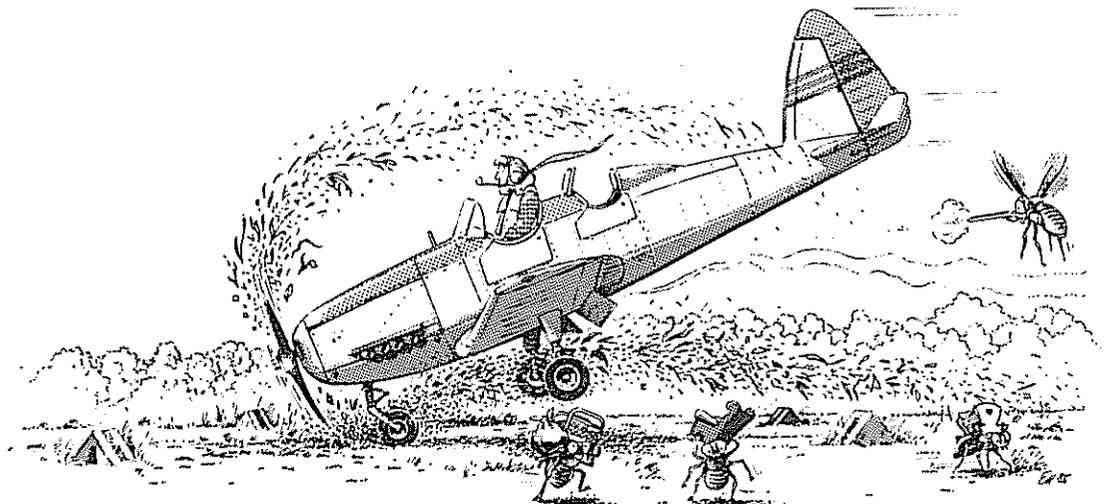
Braunschweig, den 12. 12. 85  
LBA III 3 — 985.1/85  
Nachdruck 1995

## Übung macht den Meister

*Es ist ein schöner Brauch, wenn die Passagiere eines Verkehrsflugzeuges nach einer besonders sanften Landung dem Flugkapitän den verdienten Beifall zollen. Fast noch mehr Anerkennung nach einer sauberen Landung gebührt dem Privatpiloten, denn ihm fehlt in aller Regel die langjährige tägliche Übung, die den Verkehrsflugzeugführer zum Köhner macht.*

*Um auch dem weniger geübten Piloten auf dem Weg zur Beherrschung der Landung zu helfen, haben wir mit der Flugsicherheitsmitteilung 6/83 Hinweise und Anregungen zum Anflug gegeben. Mit dieser fsm knüpfen wir dort an, wo wir damals aufgehört haben, und beschäftigen uns nun mit dem Abfangen, dem Ausschweben und dem Aufsetzen.*

*Gerade für die nachfolgend beschriebenen Phasen der Landung aber gilt, daß theoretisches Wissen allein nicht ausreicht. Übung macht den Meister. Es lohnt sich zu üben, denn es ist noch kein Meister vom Himmel gefallen.*



Blicken wir zurück:

In der Flugsicherheitsmitteilung (fsm) 6/83 „Der Anflug — die Ouvertüre zur Landung“ haben wir den Anflug, die Voraussetzung für eine gute Landung, behandelt. Wir haben geschrieben,

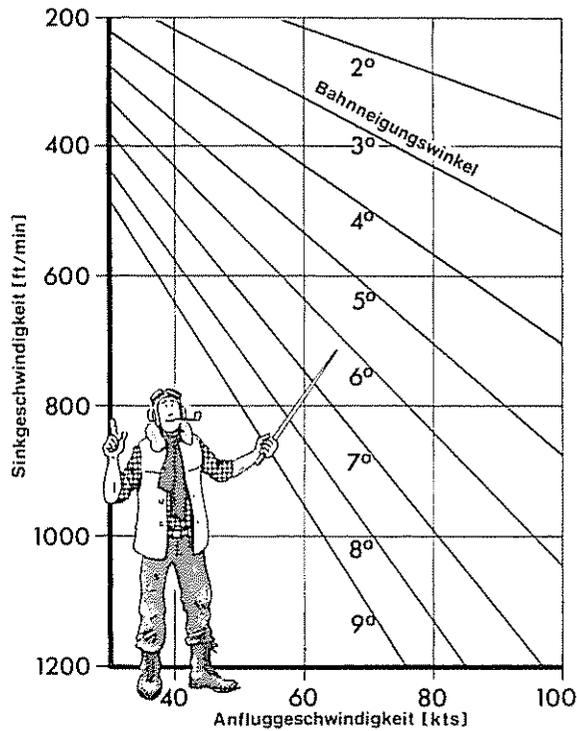
- daß die Aufgabe, das Flugzeug in einen ruhigen und gleichmäßigen Anflugzustand zu bringen, erleichtert wird, wenn es frühzeitig „landefertig“ gemacht wird,
- wie das Abschätzen des Anfluges durch das „Anpeilen“ des Visierpunktes und vom Erscheinungsbild der Landebahn unterstützt wird und
- daß zur Korrektur des Gleitpfades Höhenruder, Motorleistung und Landeklappen genutzt werden:

- zu hoch: weniger Leistung, Klappenausschlag vergrößern
- zu tief: mehr Leistung
- zu langsam: drücken
- zu schnell: ziehen

Natürlich wollen wir hier in wenigen Zeilen den Anflug nicht noch einmal beschreiben. Dazu diene schließlich die fsm 6/83. Doch bevor wir da weitermachen, wo wir unsere Landung damals abgebrochen haben, nämlich in etwa 15 m Höhe, wollen wir zunächst noch auf einige Zuschriften eingehen, die uns nach dem Erscheinen der Flugsicherheitsmitteilung erreichten.

Einige, wenn auch nicht viele Leser, stellten die Korrektur der Anfluggeschwindigkeit mit dem Höhenruder „schon allein wegen seiner Bezeichnung“ in Frage und verwiesen auf die Schwierigkeit, dem Höhenruder während des Endanfluges eine andere Funktion zuweisen zu müssen, als die, die es im Reiseflug hat. Überwiegend wurde uns jedoch von den Piloten, die das Höhenruder im Endanflug bislang noch nicht zur Kontrolle der Geschwindigkeit genutzt hatten, geschrieben, daß ihnen die Umstellung mühelos gelungen sei und sie von dem Rat profitiert hätten.

