

Zeitschrift: ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift
Herausgeber: Schweizerische Offiziersgesellschaft
Band: 129 (1963)
Heft: 7

Rubrik: Flugwaffe und Fliegerabwehr

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Kurzstart und Kurzlandung von Tragflächenflugzeugen

Von Major G. Aellen

1. Einführung

Seit einigen Monaten hat man in der allgemeinen Fachliteratur, aber auch in der schweizerischen Presse zahlreiche Aufsätze über das Thema des sogenannten Kurzstartes und der Kurzlandung für Starrflügelflugzeuge lesen können. Der Wert dieser Publikationen war verschieden, teils weil sie von Firmen stammten, die Interesse daran hatten, irgendeines ihrer Erzeugnisse zu popularisieren, teils weil sie als Schlagworte verwendet wurden, mit dem Zweck, technische Lösungen und Programme in Zusammenhang mit der Erneuerung des Materials unserer Flugwaffe zu kritisieren und zu bezweifeln.

Wir werden in diesem Artikel versuchen, etwas Klarheit in diesen Problemen zu schaffen.

Zuerst müssen wir zwei Grundbegriffe klar voneinander trennen; es sind dies, um die dem Leser vermutlich geläufig gewordenen Abkürzungen zu verwenden: STOL-Flugzeuge und -Bodenanlagen sowie VTOL-Flugzeuge:

STOL = Abkürzung des englischen Short Take-Off and Landing.

VTOL = Abkürzung des englischen Vertical Take-Off and Landing.

Bei der ersten Abkürzung, STOL, handelt es sich also um einen *relativen Begriff*, wobei die annehmbaren Werte für die Lande- und Startlänge vom Verbraucher selber bestimmt werden und also von Fall zu Fall verschieden sein können und auch sein werden.

Demgegenüber ist der Begriff VTOL ein *absoluter Begriff*. Die Start- und Landelänge ist in allen Fällen Null.

Im Falle STOL haben wir absichtlich Flugzeuge und Bodenanlagen zusammen genommen, da eine nennenswerte Verbesserung der Start- und Landelängen, wie wir im folgenden zeigen werden, ohne solche Anlagen nicht möglich ist.

Für den Vertikalstart (oder, als Variante davon, den Nullstart) und die Vertikallandung dagegen spielen die bodengebundenen Anlagen eine zweitrangige Rolle. Dem eingeweihten Leser wird auffallen, daß es Ausnahmen von diesem Grundschemata gibt; wir werden später noch davon sprechen.

Wir gestatten uns noch, darauf aufmerksam zu machen, daß

hier nur von konventionellen Starrflügelflugzeugen die Rede ist und daß absichtlich alle Betrachtungen über Helikopter und andere Maschinen gemischter Bauart beiseite gelassen werden.

2. Geschichtlicher Rückblick

Als die Gebrüder Wright am 17. August 1903 den allerersten Motorflug eines Menschen erfolgreich hinter sich hatten, verdankten sie es einem Katapult, der dem zu schwachen Motor zu Hilfe kam.

Später, es war im Jahre 1913, war es dem furchtlosen Franzosen Pégoud, der die ersten Akrobatikfiguren flog, gelungen, sein Flugzeug an ein zwischen zwei Masten gespanntes Kabel zu «hängen» und auch von dort zu starten.

Es zeigt sich also, daß das Problem, das nun die Wissenschaft und die Technik beschäftigt, so alt ist wie der Menschenflug. Damals war der Grund wohl darin zu suchen, daß die Motoren zu schwach waren, als daß sie diese ersten Flugzeuge in die Luft zu bringen vermocht hätten.

Die nächsten ernsthafteren Anstrengungen datieren aus den Jahren nach 1925 und wurden von der Marine Deutschlands und Amerikas gemacht. Das Ziel war wohl die Überquerung des Atlantiks. Die damaligen Maschinen hatten aber die notwendige Reichweite nicht, so daß man sie an Bord von Schiffen verlud; sie machten einen Teil der Überquerung des Atlantiks an Bord des Schiffes und flogen von diesem erst ab, wenn sie den nächstgelegenen Landeflugplatz sicher erreichen konnten.

Dieser Lösung war kein großer Erfolg beschieden, da die Fortschritte im Flugzeugbau eine baldige Möglichkeit einer normalen Flugverbindung Amerika-Europa als wahrscheinlich erscheinen ließen. 1927 wurde dann auch die Überquerung des Atlantiks durch Lindbergh zur Wahrheit.

Die Versuche der Kriegsmarinen führten sehr bald zum Bau von Flugzeugträgern und somit zur systematischen Verwendung der Kurzstart- und -landemethoden. Jeder weiß, welche Entwicklung diese Schiffe durchgemacht haben, vom umgebauten Kreuzer des ersten Weltkrieges bis zum modernsten Riesen mit Atomantrieb von heute, der bei jedem Wetter, Tag und Nacht, 20 und mehr Tonnen schwere Überschallflugzeuge katapultieren und wieder an Bord nehmen kann.

Heute sind sozusagen alle Kurzstart- und -landemethoden Varianten von solchen, die auf den Trägerschiffen Verwendung finden.

