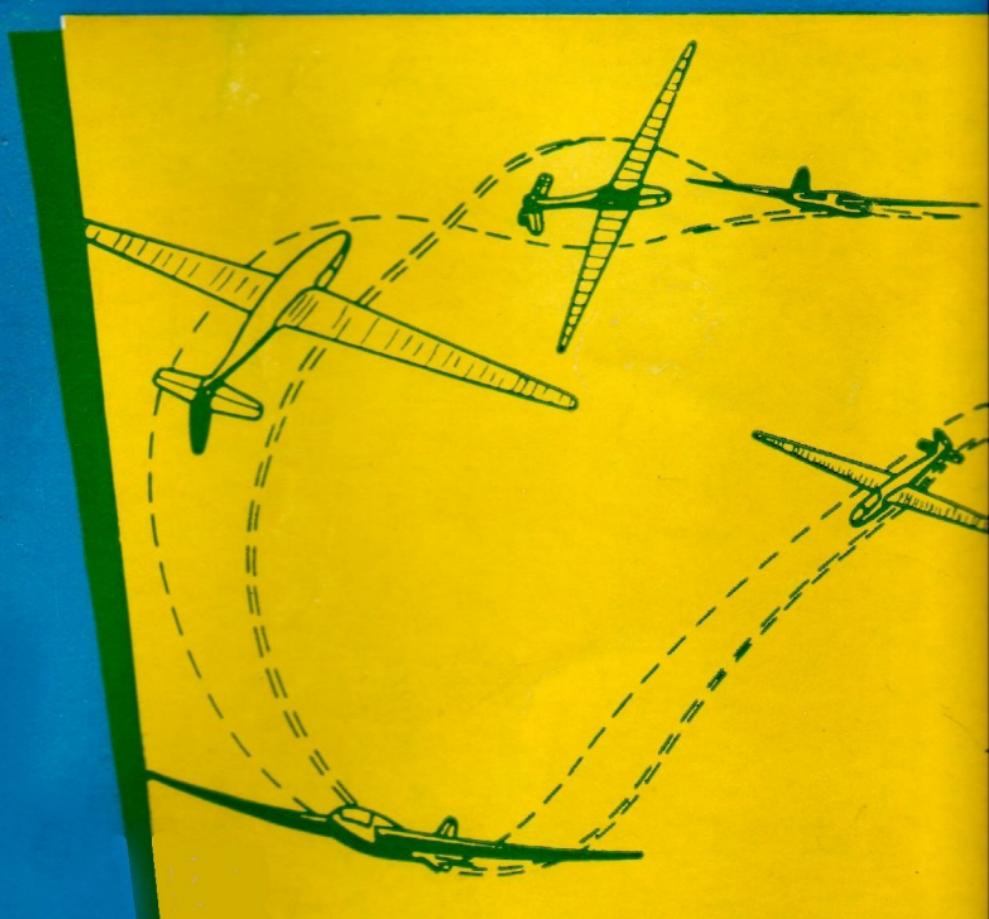


ABC des Fliegens



KUNSTFLUG G. Greif
MIT SEGELFLUGZEUGEN

ABC DES FLIEGENS
BAND 11

KUNSTFLUG MIT
SEGELFLUGZEUGEN

GERHARD GREIF
MEISTER DES SPORTS

KUNSTFLUG MIT SEGELFLUGZEUGEN



VERLAG SPORT UND TECHNIK · 1960

Redaktionsschluß: 9. August 1960

Lektor: Wolfgang Kimmel

Herausgegeben vom Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin
Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt in der Deutschen Demokratischen
Republik