In mehreren Briefen wurde darum gebeten, einmal den Zusammenhang zwischen Anfluggeschwindigkeit, Sinkgeschwindigkeit und Bahnneigungswinkel anzugeben. Nachfolgend daher eine graphische Darstellung:

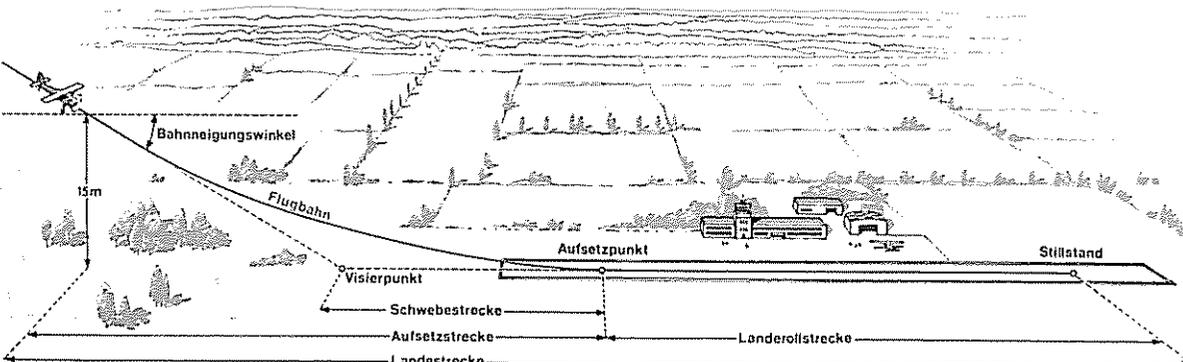


Für den Anflug mit 3° Bahnneigung (das entspräche einem Standard-Instrumentenanflug) kann man übrigens folgende Faustformel benutzen:

$$\text{Geschwindigkeit über Grund (in kt)} \times 5 = \text{Sinkgeschwindigkeit (in ft/min)}$$

Warum haben wir in der fsm 6/83 einen steileren als den Anflug mit 3° Bahnneigung vorgeschlagen? Bei einem Winkel von 3° beträgt in 500 m Entfernung die Höhe über der Bahn nur etwas über 26 m, sehr wenig oder zu wenig, um die Hindernisse vor so mancher Landebahn sicher zu überfliegen. Wollte man sich selbst also keine Beschränkung bei der Wahl seiner Zielflugplätze auferlegen, dann müßte eine weitere Landetechnik einstudiert und immer wieder geübt werden. Doch können gleichzeitig zwei Landetechniken geübt werden von dem Durchschnittspiloten, der 1984 nur noch 48 Landungen absolviert hat?

Im übrigen können und wollen wir weder mit der fsm 6/83 noch mit dieser eine Landetechnik vorschreiben, sondern die Landung beschreiben, um Ihnen Anregungen zur Verbesserung Ihrer Landung zu geben.



## Die Landung

Doch lassen Sie uns dort anknüpfen, wo wir in der fsm 6/83 aufgehört haben. Wir befinden uns in etwa 15 m Höhe über Landebahnniveau, die Anfluggeschwindigkeit beträgt das 1,3-fache der Überziehgeschwindigkeit in Landekonfiguration ( $1,3 v_{so}$ ). Wir bewegen uns mit konstanter Sinkgeschwindigkeit auf den Visierpunkt zu.

Der Abschnitt zwischen dem Einleiten des Abfangens und dem Aufsetzen, der eigentliche Landevorgang, ist der wohl schwierigste und auch am stärksten von der persönlichen Landetechnik des Piloten beeinflusste Teil der Landung.

Zunächst stellt sich die Frage nach der Qualität der Landung.

Was sind die Voraussetzungen für eine „gute“ Landung?

Neben der Zielgenauigkeit ist der Flugzustand beim Aufsetzen entscheidend, also die Kombination von Fluggeschwindigkeit, Sinkgeschwindigkeit und Längsneigung des Flugzeuges im Aufsetzpunkt.

Die Zielgenauigkeit ist durch den schon beschriebenen genau eingehaltenen Anflug gewährleistet.

Die Aufsetzgeschwindigkeit sollte knapp über der Überziehgeschwindigkeit liegen, also zwischen  $v_s$  und  $1,1 v_s$ . Sie ist dann richtig, wenn die Überziehwarnung kurz vor dem Kontakt mit dem Boden ertönt.

Die Sinkgeschwindigkeit sollte weniger als 0,5 m/sec (100 ft/min) betragen.

Die Längsneigung sollte so sein, daß das Flugzeug mit dem Hauptfahrwerk zuerst aufsetzt.

## Das Abfangen

Aus der Beschreibung der „guten“ Landung ergeben sich schon die Schwierigkeiten, den richtigen Übergang vom gleichmäßigen, unbeschleunigten Sinkflug zum Flugzustand im Aufsetzpunkt zu finden oder gar ihn zu beschreiben.

Es gibt die unterschiedlichsten Antworten zu der Frage, in welcher Höhe mit dem Abfangen begonnen werden sollte. In der Praxis liegt dieser Wert bei etwa 5 Metern. Noch länger das Abfangen hinauszuzögern, birgt die Gefahr, daß die Sinkgeschwindigkeit nicht rechtzeitig abgebaut werden kann und das Flugzeug vorzeitig hart aufsetzt, oder, weil die richtige „Dosierung“ schwierig ist, das Höhenruder zu stark gezogen wird und das Flugzeug wieder in den Steigflug übergeht. Die richtige Höhe zum Einleiten des Abfangens anzugeben, ist auch deshalb schwierig, weil in dieser Flugphase der Pilot die Höhe nur aufgrund seiner visuellen Eindrücke der Umgebung schätzen kann. Das Abschätzvermögen für die Höhe ist aber, sieht man von Ausnahmen ab, dem Menschen leider nicht in die Wiege gelegt worden und muß deshalb durch Erfahrung erworben werden.

Nach welchen Eindrücken wird der Abfangbogen gesteuert?

Diese Frage kann — wenn überhaupt — von den meisten Piloten erst nach längerem Nachdenken beantwortet werden, denn was in den wenigen Sekunden des Abfangens geschieht, ist durch Übung in das Unterbewußtsein gedrungen und läuft fast automatisch ab. Es wurde halt zum „fliegerischen Gefühl“. Tatsächlich ist es eine Vielzahl von Eindrücken, die dem Piloten helfen, richtig abzufangen: das Gefühl in der Sitzfläche, der Steuerdruck und vor allem der optische Eindruck. Alle diese Reize müssen verarbeitet werden, um in der richtigen Weise durch Vergrößerung der Längsneigung (Erhöhung des Anstellwinkels) bis zum Ende des Abfangbogens, mit den Rädern etwa 1 m über dem Boden, die Sinkgeschwindigkeit abzubauen.

Zum richtigen Abfangen gibt es keine Rezepte. Wir können hier nur Anregungen geben, wie Sie sich die Abschätzung der Höhe über dem Boden und der Geschwindigkeit, mit der Sie sich dem Boden nähern, erleichtern können. Versuchen Sie nicht, möglichst senkrecht nach unten aus dem Seitenfenster schauend die Höhe abzuschätzen. Dadurch verlieren Sie nur das Gefühl für die Lage des Flugzeuges.