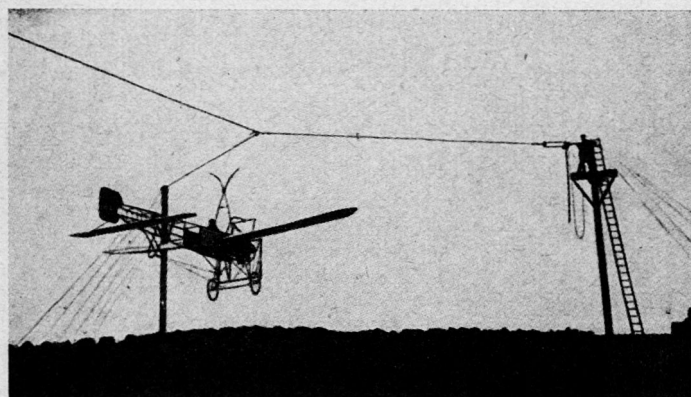


Bild 1. Die Anlage von Pégoud, der bereits sehr früh in der Geschichte der Luftfahrt versuchte, sich von den Pisten zu befreien

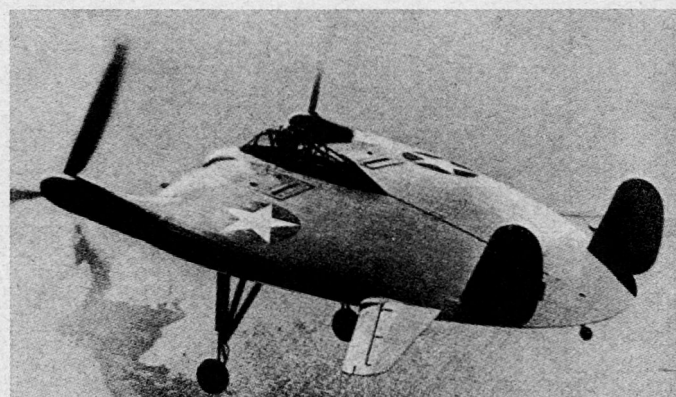


Bild 2. Chance-Vought XF 5 U-1 «Fliegender Kuchen». Das Flugzeug soll fähig gewesen sein, zwischen 65 und 888 km/h zu fliegen

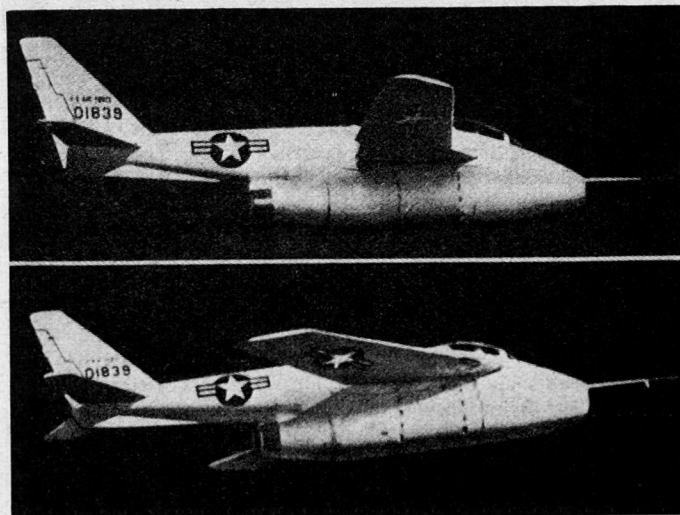
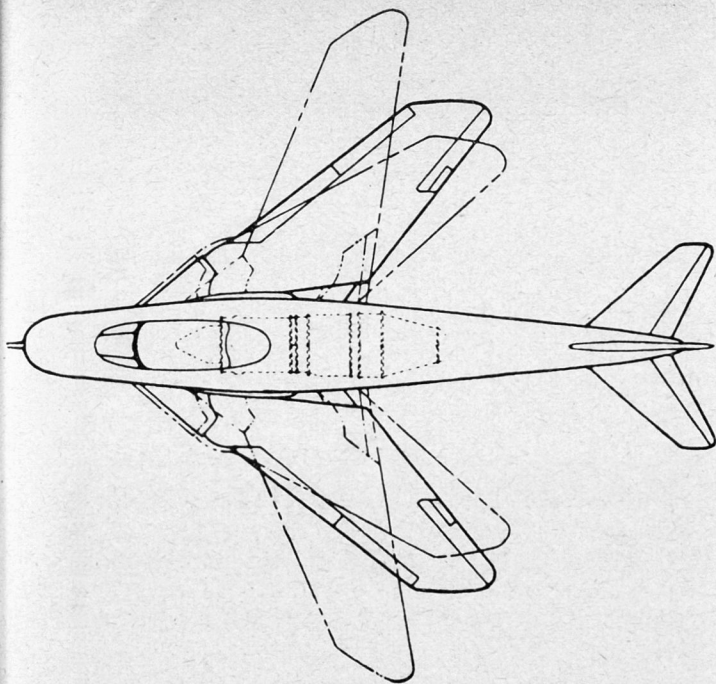


Bild 3. Rechter Teil: Das amerikanische Versuchsflugzeug Bell X 5, obere Abbildung mit normaler, untere Abbildung mit maximal gepfeilter Flügelstellung. – Linker Teil: Planzeichnung mit eingezeichneter Flügelstellung für Langsamflug und Schnellflug. Die Vergrößerung der Spannweite und Reduktion der Pfeilung ergibt kleine Landegeschwindigkeiten

3. Was soll man unter Kurzstart- und Kurzlandematerial verstehen?

Da es beim Starten und Landen darum geht, eine bestimmte Geschwindigkeits- und Energiemenge zu erreichen oder zu vernichten, sind alle Maßnahmen, die erlauben, entweder diese Geschwindigkeit schneller zu erreichen oder zu vernichten, oder solche, die zur Verringerung dieser Geschwindigkeit selber beitragen, STOL-Einrichtungen, zum Beispiel:

- a. Große Tragflächen, bewegliche Tragflächen,
- b. Klappen für die Eintritts- und Austrittskante des Flügels,
- c. Zusätzliche Triebwerke, wie zum Beispiel Raketen,
- d. Anblasung der Flügel,

- e. Boden feste Katapulteinrichtungen,
- f. Boden feste Bremsenrichtungen,
- g. Hilfseinrichtungen, wie zum Beispiel Anflugschneise-Indikatoren.