Lizenz-Nr.: 545/26/60

Zeichnungen: Hildegard Seidler

Satz und Druck: VEB (K) Buch- und Werkdruckerei Mylau/Netzschkau

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	7
2. Allgemeines	8
2.1 Körperliche Voraussetzungen des Kunstfliegers	8
2.2 Einteilung des Kunstflugs	9
2.21 Der einfache Kunstflug	9
2.22 Der höhere Kunstflug	9
2.3 Beschleunigungen	9
2.4 Anschnallen des Piloten und Sitz des Fallschirms	13
3. Kunstflug und Segelflugzeug	14
3.1 Beanspruchungen des Segelflugzeugs beim Kunstflug	14
3.11 Das Auffangen	14
3.12 Der Bahnneigungsflug	16
3.13 Die unsymmetrische Beanspruchung von Tragflächen und Leitwerken	16
3.14 Durch welche Konstruktionselemente nimmt das Flugzeug die auftretenden Belastungen auf?	19
3.2 Anforderungen an die Flugeigenschaften und Flugleistungen des Kunstflug-Segelflugzeugs	21
4. Funktion der Ruder des Flugzeugs	22
4.1 Wirkung des Höhenruders	23
4.2 Wirkung des Seitenruders	23
4.3 Wirkung der Querruder	24
5. Figuren des einfachen Kunstflugs	24
5.1 Trudeln	24
5.11 Das Ein- und Ausleiten des Trudelns	26
5.2 Looping	31
5.21 Das Fliegen eines Loopings	33
5.3 Turn	35
5.31 Das Fliegen des Turns	36

	Seite
6. Figuren des höheren Kunstflugs	40
6.1 Gesteuerte Rolle	40
6.11 Das Fliegen der gesteuerten Rolle . .	40
6.2 Abschwung	44
6.21 Das Fliegen des gesteuerten Abschwungs	45
6.3 Aufschwung	46
6.31 Das Fliegen des Aufschwungs . . .	47
6.4 Rückenflug	49
6.41 Die Durchführung des Rückenflugs . .	50
6.411 Der Rücken-Kurvenflug	52
7. Verhalten in besonderen Fluglagen und bei Gefahrenmomenten innerhalb der Kunstflugschulung	54
7.1 Rückentrudeln	54
7.2 Flachtrudeln	55
7.3 Männchen	57
7.4 Bruch des Flugzeugs	59
8. Schlußbetrachtungen	59
9. Literaturhinweise	61
Kenndaten einiger Segelflugzeuge für den Kunstflug	62

1. Einleitung

Die Ausbildung im Flugsport der GST ist kein Selbstzweck, sondern dient der Stärkung und Verteidigung unseres Arbeiter-und-Bauern-Staates.

Von unseren Segelfliegern fordern wir demnach einen möglichst hohen Ausbildungsstand, zu dem auch der Kunstflug gehört.

Kunstflug ist ein besonderer Höhepunkt in der Ausbildung unserer Segelflieger. Er kann als Beweis für die Beherrschung des Fliegens betrachtet werden. Um diesen hohen Ausbildungsstand zu erreichen, wird von unseren jungen Piloten viel Mühe und beharrliche Arbeit, zugleich auch ein hohes Maß Selbstdisziplin und Selbstbeherrschung gefordert. Kunstflugschulung verspricht nur bei den Flugschülern Erfolg, die

den Anordnungen des Fluglehrers Folge leisten,
nicht leichtsinnig werden und
aus falschem Ehrgeiz nicht mehr wagen, als sie
wirklich können.

Ebenso wichtig ist auch die Anleitung durch einen erfahrenen Fluglehrer, der genau auf jeden Fehler achtet und entsprechende Kritik übt. Voraussetzung für den Beginn der Kunstflugschulung ist eine bestimmte, möglichst große Flugerfahrung des Flugschülers.

Den einfachen Kunstflug sollte jeder Segelflieger beherrschen, der Leistungssegelflug betreibt. Erst mit Hilfe des einfachen Kunstflugs lernt der Pilot das Flugzeug so sicher führen, daß er es schnell und richtig aus besonderen oder gefährlichen Fluglagen herausbringt, in die er z. B. bei Blindflugversuchen kommen kann.

Höherer Kunstflug führt zur völligen Beherrschung der Steuerung eines Flugzeugs. Im höheren Kunstflug können nur die fähigsten Segelflieger ausgebildet werden. Bei Flugveranstaltungen werben sie durch ihr Können für den Segelflug, und bei Flügen im Ausland heben und festigen sie das Ansehen und die Autorität unseres Arbeiter-und-Bauern-Staates. Den jungen Kameraden sollen diese Piloten Vorbild sein und sie zu guten Leistungen anspornen. Zu guten Leistungen im höheren Kunstflug wird aber nur der Pilot fähig sein, der den Kunstflug gern

und mit Freude durchführt und der die körperlichen Voraussetzungen hat, um außergewöhnliche Beanspruchungen zu ertragen.