Das Ende einer langen Landebahn ist meist zu weit entfernt, um von dort her die Höhe über dem Boden hinreichend genau abschätzen zu können. Lassen Sie doch, wenn Sie es bisher noch nicht so gemacht haben, seitlich an der Motorhaube vorbeischauend den Blickpunkt in Flugrichtung etwas „wandern“, und zwar von einer Stelle so weit vor Ihnen, daß Sie den Boden, noch nicht von der Geschwindigkeit verwischt, klar erkennen können, zur Landebahnmitte und zurück.

Manche Piloten, die an kürzeste Landeplätze gewöhnt sind und dort fast spielend zurechtkommen, tun sich auf langen und breiten Landebahnen auf Verkehrsflughäfen häufig erstaunlich schwer und sind oft viel zu hoch mit der Landung fertig. Eine Erklärung dafür mag darin liegen, daß das ungewohnte Erscheinungsbild nicht nur der Landebahn selbst, sondern auch des hier freien Umfeldes die Höhenabschätzung erschwert. Auch in diesem Fall kann der Rat, den Blickpunkt „wandern“ zu lassen, helfen, die Schwierigkeit zu mindern.

## Das Ausschweben

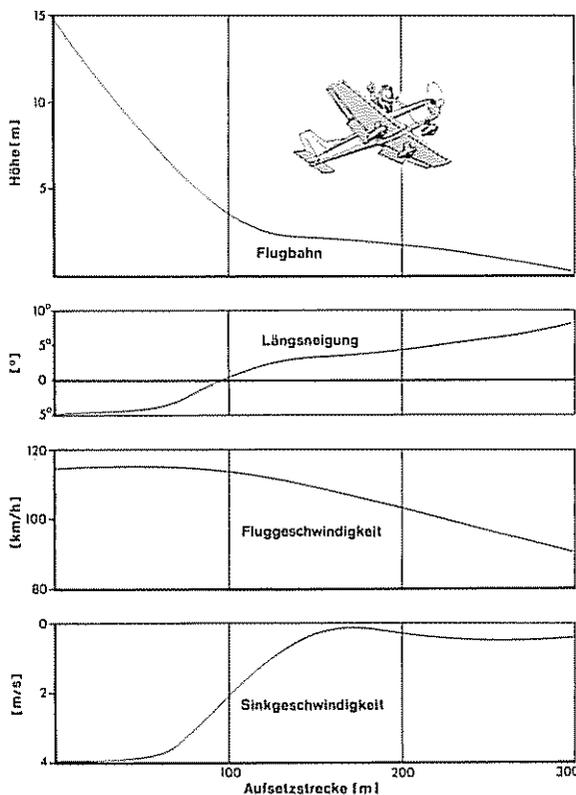
Der sich nun anschließende Teil der Landung, das Ausschweben, besteht in der Aufgabe, die Geschwindigkeit des gleichbleibend mit den Rädern etwa 1 m über der Landebahn fliegenden Flugzeuges bis zur Aufsetzgeschwindigkeit zu verzögern. Dies besorgt der aerodynamische Widerstand. Mit sinkender Geschwindigkeit verringert sich jedoch auch der Auftrieb, der von der Geschwindigkeit abhängt ( $A = \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot c_A \cdot F$ ). Da die Luftdichte und die Flügelfläche  $F$  vom Piloten nicht beeinflusst werden können, müssen wir den Auftriebsbeiwert  $c_A$  durch Ziehen, also durch Vergrößern des Anstellwinkels (Längsneigung) erhöhen. Dadurch wächst der Widerstand weiter, die Geschwindigkeit und der

Auftrieb verringern sich, die Längsneigung muß wiederum vergrößert werden, usw. Dieser kontinuierliche Vorgang wird fortgesetzt, bis das Flugzeug mit einer Geschwindigkeit knapp über der Überziehggeschwindigkeit aufsetzt.

Sehen wir uns einmal die bisher beschriebenen Teile der Landung in einer Graphik an.

Für die Berechnungen ist eine PA 28 — 161 Warrior II gewählt worden. Die Ergebnisse können vom Grundsatz her jedoch auch auf andere Flugzeuge übertragen werden. Vorgegeben wurde die Steuerung der Längsneigung in Abhängigkeit von der Höhe. Als Rechenwerte wurden zugrundegelegt: Masse 950 kg, Landeklappenausschlag 40°, Anfluggeschwindigkeit  $1,3 v_s = 115 \text{ km/h}$  (62 kt), Motor im Leerlauf, Windstille.

Die angegebenen Werte wurden uns von Herrn Dr. Gerhard Hefer von der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen zur Verfügung gestellt.



Ein Wort noch zur Steuergröße Längsneigung: Sie können das Abschätzvermögen für sie stärken, indem Sie vor dem Start den Eindruck von der Startbahn und das Bild vom Abstand der Motorhaube zum Ende der Landebahn oder zum Horizont auf sich einwirken lassen.

Das Gefühl für die richtige Längsneigung des Flugzeuges beim Aufsetzen erhalten Sie, wenn Sie bewußt schon einmal die Lage beim Abheben in sich aufnehmen. Dies sollten Sie besonders dann tun, wenn Sie häufig das Flugzeugmuster wechseln.

## Die Motorleistung

Wann soll, wenn Sie nicht schon mit Leerlaufleistung anfliegen, die Motorleistung reduziert werden? Auch zu dieser Frage gibt es unterschiedliche Meinungen.

Sehr häufig — und viele Piloten kommen damit gut zurecht — wird die Motorleistung **kurz vor dem Abfangen** in den Leerlauf zurückgenommen.

Wird die Motorleistung **während des Abfangens** zurückgenommen, so erschwert dies den Landevorgang. Dieses Verfahren macht die ohnehin komplizierte Steuerung des Abfangbogens mit Änderung von Höhe, Sinkgeschwindigkeit und Längsneigung noch komplizierter. Weiterhin kann, was besonders für kräftig motorisierte Flugzeuge und Flugzeuge mit hoher Flächenbelastung gilt, die Leistungsrücknahme zu einem Auftriebsverlust führen, der das Flugzeug ungewollt früh und mit zu geringer Längsneigung auf die Bahn zwingt.

Leichter ist es, das Gas **am Ende des Abfangbogens** herauszunehmen. Hier hat das Flugzeug eine Flugbahn in gleichbleibender Höhe über der Landebahn eingenommen und ist aufgrund seiner Massenträgheit bestrebt, diese Flugbahn auch einzuhalten. Wenn jetzt die Motorleistung ganz zurückgenommen wird, dann hilft diese Verringerung der Vortriebskraft dem Widerstand, das Flugzeug in Flugrichtung zu verzögern, was wir ja schließlich auch wollen.

Die Motorleistung **bis zum Aufsetzen** beizubehalten, führt zu einer Verlängerung der Schwebestrecke, die manche kurze Bahn zu kurz werden läßt.

In jedem Fall jedoch sollte die Motorleistung nicht ruckartig zurückgenommen werden. Eine gleichmäßige langsame Reduzierung der Leistung erleichtert die koordinierte Kompensation des Auftriebsverlustes durch Ziehen, also durch Erhöhung des Anstellwinkels.