Man erkennt hier, daß eine ganze Reihe von Möglichkeiten offensteht und daß die Wahl der optimalen Lösung von sehr vielen Faktoren abhängig ist, zum Beispiel von der erwünschten Flugleistung des Flugzeuges, der Grenzen der Ausdehnung der Infrastruktur, den Einflüssen der Umwelt und von vielem anderem mehr. Für Konstrukteure und Verbraucher wird es sich darum handeln, den optimalen Kompromiß zu finden.

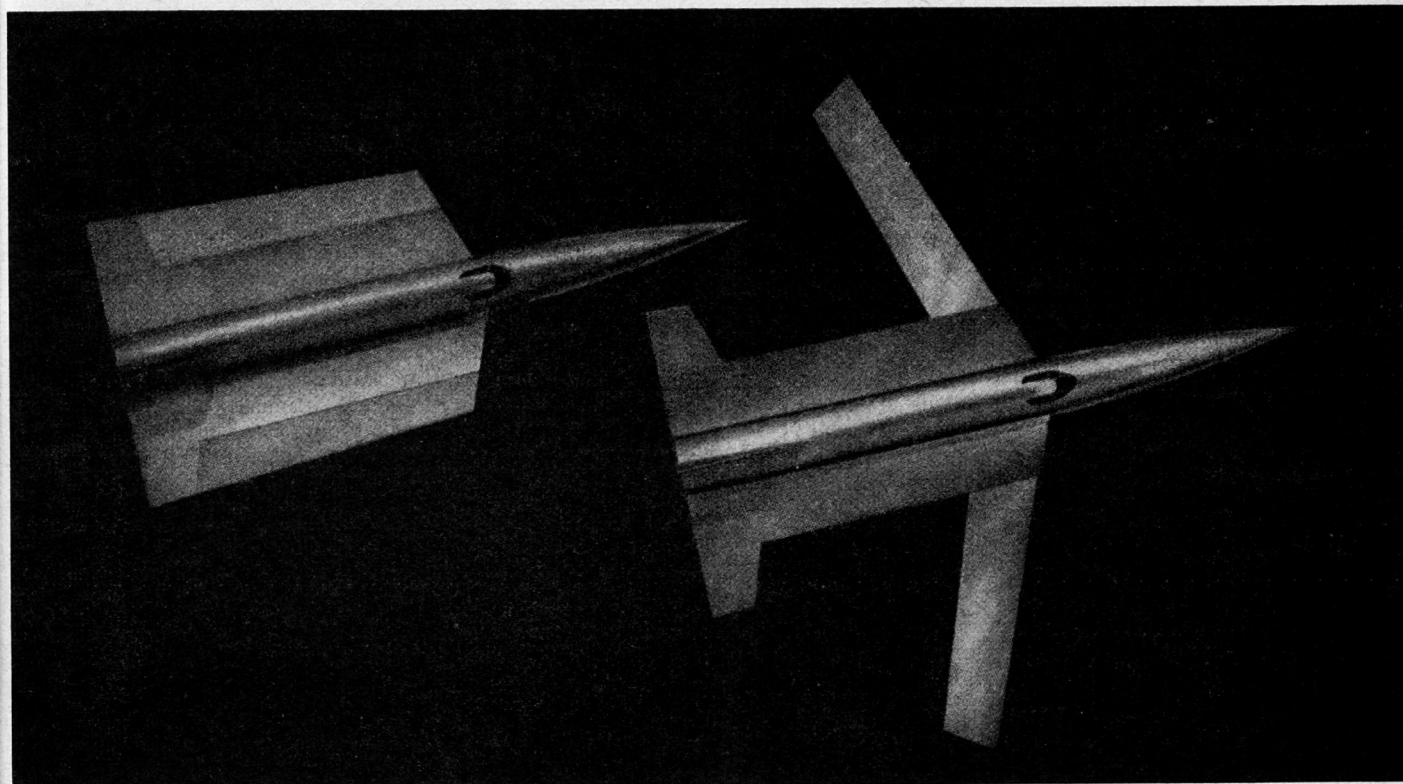


Bild 4. Schematische Darstellung der möglichen Flügelform des amerikanischen Prototyps TFX. Man sieht links die Flügel in Schnellfluglage und rechts entfaltet für Start und Landung

a. Große Tragflächen und bewegliche Flügel

Die Vergrößerung der Tragflächen bewirkt vor allem eine Verminderung der Start- und Landegeschwindigkeit.

Diese Methode kann nur in ganz speziellen Fällen angewendet werden, da sich diese zusätzliche Fläche im Reiseflug durch den zusätzlich erzeugten Widerstand der Luftreibung eher nachteilig auswirkt und den Aktionsradius verringert.

Wird die zusätzliche Fläche in Form einer größeren Spannweite gewonnen, so entsteht eine segelflugähnliche Maschine (siehe U-2), die sich für den Schnellflug nicht eignet. Der Flügel bekommt durch die große Spannweite wohl sehr gute Gleitflugeigenschaften, stellt aber schwierig zu lösende statische Probleme. Die Biege- und Torsionsfestigkeit ist nur schwer zu erreichen. Die Böenbeanspruchung der Maschine ist sehr groß.

Sieht die Lösung eher so aus, wie das Bild Nr.2 zeigt (Vergrößerung der Flügeltiefe), so muß man, um gute Langsamflugeigenschaften zu erhalten, zu solchen Lösungen greifen wie Absaugung der Grenzschicht auf dem Flügel oder Überdimensionierung der Steuerelemente. Schwanzlose Flugzeuge (Deltas) sind ganz allgemein dadurch geplagt. Der maximale Auftrieb kann ebenfalls nicht ausgenutzt werden, da das kleine Seitenverhältnis bei der Landung zu unannehmbaren Anstellwinkeln führt (15° und mehr).