2. Allgemeines

2.1 Körperliche Voraussetzungen des Kunstfliegers

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung bei der Kunstflugausbildung ist die körperliche Verfassung des Flugzeugführers. Beim Kunstflug, besonders beim höheren Kunstflug, ist der gesamte Organismus des Kunstfliegers großen Belastungen ausgesetzt. Er wird hauptsächlich durch große und schnelleintretende Luftdruckunterschiede und durch Beschleunigungen belastet, die manchmal den sechsfachen Wert der Erdbeschleunigung erreichen. Ein kranker oder geschwächter Organismus ist diesen hohen Beanspruchungen nicht gewachsen, und während des Fluges können Funktionsstörungen auftreten.

Der Kunstflugschüler muß sich deshalb theoretisch und körperlich auf den Kunstflug vorbereiten. Durch regelmäßigen Sport wird sein Körper kräftig und widerstandsfähig. Leichtathletische Übungen, Gymnastik, Turnen, Schwimmen und alle Arten von sportlichen Spielen erhalten und verbessern seine Leistungsfähigkeit. Der sportlich durchtrainierte Segelflieger wird so den hohen physischen und psychischen Anforderungen des Kunstfluges besser gerecht.

Eine sportgerechte Lebensweise hat für den Flieger die gleiche Bedeutung wie z. B. für den Leistungssportler. Verstöße dagegen mindern die körperlichen Leistungen, und der Segelflieger ist dem Einfluß großer Beschleunigungen nicht mehr gewachsen; es stellen sich schnell Ermüdungserscheinungen ein.

An jeden Leistungsflieger müssen deshalb gewisse hygienische Anforderungen gestellt werden, die sowohl seine sportliche fliegerische Betätigung als auch seine gesamte Lebensführung berühren. In diesem Zusammenhang soll auf die vorhandene Fachliteratur hingewiesen werden [1].

Jeder Flieger muß so vernünftig sein, vom Start zurückzutreten, wenn er körperlich oder geistig nicht völlig auf der Höhe ist.

2.2 Einteilung des Kunstflugs

Wir verstehen unter Kunstflug die Ausführung bestimmter Figuren während des Fluges, bei denen das Flugzeug verschiedene Fluglagen einnimmt und sich dabei um eine oder mehrere seiner Achsen dreht. Fluggeschwindigkeit und Beschleunigungen sind dabei dauernden Veränderungen unterworfen.

Der Kunstflug wird im allgemeinen unterteilt in den einfachen und den höheren Kunstflug.

2.21 Der einfache Kunstflug

Zum einfachen Kunstflug werden in der Regel folgende Grundfiguren gezählt: Steilkreise über 60° Schräglage, Looping aufwärts und Turn. Trudeln rechnet ebenfalls zum einfachen Kunstflug. Es kann aber nicht als Kunstflugfigur bezeichnet werden, da Trudeln ein Flugzustand ist, der nicht gesteuert, sondern nur mit Hilfe der Ruder eingeleitet und beendet werden kann. Während des Trudelns muß das Flugzeug durch die Ruder beeinflußbar bleiben.

2.22 Der höhere Kunstflug

Zum höheren Kunstflug rechnet man alle anderen Figuren; dem Trudeln verwandte Figuren, wie wechselseitiges Trudeln und die gerissene Rolle, gehören ebenfalls zum höheren Kunstflug. Steilkreise werden in dieser Arbeit nicht behandelt, da sie von den Piloten bereits vor Beginn der speziellen Kunstflugausbildung beherrscht werden müssen.

2.3 Beschleunigungen

Eine Beschleunigung ist physikalisch betrachtet die Änderung einer Geschwindigkeit. Diese wieder wird durch ihre Größe und durch ihre Richtung charakterisiert. Die Beschleunigung kann zeitliche Änderung der Größe oder der Richtung (oder Änderung von Größe und Richtung) einer Geschwindigkeit bedeuten.

Beim Fliegen von Kunstflugfiguren sind wir dauernden Beschleunigungen ausgesetzt, die hauptsächlich durch Änderung der Richtung unseres Flugzeugs hervorgerufen werden.