## Die Länge der Schwebestrecke

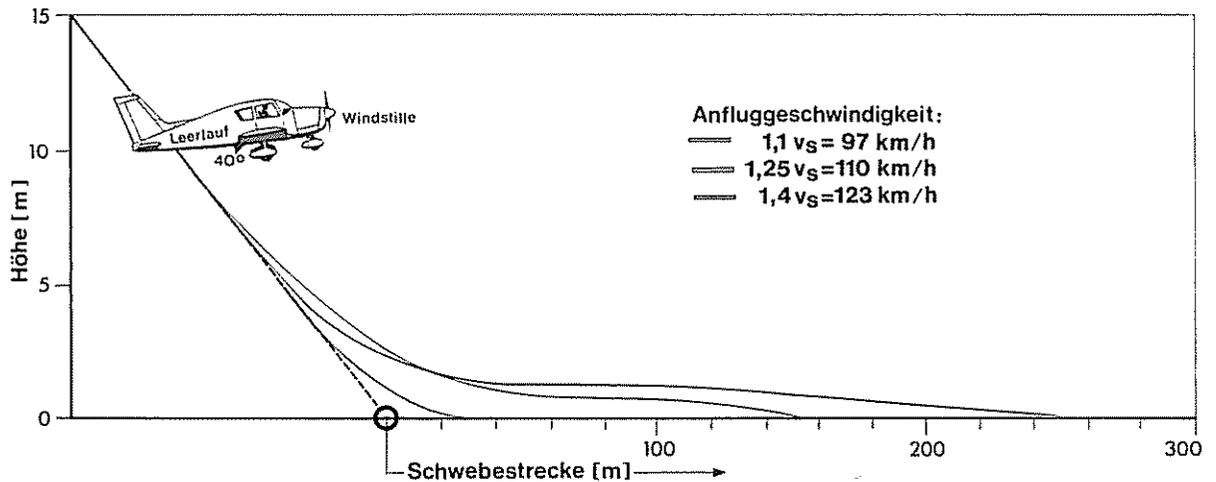
Wir haben eingangs gesagt, daß ein Merkmal der guten Landung, die Zielgenauigkeit, durch einen sauberen, gleichmäßigen Anflug schon gewährleistet ist. Diese Aussage muß jedoch noch ergänzt werden, denn zwischen dem Visierpunkt, d. h. dem Punkt, auf den sich das Flugzeug bis zum Beginn des Abfangens mit konstanter Flug- und Sinkgeschwindigkeit zubewegt hat, und dem Aufsetzpunkt liegt die „Schwebestrecke“. Wenn wir also eine ganz genaue Ziellandung machen wollen, dann müssen wir den Visierpunkt um eine bestimmte Strecke vor den Aufsetzpunkt legen. Die Länge dieser Strecke hängt in erster Linie von der Anfluggeschwindigkeit, von der Klappenstellung und vom Wind ab, natürlich aber auch vom Flugzeugmuster. Die nachfolgenden Angaben gelten wieder für die PA 28-161 Warrior II, einen Tiefdecker.

### Die Anfluggeschwindigkeit

Der Einfluß der Anfluggeschwindigkeit auf die Länge der Schwebestrecke wird aus dem folgenden Bild deutlich.

Bei einer Anfluggeschwindigkeit von  $1,25 v_S$  verbrauchen wir, wenn wir als Visierpunkt die Landeschwelle wählen, bis zum Aufsetzen etwa 150 m der Landebahn. Bei einer Anfluggeschwindigkeit

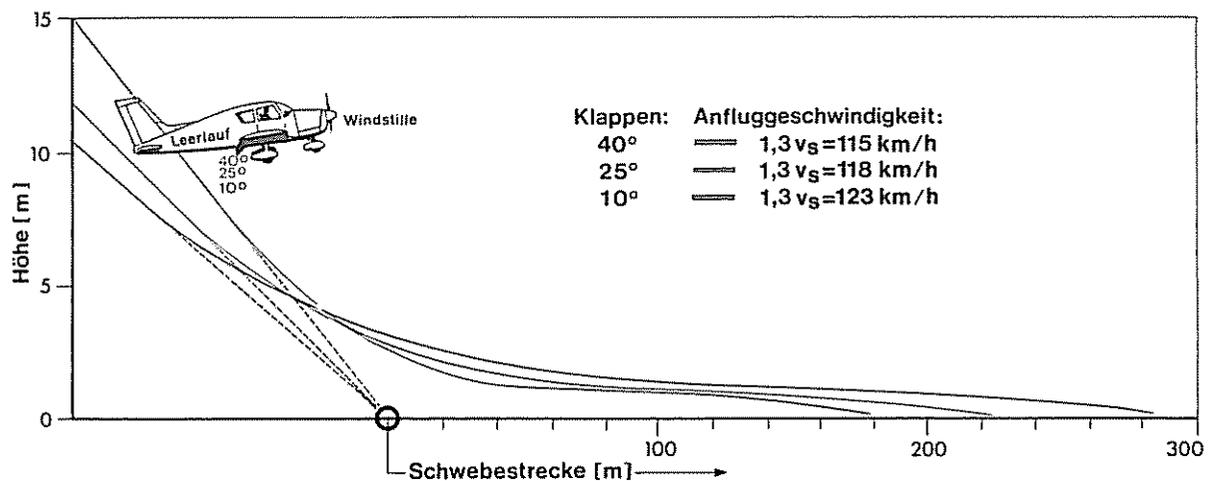
von  $1,4 v_S$  verlängert sich die Schwebestrecke sogar auf über 250 m. Dagegen führt die Anfluggeschwindigkeit von  $1,1 v_S$  zu einer sehr kurzen Schwebestrecke von etwa 30 m. Bei dieser (zu) geringen Geschwindigkeit ist es jedoch sehr schwierig, wenn nicht gar unmöglich, die Flugbahn durch Ziehen rechtzeitig der Landebahn anzupassen.