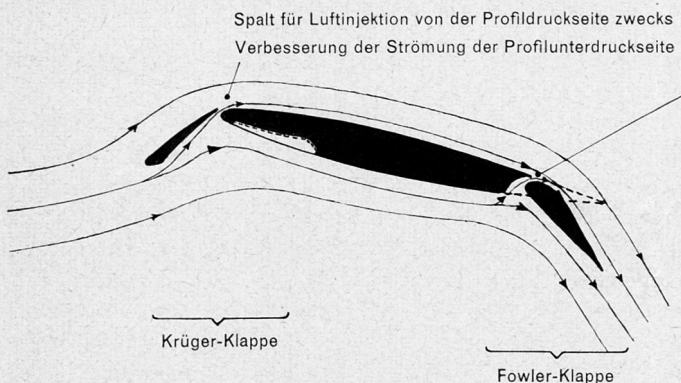
Einige Konstrukteure haben versucht, die widersprechenden Forderungen des Schnellfluges, bei dem stark gepfeilte Flügel notwendig sind, mit denen des Langsamfluges, wo gerade Flügel die beste Lösung darstellen, durch bewegliche Flügel zu erfüllen. Eine solche Lösung ist mit dem Versuchsflugzeuge X-5 bereits 1952 erprobt worden.

Der neueste Prototyp TFX der USAF soll ebenfalls davon Gebrauch machen und den erstaunlichen Geschwindigkeitsbereich von 180 bis etwa 3000 km/h aufweisen. Er soll ebenfalls befähigt sein, in Meereshöhe Überschallgeschwindigkeiten zu erreichen.

b. Klappen für Eintritts- und Austrittskante am Flügel

Davon existieren zahlreiche Varianten, von der einfachen Spreizklappe bis zur Fowlerklappe mit doppeltem Spalt und der Krüger-Nasenklappe. Der Konstrukteur kann mit einer Kombination dieser Mittel entweder die Flügelfläche vergrößern oder die Luft mehr in die Vertikale umlenken und die so erzeugte Auftriebskomponente direkt ausnützen.

Auf dem nachfolgenden Bild ist eine Kombination von Krüger und einfacher Spaltklappe, wie sie beim P-16 zur Anwendung kam, skizziert.



Die gestrichelten Linien zeigen die geschlossene Stellung der Klappen, wie es im Schnellflug der Fall ist

Bild 5. Klappensystem, wie am P-16 verwendet: Die Start- und Landelängen waren mit denen eines Propellerflugzeuges des zweiten Weltkrieges vergleichbar

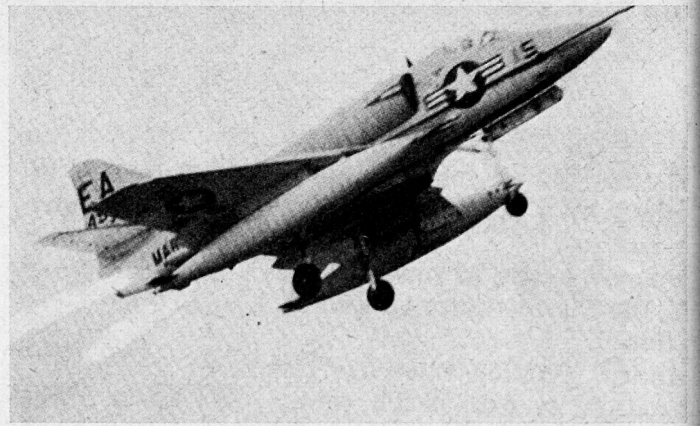


Bild 6. Oben: ein A 4 D der amerikanischen Marine startet mit Jato-Raketen. Man beachte die langen Stichflammen links und rechts des Flugzeuges. – Unten: Installation der Jato-Raketen auf dem A 4 D. Man sieht, daß bereits für relativ kleine Schubleistungen die Dimensionen dieser Raketen beträchtlich sind

Das Flugzeug erreicht so ganz erstaunliche Start- und Landeleistungen.

Alle bis jetzt erwähnten Mittel finden ihre Grenze in der Tatsache, daß der erzeugte Auftrieb proportional zur Geschwindigkeit im Quadrat steigt, und zwar nach der Formel

$$\text{Auftrieb (in kg)} = C_a \frac{\rho}{2} V^2 F$$

C_a = ein Beiwert, der nur von der Qualität des Flügels abhängig ist und für geometrisch ähnliche Flügel weitgehend konstant bleibt

ρ = die Luftmasse pro Volumeneinheit ($\text{kg m}^{-3} \text{sec}^4$)

F = die Flügelfläche (in Quadratmeter)

V = die effektive Flugzeuggeschwindigkeit (m sec^{-1})

Daraus können wir auch die Formel, welche die minimale Geschwindigkeit für Start und Landung ergibt, ableiten:

$$V_{\min.} = \sqrt{\frac{2}{\rho} \frac{G}{C_{a \max.}}} \sqrt{\frac{1}{F}}$$

wobei G das Lande- oder Startgewicht des Flugzeuges darstellt.

Man sieht, daß zum Beispiel eine Vervielfachung der Fläche F oder des Auftriebsbeiwertes $C_{a \max.}$ nur eine Halbierung der Minimalgeschwindigkeit bedeutet. Trotzdem haben alle modernen Flugzeuge (mit Ausnahme der reinen Deltaflugzeuge) relativ komplizierte Klappensysteme und in sehr vielen Fällen auch relativ große Flügelflächen.

Der Grund ist, daß die kinetische Energie selber proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt, so daß einem Flugzeuge, dessen Startgeschwindigkeit zweimal so groß ist wie die

eines Konkurrenten, beim Abheben viermal so viel kinetische Energie (bei gleichem Gewicht) gegeben werden muß.

c. Zusätzliche Triebwerke, wie zum Beispiel Raketen

In diesem Falle wird die zusätzliche Leistung durch Raketen erzeugt, die entweder extern oder intern am Flugzeug montiert werden.