Jedem Flieger ist bekannt, daß man durch den Schwerpunkt des Flugzeugs drei Achsen legen kann, um die sich das Flugzeug bewegt: die Längsachse, die Querachse und die Hochachse. Um die Beschleunigungen, die auf ein Flugzeug wirken, zu kennzeichnen, benutzen wir diese Achsen für ein sogenanntes „flugzeugfestes“ Koordinatensystem. Die Längsachse wird als x-Achse, die Querachse als y-Achse und die Hochachse als z-Achse bezeichnet. Der Schwerpunkt (S) übernimmt hierbei die Funktion des Nullpunktes im Koordinatensystem. Innerhalb dieses Achsensystems haben die Achsen eine

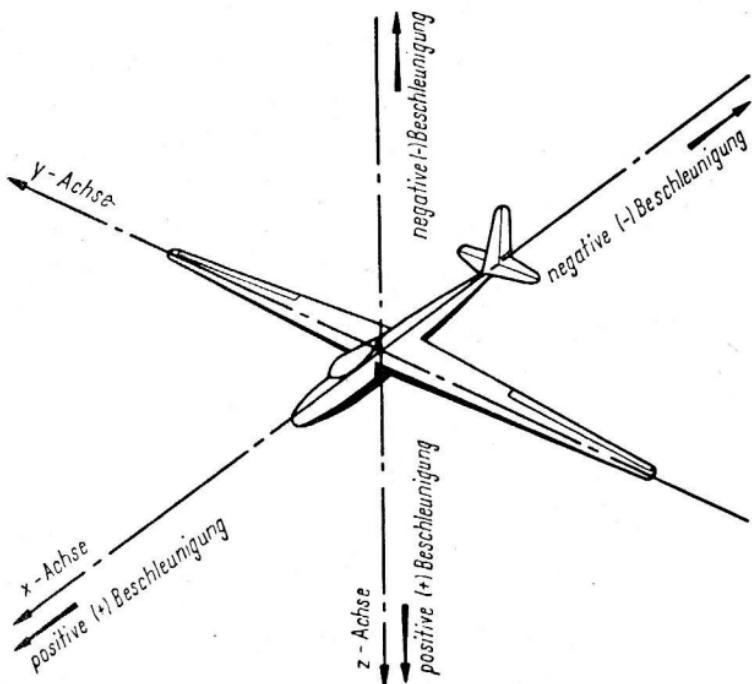


Bild 1. Das „flugzeugfeste“ Koordinatensystem. Beschleunigungen, die in Richtung der Achsen wirken, sind positive Beschleunigungen. Beschleunigungen, die entgegen der Richtung der Achsen wirken, sind negative Beschleunigungen

bestimmte Richtung. Die x-Achse ist positiv nach vorn, die y-Achse positiv nach rechts und die z-Achse positiv nach unten gerichtet.

Beschleunigungen, die in die genannten Richtungen wirken, werden als positive (+) Beschleunigungen bezeichnet, die entgegengesetzt wirkenden als negative (-) Beschleunigungen. Besondere Bedeutung haben beim Kunstflug vor allen Dingen Beschleunigungen, die parallel zur z-Achse, d. h., vom Sitz des Piloten aus gesehen,

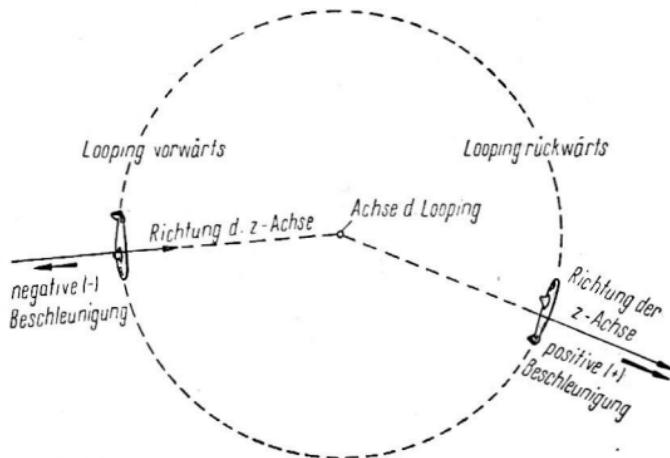


Bild 2. Die Beschleunigungen parallel zur z-Achse

„nach unten oder oben“ wirken. Wenn im Zusammenhang mit Kunstflug von Beschleunigungen gesprochen wird, so sind das immer nur Beschleunigungen, die parallel zur z-Achse wirken und die durch Betätigen des Höhenruders hervorgerufen werden.