### Die Klappenstellung

Einen weiteren wesentlichen Einfluß auf die Schwebestrecke hat die Klappenstellung, hier dargestellt bei einer Anfluggeschwindigkeit von  $1,3 v_S$ . In diese Darstellung geht allerdings auch ein, daß

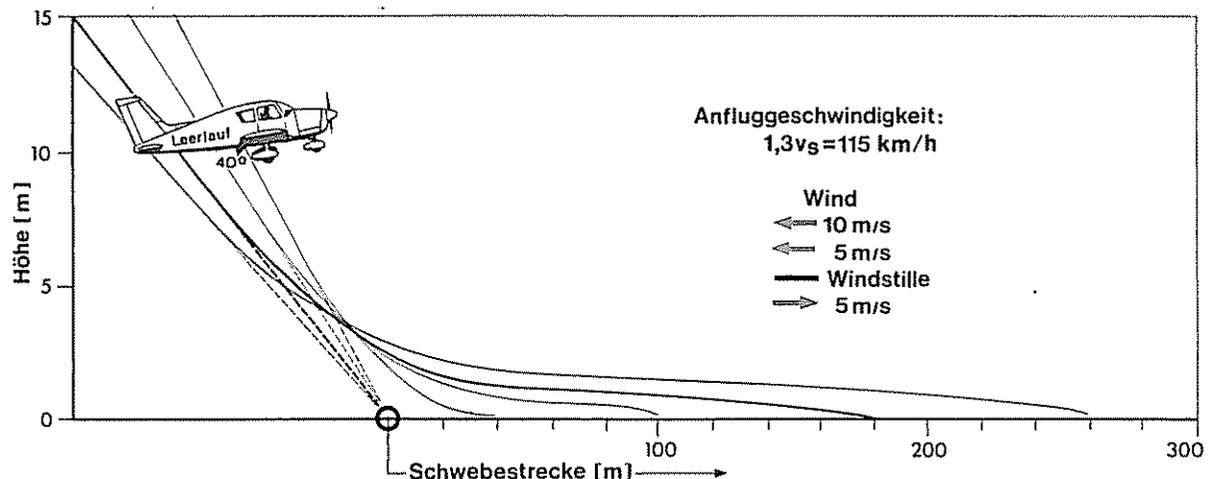
die Überziehggeschwindigkeit von der Größe des Klappen Ausschlages abhängt. Ein Anflug mit einer Klappenstellung von  $10^\circ$  verlängert bei diesem Flugzeug die Schwebestrecke um über 100 m gegenüber einem mit voll gesetzten Klappen.



### Der Wind

Der Wind beeinflusst nicht nur den Anflug, sondern

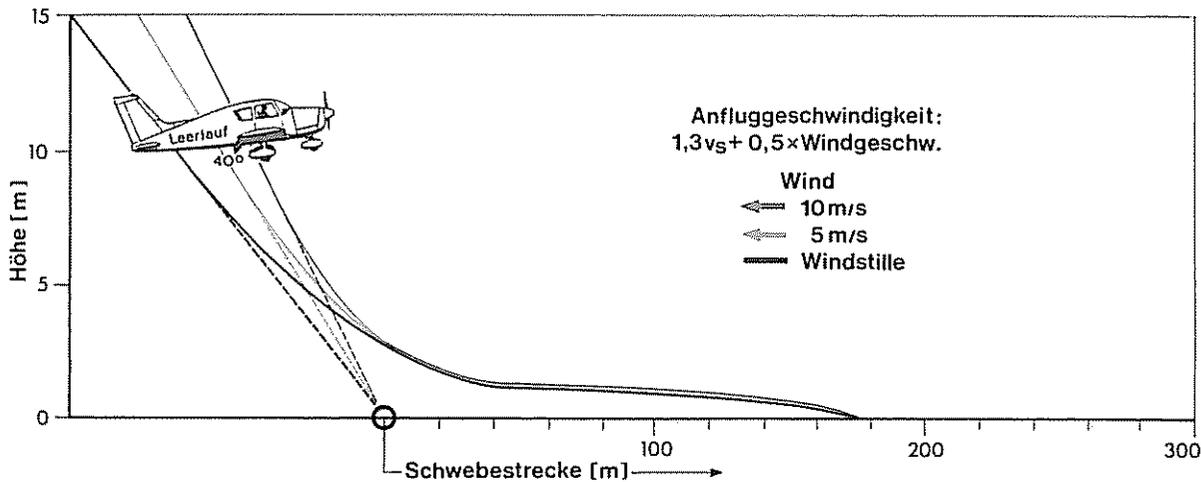
auch die Schwebestrecke, wie das nachfolgende Bild zeigt.



Ein Vergleich der Schwebestrecke bei einem Gegenwind von 5 m/sec (10 kt) mit derjenigen bei einem Rückenwind gleicher Stärke macht deutlich, daß mit Rückenwind nur dann gelandet werden sollte, wenn es gar nicht anders geht. Dies gilt ganz besonders für Notlandungen und Sicherheitslandungen außerhalb eines Flugplatzes.

Eine Empfehlung, die wir hier wiederholen wollen,

lautet, bei Wind die Anfluggeschwindigkeit um die halbe Windgeschwindigkeit zu erhöhen. Hierdurch wird, wie das nachfolgende Bild zeigt, die Schwebestrecke bei allen Windgeschwindigkeiten ungefähr gleich lang, was unserem Bestreben entgegenkommt, eine Standardlandung mit annähernd gleichen Bedingungen und Ergebnissen zu erarbeiten und durch Wiederholung einzuüben.



## Das Ausrollen

Nachdem wir nun sanft wieder mit der Erde Kontakt aufgenommen haben, können wir etwas aufatmen, denn das Schwierigste haben wir hinter uns. Allerdings erfordert auch das Ausrollen noch einige Aufmerksamkeit.

Wenn ein Bugradflugzeug mit dem Hauptfahrwerk zuerst aufsetzt, also so, wie es sein sollte, dann bewirkt der Landestoß aufgrund des vor dem Hauptfahrwerk liegenden Schwerpunkts ein kopflastiges Moment: Das Flugzeug nimmt die Nase herunter, der Anstellwinkel und damit der Auftrieb verringern sich und das Flugzeug bleibt am Boden. Diese natürliche Tendenz des Flugzeuges sollten Sie nun nicht dadurch verstärken, daß Sie aus Freude über die bisher so gut gelungene Landung das Höhenruder loslassen. Besser hält man es weiterhin gezogen und zögert den Kontakt des Bugrades mit der Landebahn so lange hinaus, bis aufgrund der weiteren Abnahme der Geschwindigkeit das Flugzeug — trotz zum Schluß voll gezogenen Höhenruders — die Nase von selbst herunternimmt. Dieses Verfahren schont das Bugfahrwerk.

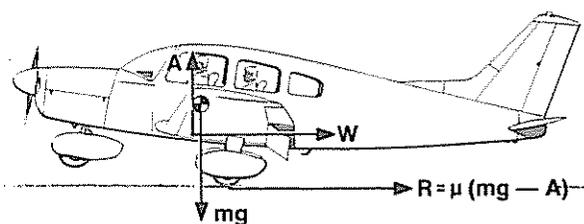
Bei Seitenwind können wir die soeben beschriebene materialschonende Ausrolltechnik leider nicht so lange anwenden. Wir benötigen das Bugrad, um die Spur zu halten und um der Neigung des Flugzeuges zu begegnen, sich in den Wind zu drehen. Das Bugrad muß also bald nach dem Aufsetzen mit dem Hauptfahrwerk, wenn die Richtung mit dem Seitenruder nicht mehr gehalten werden kann, zügig durch Nachgeben im Höhenruder auf die Bahn gelassen werden.

Weiter wollen wir auf die Probleme bei der Seitenwindlandung hier jedoch nicht eingehen, da

wir dieses Thema schon in der fsm 4/80 „Die Berücksichtigung des Seitenwindes“ behandelt haben.