Diese Raketen, von denen normalerweise ganze Batterien an einem Flugzeug aufgehängt werden, werden nach einem vorher genau bestimmten Programm gezündet, damit ihr Schub am zweckmäßigsten verwendet und das Flugzeug in kürzester Zeit abgehoben werden kann.

Sie haben einige große Nachteile, so unter anderem:

- sehr große Rauchentwicklung, so daß ein Massenstart auf einem Flugplatz schwierig wird,
- sehr hohe Kosten.

Vielleicht stammt das historisch interessanteste Beispiel ihrer Verwendung aus dem zweiten Weltkrieg. Es ist dies der Start von General Doolittles Verband von einem amerikanischen Flugzeugträger für das erste Luftbombardement von Tokio. Damals waren die verwendeten Bomber zu schwer geladen, so daß sie ohne Zusatzhilfe nicht hätten abheben können.

Heutzutage finden solche Mittel nur noch in Spezialfällen Verwendung.

d. Anblasung der Flügel

Diese Methode ist an sich nicht neu; bis jetzt hat man sie aber nur zur besseren Umlenkung der von den Flügeln umfaßten Luftmenge benützt. Im allgemeinen genügt auch die Anblasung der Klappen um die gewünschte Wirkung zu erreichen. Moderne Jäger, wie der F-104 und McDonnell «Phantom» verbessern so

ihre Lande- und Starteigenschaften. Die Anblasung der Klappen wird mit vom Triebwerk gelieferter Luft vorgenommen.

Neuerdings verwendet man für Transportmaschinen, die mit Propellern ausgerüstet sind, den Strahl der Propeller (2 bis 4), um einen größeren Prozentsatz der Flügelfläche anzublasen, womit mit der besseren Umlenkung zusätzlich eine sehr große Luftmasse pro Sekunde erfaßt wird (künstliche Erhöhung des Staudruckes). Die so erreichten STOL-Leistungen von einer Maschine wie der «Breguet 941» sind ganz erstaunlich, wenn man sie mit den verwendeten Triebwerkleistungen vergleicht.

e. Bodenfeste Katapulteinrichtungen

Der erste Verwendungszweck dieser Maschinen war, Flugzeuge ab Schiffen und vor allem ab Flugzeugträgern zu werfen. Die modernsten dieser Anlagen sind fähig, 30 t schwere Jäger und Bomber in 70 bis 80 m auf Geschwindigkeiten von 100 Knoten und mehr zu beschleunigen. Die treibende Kraft wird durch einen Dampfkessel oder eine Art Brennkammer geliefert, wo Wasser augenblicklich zu Dampf erhitzt wird. Dieser Dampf treibt einen Kolben in einem langen, unter Deck installierten Zylinder an. Der Kolben selber treibt eine Art Schlitten, der auf einer an Deck befestigten Schiene gleitet. Das Flugzeug wird vom Schlitten mit Hilfe von zwei Kabeln gezogen. Ein drittes Rückhalte-kabel ist am Schwanz des Flugzeuges befestigt, so daß der Pilot kurz vor dem Start noch das Triebwerk auf Vollgas kontrollieren kann. Erst dann wird von der Schiffsmannschaft langsam der Druck im Katapult bis zu dem Moment gesteigert, wo er genügend hoch ist, am Rückhalte-kabel die Sollbruchstelle aufzureißen. Das Flugzeug wird dann abgeschossen.

Der Dampfdruck wird für jedes Gewicht und jede Flugzeugart anders eingestellt. Im Flugzeug selber müssen die Steuer so konstruiert sein, daß während der Beschleunigungsphase keine Umwucht zu gefährlichen Flugzuständen durch Verstellung der Steuer führen kann.

Man erhält ein Bild von der Beanspruchung des Materials während eines solchen Abschusses, wenn man weiß, daß, um 100 Knoten in 70 m zu erreichen, eine durchschnittliche konstante Beschleunigung von 20 m/sec^2 notwendig ist. Tatsächlich sind die Spitzenwerte weit über 30, sogar 40 m/sec^2 .

Bei der Konstruktion von Marineflugzeugen muß berücksichtigt werden, daß jedes Bauelement für solche Längsbeanspruchungen dimensioniert wird. Ganz spezielle Probleme bringen zum Beispiel die Brennstofftanks, die stärkere Wände haben müssen und ein adäquates System von durchlöchernten Innenwänden, die die Bildung von Wellen und die Wirkung ihrer Stöße gegen die Wände eliminieren.

Die Verwendung solcher Katapultanlagen kommt aus diesen Gründen für übliche Landflugzeuge nicht in Frage. Eine einfache Rechnung zeigt, daß die Verhältnisse auf Flugzeugträgern und auf einem normalen, kontinentalen Flugplatz ganz anders sind. Zu diesem Zwecke nehmen wir an, wir hätten ein 10 t schweres Flugzeug und möchten, daß es den Boden nach einer Strecke von 150 m verläßt. Wir nehmen ferner an, daß die Abhebegeschwindigkeit 160 Knoten ist (300 km/h), was bei modernen schnellen und schwer beladenen Maschinen durchaus üblich ist. Herrscht auf dem Flugplatz Windstille, so muß der Maschine die volle Geschwindigkeit erteilt werden; die mittlere Beschleunigung ist 23 m/sec^2 , also 2,3 g. Tatsächlich müssen wir mit 3,0 bis 3,5 g als Spitzenwerten rechnen, da die Beschleunigung aus rein maschinellen Gründen nicht konstant ist und im Arbeitsdiagramm Spitzen auftreten, die um so größer werden, je kleiner die Zeitdauer des Vorganges ist. Im vorliegen-

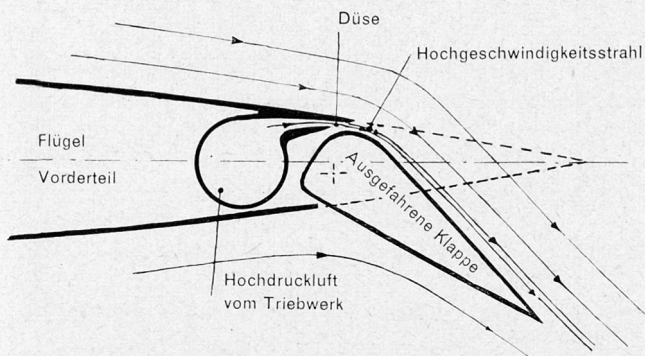


Bild 7. Prinzipskizze der Flügelanblasung. Der Hochgeschwindigkeitsstrahl ersetzt die durch den Spalt fließende Luft vom Bilde 5

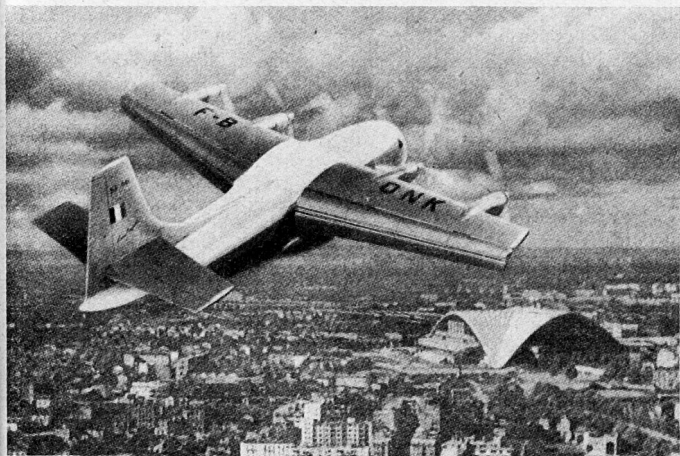


Bild 8. Breguet 941 im Fluge. Auf dem Bild sind die großen Landeklappen, die sich über die ganze Spannweite erstrecken, gut sichtbar. Die Propeller sind so groß, daß sie fast den ganzen Flügel anblasen. Der Propellerstrahl wird von den Klappen beinahe um 90° umgelenkt

den Falle braucht es 3,6 Sekunden, um 300 km/h^{-1} zu erreichen; man soll das mit einem Auto versuchen!

Nun zum Flugzeugträger: Er hat das Glück, daß es selber fahren kann, und zwar für den Abwurf von Flugzeugen mit Geschwindigkeiten, die bis 40 Knoten erreichen. In diesem Falle reduziert sich die zu erteilende Geschwindigkeit auf 120 Knoten und die Beschleunigung auf $1,37 \text{ g}$ im Mittel und $1,7$ bis $1,8 \text{ g}$ effektiv. Die Zeit für den Abwurf steigt auf 4,9 Sekunden. Man sieht also, daß der Unterschied gewaltig ist. In Wirklichkeit werden aber auf den Flugzeugträgern aus Platzgründen kürzere Startstrecken (70 bis 80 m) verwendet, wie wir ja schon früher gesagt haben. Die Energie, die den Flugzeugen von der Anlage erteilt werden muß, wächst mit dem Quadrat der Geschwindigkeit und ist im Falle des Startes ab Boden, ohne den Anteil des Triebwerkes, um 80 % größer als im Falle des Startes ab Träger. Manchmal bläst etwas Wind auf dem Flugplatz, und die Verhältnisse werden etwas günstiger. Da aber Neptun für seine Leute schaut, bläst auch auf hoher See Wind, und zwar meist stärkerer und regelmäßiger als auf dem Festland, was sich nochmals zugunsten des Flugzeugträgers auswirkt.

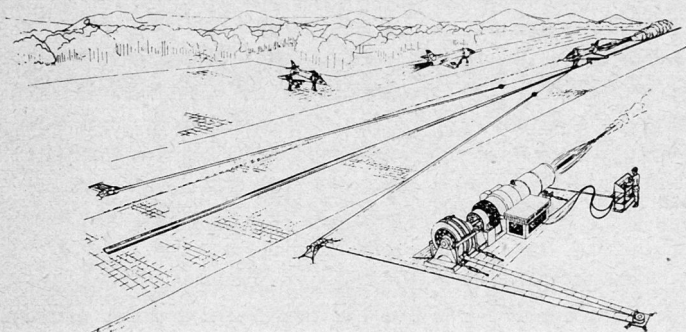


Bild 9. Schematische Darstellung der Installation einer Katapulteinrichtung auf einem Feldflugplatz. Die Führungsschiene auf der Piste konnte eliminiert werden

Praktische Versuche haben gezeigt, daß Start- und Landeanlagen für Kontinentalflugplätze für Strecken zwischen 200 und 300 m dimensioniert werden müssen. Das amerikanische Marine Corps hat Katapulteinrichtungen entwickeln lassen, die sich für den Transport mit Flugzeugen eignen und auf beweglichen, aus Leichtmetallblechen zusammengestellten Flugpisten installiert werden können.

Im wesentlichen besteht die Anlage aus einem umgebauten Turbotriebwerk, das dazu verwendet wird, ein über die Piste gelegtes Kabel auf eine Trommel aufzurollen. Die Anlage funktioniert wie eine Steinschleuder. Das Flugzeug wird mit dem Kabel verbunden und auch bis zum Moment des Abwurfes zurückgehalten. Die Bedienungsmannschaft läßt das Triebwerk laufen, schaltet langsam die Kupplung ein, und sobald der Zug genügend groß ist, wird der Rückhaltebolzen am Flugzeug abgeschert, und der Start beginnt. Versuche haben gezeigt, daß man, um das Bugrad zu führen, eine Spezialschiene nicht notwendig hat, so daß die gleiche Piste und die gleiche Katapultanlage, die dann als Bremse funktioniert, für die Landung verwendet werden können.