## Die Landerollstrecke

Im Flughandbuch finden wir Angaben zur Landerollstrecke (zuweilen auch „Landelauf“ oder „Bodenrollstrecke“ genannt), die üblicherweise von bestimmten Bedingungen wie Klappenstellung und Motorleistung, aber auch vom Zustand der Landebahn und vom „bestmöglichen Bremsen“ abhängen. Was aber heißt „bestmögliches Bremsen“? Betrachten wir dazu zunächst einmal die auf ein ausrollendes Flugzeug einwirkenden Kräfte.



Der Rollrichtung entgegen wirken der aerodynamische Widerstand  $W$  und die Reibungskraft  $R$ . Die Reibungskraft, die am Hauptfahrwerk angreift, ist abhängig von der Kraft, mit welcher der Reifen auf den Boden drückt, und vom Reibungsbeiwert  $\mu$ . Die Auflagekraft des Reifens wiederum setzt sich zusammen aus der nach unten wirkenden Massekraft  $m \cdot g$ , vermindert um den ihr entgegengesetzt nach oben gerichteten Auftrieb  $A$ . Wir können also schreiben:

$$\text{Verzögerungskräfte} = W + \mu \cdot (mg - A)$$

Versuchen wir nun, die Verzögerungskräfte beim Ausrollen zu beeinflussen, indem wir den Auftrieb  $A$  z. B. durch Einfahren der Landeklappen verringern, dann wird zwar der durch Reibung hervorgerufene Anteil der Verzögerungskraft  $\mu \cdot (G - A)$  größer, gleichzeitig aber durch das Einfahren der Klappen auch der aerodynamische Widerstand  $W$  kleiner. Ob sich die Änderung der beiden voneinander abhängigen Kräfte verkürzend oder verlängernd auf die Landerollstrecke auswirkt, hängt im wesentlichen von der Größe des Reibungsbeiwertes  $\mu$  ab.

Um Ihnen einige Anhaltspunkte zur bestmöglichen Bremstechnik auf unterschiedlich beschaffenen Landebahnen geben zu können, haben wir uns an mehrere Forschungseinrichtungen und andere Institutionen gewandt, deren Auskünfte wir in den nachfolgenden Empfehlungen berücksichtigt haben. Unser besonderer Dank gilt der Flughafengesellschaft Hannover, die in eigens dafür vorgenommenen Messungen herausgefunden hat, daß nasses Gras die Bremswirkung von Reifen gegenüber nassem Asphalt auf etwa ein Drittel heruntersetzt.

Es ist richtig, daß wegen des großen Reibungsbeiwertes auf trockenen und befestigten Landebahnen die Landestrecke durch Einfahren der Klappen und Verringerung der Längsneigung verkürzt werden kann. Auf nassen Asphaltbahnen hängt dies vom Nässegrad und davon ab, ob die Oberfläche noch rau und neu oder glatt und abgefahren ist.

Die Bremsmöglichkeit auf einer trockenen Grasbahn ist, wie Untersuchungen der Kfz-Unfallforschung zeigen, etwas schlechter als auf nassem Asphalt. Ganz schlecht wird es auf einer nassen Grasbahn, deren Bewuchs spärlich geworden ist.

Die kürzeste Landerollstrecke auf einer rutschigen Landebahn erzielt man mit vollem Klappenausschlag, geringstmöglicher Aufsetzgeschwindigkeit und durch möglichst langes Rollen mit gezogenem Höhenruder.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Landung auf besonders glatter Landebahn entsteht dadurch, daß kaum zu erkennen ist, wann die Räder blockieren und auf dem Boden rutschen, was bekanntlich die Bremswirkung verschlechtert. Durch „Stotterbremsung“ kann man die Bremswirkung etwas verbessern. Auf Anti-Blockiersysteme wie im Automobilbau oder bei großen Flugzeugen werden wir Piloten von kleineren Flugzeugen wohl noch einige Zeit warten müssen.

Leser unserer Flugsicherheitsmitteilungen wissen, daß wir immer wieder darauf hinweisen, daß das zum Flugzeug gehörende Flughandbuch die wichtigste (und verbindliche!) Betriebsanweisung ist. Bezüglich der Landerollstrecke sind die Angaben dort jedoch oft unergiebig. Die Berechnung der Landerollstrecke auf befestigter, trockener und ebener Landebahn in Abhängigkeit von Temperatur, Druckhöhe und Wind ist, wenn man sich die leider fast von Muster zu Muster unterschiedliche Darstellungsart erarbeitet hat, noch recht gut möglich. Zum Einfluß des Landebahngefälles schweigen sich dagegen schon viele Flughandbücher aus. In einem Flughandbuch haben wir einen Zuschlag zur Landerollstrecke von 10 % je 1 % Gefälle gefunden, einen Wert, den zu übernehmen wir empfehlen, wenn für Ihr Flugzeug keine Angaben vorliegen.

Die in einigen Fughandbüchern genannten Zuschläge zur Landerollstrecke auf anderen als befestigten, trockenen und ebenen Landebahnen reichen von „20 % bis 40 % für trockene Grasbahnen“ bis hin zu einem „50 %-igen Zuschlag für nasses oder frisch gemähtes Gras“. Tatsächlich ist es kaum möglich, den Zuschlag für eine trockene Grasbahn anzugeben, denn dieser hängt neben der Bewuchsdichte auch von der Halmbreite und der Schnitthöhe des Grasses ab. Wir empfehlen, da genauere Informationen nicht vorliegen, einen nach unserer Einschätzung praxisingerechten Zuschlag von 50 %, den Sie auch für Landungen auf nassen, befestigten Landebahnen annehmen sollten.

Die schlechteste Bremswirkung ergibt sich — wie bereits erwähnt — auf nassem Gras. Da auch hier Bewuchsdichte, Halmlänge, Grassorte und Benetzung eine Rolle spielen, können dafür genau so wenig exakt Zuschläge genannt werden. Uns bekannt gewordene (schlechte) Erfahrungen zweier Piloten und die Vergleichsmessungen der Flughafengesellschaft Hannover lassen einen weiteren Nässezuschlag von 50 % zur Landerollstrecke auf trockenem Gras ratsam erscheinen.