Um den Wind ausnützen zu können, hat man die Anlage so konstruiert, daß sie beidseitig, ohne Umstellung, brauchbar ist.

Die Piste wird so 600–700 m lang, wovon jeweils eine Hälfte für den Start und die andere für die Landung verwendet wird.

f. Bodenfeste Bremsenrichtungen

Spezielle Ausrüstungen, wie Bremsschirme, werden nicht behandelt, da sie in diesem Zusammenhang nicht von Interesse sind.

Wie die Katapulte, so sind auch die Bremsvorrichtungen zuerst auf Flugzeugträgern regelmäßig verwendet worden. Das Problem der Landung auf einem Trägerschiff ist sicher eines der heikelsten für die Piloten, da die Strecke, die zum Aufsetzen des Flugzeuges bestimmt ist, sehr kurz ist.

Bestimmt helfen die Eigengeschwindigkeit des Schiffes und eventuell der Wind, die relative Geschwindigkeit des Flugzeuges zu reduzieren. Die damit verbundenen Risiken sind trotzdem groß, besonders wenn die See unruhig ist und das Schiff zu rollen und zu schaukeln beginnt. Bei Nacht und bei schlechtem Wetter wird die Aufgabe noch um eine Stufe schwieriger.

Um das Flugzeug zu bremsen, spannt man quer zum Deck, 10 bis 20 cm über diesen, sechs oder sieben Kabel in Abständen von einigen Metern. Diese Kabel werden einzeln mit unter Deck installierten Bremsenrichtungen verbunden. Das Flugzeug selber hat hinten unter dem Rumpf einen Haken. Dieser wird kurz vor der Landung hinuntergelassen. Der Pilot muß nun die Maschine so steuern, daß der Haken eines der Kabel fängt. Er muß dazu nicht unbedingt die Räder am Boden haben, da der Haken durch die Eigenlänge und Anstellung des Flugzeuges tiefer hängt. So kann es vorkommen, daß im Moment des Fanges das Flugzeug 50 cm bis 1 m herunterfällt. Ist der Anflug zu hoch erfolgt, so könnte es passieren, daß keines der Kabel vom Haken gefangen wird, das Flugzeug das Deck überrollt und im Wasser verschwindet. Um dies zu vermeiden, gibt man bei jedem Anflug, sobald die Brücke erreicht wird, Vollgas, ohne abzuwarten, ob der Fang erfolgreich ist oder nicht.

So muß die Bremsanlage nicht bloß die Energie des Flugzeuges, sondern dazu noch diejenige des Triebwerkes vernichten. Die Beanspruchung des Materials ist bei solchen Operationen groß, und Verzögerungswerte bis $5,0 \text{ g}$ sind keine Seltenheit. Die Ansprüche an bodengebundene Anlagen sind nicht so groß, da man die Forderungen an diejenigen der Starteinrichtungen angeglichen hat.

Die Landetechnik wird dieselbe sein wie auf Flugzeugträgern, um so mehr als man sich im allgemeinen mit einem Kabel zufriedengeben muß; der Pilot wird aber zum Aufsetzen die erste Hälfte der Piste verwenden können, das heißt ungefähr 200 m. Dies mag dem Laien einfach erscheinen, ist es aber keineswegs, speziell nicht mit andern als zur Marine gehörenden Flugzeugen, die unmöglich in den Boden hineingedrückt werden können, weil sie nicht dazu dimensioniert sind, sondern relativ fein tangential zum Boden zu landen sind. Dies verlangt aber große



Bild 10. Bremse der Firma Bliss & Co. (USA). Man sieht die in der Trommel eingebaute Bremse und die Steueranlage, die erlaubt, die Bremskräfte dem Gewicht und der Geschwindigkeit des Flugzeuges anzupassen

Schwebedistanzen. Bis jetzt sind zahlreiche Anlagen entwickelt worden, um Landflugzeuge zu bremsen; die meisten als Notbremsanlage für Maschinen, die zu lang oder zu spät aufsetzen, Bremsdefekte haben oder den Start abbrechen müssen.

Die Entwicklung von Katapulteinrichtungen, die erlauben, ein bis zwei Flugzeuge pro Minute in die Luft zu bringen, zwang dazu, die entsprechenden Bremsanlagen zu entwickeln. Diese Arbeiten wurden zum größten Teil in den USA durchgeführt.

Im wesentlichen besteht eine solche Anlage aus einer überstarken Bremse, Scheibenbremse oder neuerdings auch Wirbelwasserbremse, wie sie in Motorenprüfständen Verwendung finden. Die Bremse muß natürlich mit Luft oder Wasser gekühlt werden. Auf der gleichen Welle werden eine oder mehrere Spulen mit aufgewickelter Kabel montiert. Diese Anlage kann einseitig oder beidseitig der Piste verankert werden; im ersten Fall muß das Kabel über Umlenkrollen auf eine zweite, auf der gleichen Welle installierte Spule zurückgeführt werden.

Das Bild zeigt eine solche Anlage ohne Kühlung. Man erkennt die zwei Spulen, die zentral montierten Bremsen und auf der Seite der Maschine die Regulieranlage, die den Druck, der den Backen zugeführt wird, in Funktion des zurückgelegten Weges und der Geschwindigkeit des Flugzeuges steuert.