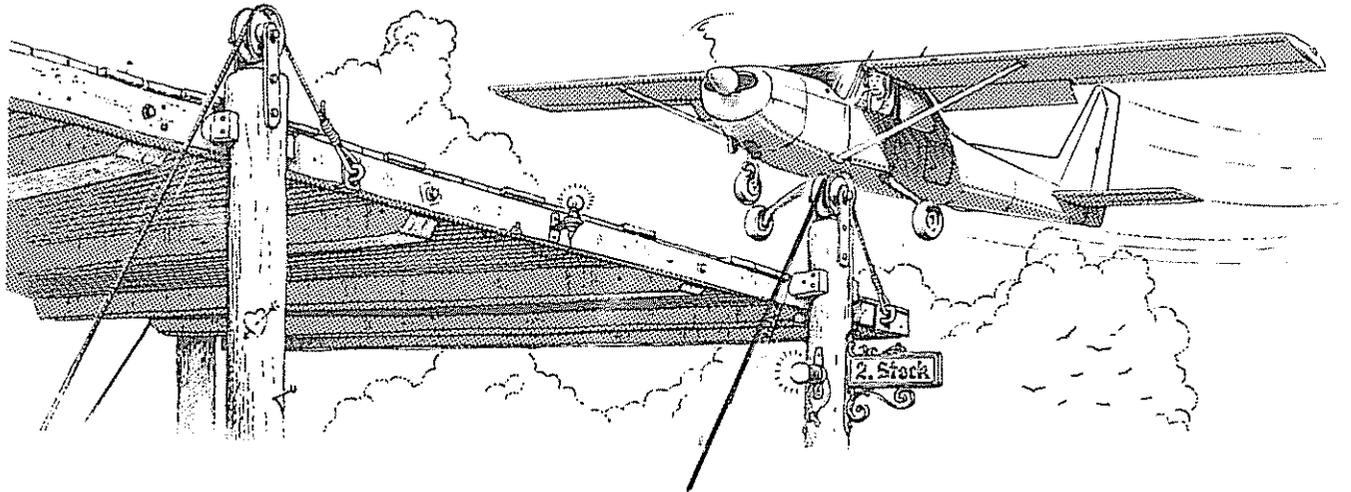
Nässe und besonders Tau, die auf einer Grasbahn wie Schmierseife wirken können, sind nicht immer leicht zu erkennen. Deshalb richten wir an dieser Stelle die Bitte an diejenigen unserer Leser, die im „Tower“ ihren Dienst tun, anfliegende Piloten auf die Gefahr verminderter Bremswirkung aufmerksam zu machen.

Ist ein weiterer „allgemeiner“ Sicherheitszuschlag sinnvoll? Die im Flughandbuch angegebenen Landerollstrecken können nur unter den dort genannten Bedingungen erreicht werden. Es wird u. a. die Beherrschung des „starken“ bzw. „besten“ Bremsens vorausgesetzt, eine Kunst, die gar nicht so einfach zu erlernen ist und auch wiederholt geübt werden müßte. Doch wer wird schon kräftig in die Bremsen treten, wenn dies nicht nötig ist? Bremsbelege und Reifen sind teuer. Wir empfehlen Ihnen deshalb den „allgemeinen“ Sicherheitszuschlag, den Sie selbst von der Einschätzung Ihrer persönlichen Erfahrung abhängig machen sollten.

Den größten Einfluß auf die Landerollstrecke hat, das soll hier nochmals betont werden, die Aufsetzgeschwindigkeit. Deshalb lautet unser wichtigster Rat bei „problematischen“ Landungen auf kurzen und womöglich nassen Grasbahnen, gleich an der Landeschwelle mit vollem Klappenausschlag und möglichst geringer Fahrt aufzusetzen. Zu schnelle oder zu hohe Anflüge sollten Sie abbrechen. Starten Sie rechtzeitig durch!

## Ein Spartip

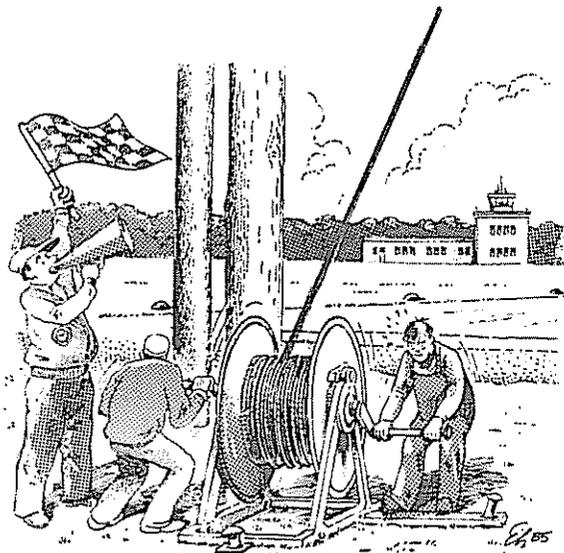
Glücklicherweise sind die meisten Landebahnen so lang, daß die Landerollstrecke kein Kopfzerbrechen bereitet. Dann kann man sparen. Bremsen Sie nicht gleich nach dem Aufsetzen, sondern setzen Sie die Bremsen erst zur „Vernichtung der letzten Knoten Fahrt“ ein. Bei **gleich langer** Rollstrecke können Sie so den Brems- und Reifenverschleiß erheblich vermindern und das so gesparte Geld nutzbringender, z. B. in Flugzeit, investieren.



## „Verpatzt“

Gerade bei der Landung gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, Fehler zu machen. Fehler bei der Landung unterlaufen jedoch nicht nur dem durchschnittlichen Piloten mit seinen weniger als 20 Flugstunden pro Jahr, sondern auch dem Profi. Eine Landung zu verpatzen, ist also keine Schande. Es kommt lediglich darauf an, sich selbst den Fehler einzugestehen und ihn rechtzeitig zu korrigieren.

Versuchen Sie nicht — in der (meist trügerischen) Hoffnung, daß „es schon irgendwie hin hauen wird“ — zu retten, was zu retten ist. Besser, weil sicherer, ist fast immer das Durchstarten. Das gilt nicht nur, wie wir schon in der fsm 6/83 geschrieben haben, für den Anflug, sondern auch für die nun folgenden Phasen der Landung, für das Abfangen, das Ausschweben und sogar das Ausrollen.



### **Zu hohes Abfangen**

Die visuellen Eindrücke von der Landebahn und der Umgebung beeinflussen die Abschätzung der Höhe zum Einleiten des Abfangens und während des eigentlichen Abfangvorganges. Es ist daher leicht erklärlich, daß die „Landung im 2. Stockwerk“ besonders häufig bei Anflügen auf einen bisher nicht bekannten Flugplatz auftritt. Wir raten dringend davon ab, nun durch Nachdrücken das Flugzeug an die Bahn bringen zu wollen, um dann nach einem weiteren Abfangbogen endgültig zu landen. Hierdurch wird vom Piloten in aller Regel eine Flugbahnschwingung erzeugt, die letztlich kaum mehr beherrscht wird.

Der gute Pilot kann nach zu hohem Abfangen durch leichtes Nachlassen des Höhenruders und Erhöhung der Motorleistung den abschließenden Abfangvorgang so gestalten, daß das Flugzeug weich aufsetzt. Dieses nicht ganz einfache Verfahren sollte allerdings dem erfahrenen Piloten vorbehalten bleiben. Einfacher und sicherer nach einer Landung im 2. Stockwerk ist das

Durchstarten.