Bild 11 zeigt einen Fang vor dem Moment, in dem das Flugzeug hineinrollt und nachdem das Kabel vom Haken gefangen wurde. Die schlangenartige Bewegung des Kabels vermittelt ein gutes Bild der ungeheuren dynamischen Kräfte, die bei solchen Vorgängen im Spiel sind. Versuche haben gezeigt, daß die Überlagerung der reinen Brems- und Fangkräfte mit den dynamischen Kräften zu unerwartetem Versagen der Anlagen mit Kabelbrüchen führt, sobald gewisse Geschwindigkeiten, 120 bis 140 Knoten, überschritten werden. Man ist aus diesem Grunde dazu übergegangen, die Stahlseile durch Nylonbänder zu ersetzen, da dieses Material bessere Dehnungseigenschaften aufweist. Diese Kombination von Kabel auf der Piste mit Nylonbändern auf den Umlenkrollen ist auf dem Bilde der Bremsanlage wie früher auch bei der Katapultanlage gut sichtbar.

g. Hilfseinrichtungen, wie zum Beispiel Anflugschneise-Indikatoren

Nachdem wir die Verhältnisse geschildert haben, unter welchen die Landungen auf Trägerschiffen und auf sehr kurzen Flugfeldern zu erfolgen haben, wird dem Leser klar sein, daß man dem Piloten Mittel geben muß, damit er das Flugzeug präzise absetzen kann. Zu diesem Zwecke hat man spezielle Landebahnindikatoren entwickelt. Es sind dies bodengebundene optische Anlagen, die dem Piloten zeigen, ob er sich, relativ zum Aufsetzpunkt, auf dem richtigen Gleitweg befindet. Sie zeigen ihm auch, ob er zu hoch oder zu tief ist, so daß er die entsprechenden Korrekturen vornehmen kann.

Die Anlage selber (siehe Bild) besteht aus einem Lampensystem. Je nach Variante muß der Pilot entweder so steuern, daß alle Lampen ausgerichtet bleiben oder entsprechende Farben sichtbar werden. Es kann zum Beispiel Rot = Gefahr, also zu tief, bedeuten, Weiß = richtiger Flugweg, Rot-Weiß = zu hohen Anflug usw. Auf den Flugzeugträgern muß man das ganze System stabilisieren, um die Bewegungen des Deckes zu kompensieren.

Mit diesem Material ist es nicht nur möglich, präzisere Landungen auszuführen, es gestattet auch, die einzelnen landenden Flugzeuge näher aneinanderzunehmen, und ist schließlich bei Nacht und auch bei Schlechtwetter sehr nützlich, indem es den Übergang vom Blind- zum Sichtflug erleichtert und auf größere Distanzen möglich macht.

(Schluß folgt)

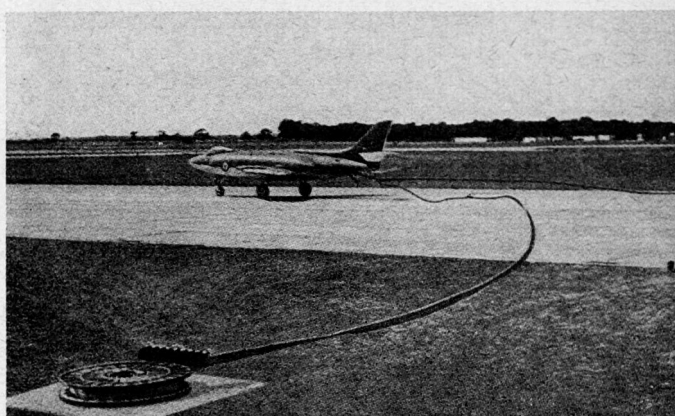
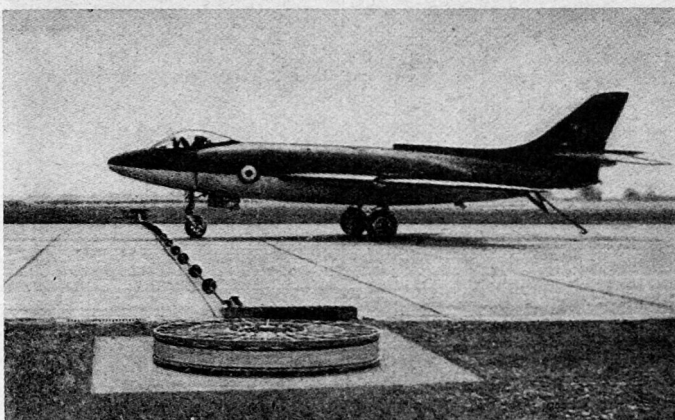


Bild 11. Drei Phasen der Bremsung eines Flugzeuges. Die schlangenartige Deformation des Nylonbandes vermittelt ein gutes Bild der im Spiel stehenden Kräfte. – Phase I: vor dem Fang; Phase II: Beginn der Bremsung; Phase III: Bremsung in vollem Gang

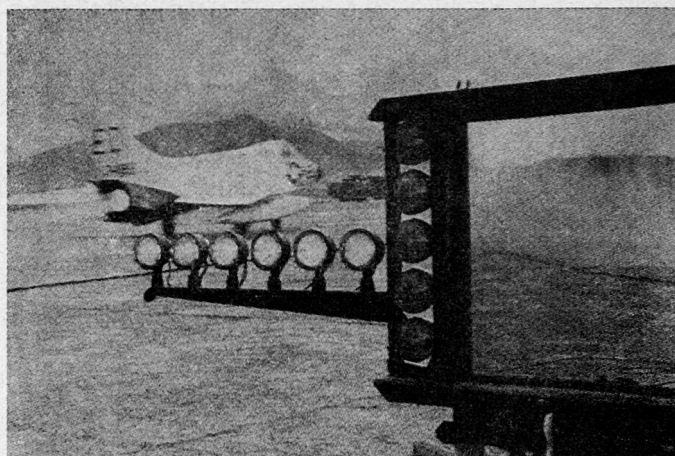


Bild 12. Anflugschneise-Indikatoren der US Navy. Der Spiegel und die Lampen sind auf dem Bild gut sichtbar.