### **„Ballonfahren“**

Wenn ein Ballonfahrer vor der Landung zur Reduzierung der Sinkgeschwindigkeit zu viel Ballast abwirft, dann beginnt der Ballon wieder zu steigen. Genau so ergeht es dem Flugzeugführer, der beim Abfangen überreagiert und die Längsneigung des Flugzeuges zu stark und heftig erhöht: auch das Flugzeug geht wieder in den Steigflug über.

Die „Ballonfahrt“ ist eine typische Erscheinung nach zu steilen, aber auch nach zu schnellen Anflügen. Sollten Sie häufiger mit dieser Schwierigkeit zu kämpfen haben, dann empfehlen wir Ihnen, einen flacheren Anflug auszuprobieren und Ihre Anfluggeschwindigkeit zu überprüfen.

Die Korrektur dieses Abfangfehlers wurde schon im letzten Abschnitt „zu hohes Abfangen“ beschrieben. Drücken Sie auch diesmal keinesfalls nach, sondern tun Sie das, was am sichersten ist:

Durchstarten.

### **Überschießen**

... schwebt und schwebt und das Landebahnende rückt immer näher. Die Schwebestrecke hängt, wie wir weiter oben gezeigt haben, von der Anfluggeschwindigkeit ab. Das Überschießen ist häufig dann zu beobachten, wenn die Höhe über dem Gleitpfad „weggedrückt“ wird. Mit dieser Korrektur des Gleitpfades handeln Sie sich als Nachteil überschüssige Fahrt ein, die nach dem Abfangen abgebaut werden muß und so die Schwebestrecke verlängert. Der Versuch, das Flugzeug vorzeitig an den Boden zu zwingen, führt in aller Regel zur Bugradlandung. Für eine solche Belastung ist das Bugfahrwerk zum einen nicht konstruiert, zum andern tritt, auch wenn das Bugfahrwerk die Belastung verkräftet, der „Schubkarreneffekt“ auf. Der Schwerpunkt liegt weit hinter dem Stützpunkt des Bugfahrwerks, so daß nun jedes leichte „Schieben“ durch die seitliche Ablage des Schwerpunktes aus der Rollrichtung verstärkt wird. Das Schauspiel eines Ringelpiezes wollen wir den Zuschauern auf der Flughafenterrasse nun doch nicht bieten.

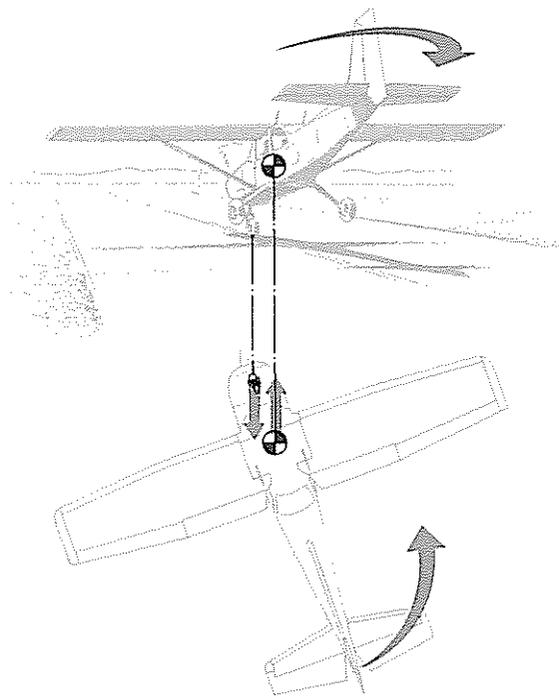
Richtig ist, wenn das Flugzeug im ersten Drittel der Landebahn noch nicht sicher aufgesetzt hat:

Durchstarten.

## Springen

Wird das Flugzeug zu hoch abgefangen und auf die Bahn gedrückt, zu spät abgefangen, zu schnell aufgesetzt, oder ist (immer eine gute Ausrede) die Landebahn uneben: das nachfolgende „Springen“ bereitet vielen Piloten Schwierigkeiten. Nur zu oft ist in den Berichten der Flugunfalluntersuchungsstelle zu lesen: „Springen bei der Landung falsch begegnet“.

Der Landestoß auf das vor dem Schwerpunkt des Flugzeuges sitzende Bugrad bewirkt eine Drehung um die Querachse. Der Anstellwinkel und damit der Auftrieb wird erhöht und das Flugzeug steigt, wobei die Geschwindigkeit abnimmt. Wenn jetzt zur Beendigung des Steigfluges nachgedrückt wird, dann wird dadurch die Tendenz des Flugzeuges, die Nase wieder herunterzunehmen, noch weiter verstärkt. Wenn das Bugfahrwerk auch die zweite Landung noch überleben mag, eine der nächsten wird ihm den Garaus machen.



Die richtige Reaktion auf das Springen hängt davon ab, bei welcher Geschwindigkeit und wie stark das Flugzeug wieder steigt. In leichteren Fällen können gutmütige Schulflugzeuge durch weiteres Ziehen in dem Moment, in dem das Flugzeug die Nase herunternimmt, doch noch einigermaßen sanft gelandet werden. Der Könnler federt den zweiten Landeversuch mit mehr Motorleistung ab.

Da aber die Heftigkeit des Springens schwer abzuschätzen ist und das Zusammenspiel von Höhenruder und Motorleistung gekonnt sein will, sollten Sie im Zweifelsfall

Durchstarten.

Piloten kräftig motorisierter Flugzeuge wissen, wie heikel das Durchstarten nun sein kann. Deshalb möchten wir den Flugzeugführern, die auf ein „heißes“ Muster umsteigen, dringend empfehlen, mit einem Fluglehrer das Abfedern einer Landung durch Erhöhung der Motorleistung zu üben.

## Übung macht den Meister

Mit der Beschreibung der möglichen Korrekturmaßnahmen nach verpatzten Landungen sind wir fast am Ende unserer Ausführungen zur Landung angelangt. Nicht vergessen wollen wir jedoch, an dieser Stelle den Piloten zu danken, die uns nach Erscheinen der fsm 6/83 „Der Anflug — die Ouvertüre zur Landung“ ihre Erfahrungen und Tips zur Erleichterung der Landungen mitgeteilt haben. Ihre Anregungen haben wir in die vorliegende fsm aufgenommen.

Das geschriebene Wort — auch wenn es wie hier von Zeichnungen unterstützt wird — kann Bewegungsabläufe wie diejenigen der Landung bei weitem nicht so deutlich machen, wie das bewegte Bild. Deshalb haben wir im September 1985 mit den Dreharbeiten zu einem Flugsicherheitsfilm zur Landung begonnen, der nicht nur die in dieser fsm geschilderte „Standardlandung“ ergänzend darstellt, sondern auch auf erweiternde Aspekte wie die Seitenwind- und Nachtlandung sowie die optischen Landehilfen (VASIS) eingeht.

Weder diese fsm noch der Film allein wird allerdings einen Piloten schon zum Landekünstler machen können, denn ganz besonders für die Landung gilt:

„Übung macht den Meister!“