Bei großen positiven Beschleunigungen, die den fünf-fachen Wert der Erdbeschleunigung (also + 5 g) überschreiten, wird der Druck auf den Körper des Piloten nach unten in den Sitz so groß, daß sich die Hauptmenge des Blutes in die unteren Körperteile verlagert und dadurch ein Blutmangel im Gehirn eintritt. Dies dauert über die Zeit der Beschleunigung an. Beim Piloten bringt dieser Blutmangel im Gehirn sehr unangenehme Folgen mit sich: Er ist sehgestört, es wird ihm schwarz vor den Augen. Die normale Sehkraft kehrt mit dem Nachlassen der Beschleunigung wieder zurück.

Bei negativen Beschleunigungen wird der Pilot vom Sitz abgehoben und nur von den Gurten gehalten. Sie sind schwerer zu ertragen als positive und haben eine außerordentlich ermüdende Wirkung auf den gesamten Organismus. Bei negativen Beschleunigungen (etwa — 3 g) entsteht im Kopf des Piloten ein derartiger Blutüberdruck, daß feinste Blutgefäße platzen können und meist zuerst die Augen zu bluten beginnen.

Besonders stark wird der Körper des Piloten beansprucht, wenn eine Kunstflugfigur den schnellen Übergang von einer negativen in eine positive Beschleunigung verlangt oder umgekehrt.

Alle Kunstflugfiguren mit nur positiver Beschleunigung gehören zum einfachen Kunstflug, alle anderen zum höheren Kunstflug (z. B. Rückenflug ohne Richtungsänderung, Abschwung, Aufschwung, die gesteuerte Rolle). Eine besondere Gruppe innerhalb des höheren Kunstflugs stellt der Rückenkunstflug dar. Es treten dabei ausschließlich negative Beschleunigungen auf, die für den Flugzeugführer die größten Belastungen mit sich bringen. Zum Rückenkunstflug gehören u. a. folgende Figuren: Looping vorwärts, Rückenturn, Rückenflugvollkreis, die äußere gerissene Rolle.

Bei diesen Betrachtungen taucht vielleicht die Frage auf: „Ist es denn überhaupt erforderlich, Kunstflug durchzuführen, den Körper des Piloten derartigen Belastungen auszusetzen?“

Ja, denn erst der Kunstflug führt zur vollständigen Beherrschung des Flugzeugs. Der Segelflieger gewinnt durch den Kunstflug Vertrauen zu sich selbst und zu seinem Flugzeug. Das ist erforderlich, da beim Leistungssegelflug das Segelflugzeug leicht in Gefahrenzustände geraten kann, z. B. bei Blindflugversuchen, und nur der Pilot, der den Kunstflug beherrscht, ist in der Lage, in solchen Situationen richtig zu handeln.

Der Kunstflug ist aber auch ein Quell der Freude. Man kann sich ungehindert um alle Achsen frei im Raum bewegen. Jeder Flug bildet für den Piloten ein neues Erlebnis. Wie schön ist es z. B., wenn sich beim Trudeln die Erde zu drehen scheint, oder wenn man im Rückenflug nach „oben“ schauen muß, um die Erde sehen zu können und unter sich den Himmel sieht.

Bei relativ kleinen, positiven Beschleunigungen hat man das Gefühl, der Unterkiefer klappt nach unten, und alle Körperteile werden merklich schwerer. So kann man z. B. den Fuß, der vielleicht im Seitensteuer etwas verrutscht war, auch mit großer Anstrengung kaum mehr bewegen.

Entgegengesetzt wirken sich negative Beschleunigungen aus. Der normale Sitzdruck ist plötzlich verschwunden. Der Körper scheint frei im Raum der Kabine zu schweben, bis man dann, bei zunehmender Beschleunigung, das Gefühl hat, hinausgeschleudert zu werden.

2.4 An schnallen des Piloten und Sitz des Fallschirms

Beim Kunstflug allgemein und besonders bei allen Kunstflugfiguren mit negativer Beschleunigung kommt dem richtigen An schnallen besondere Bedeutung zu. Vor jedem Start ist zu überprüfen, ob sich das Gurtwerk der An schnallgurte in einwandfreiem Zustand befindet. Beim Festschnallen des Piloten vor dem Start müssen besonders die Bauchgurte so kurz eingestellt werden, daß sie straff anliegen, ohne jedoch den Bauch zu pressen. Zu straff angezogene Bauchgurte verursachen während des Fluges Beschwerden. Die Schultergurte dürfen während des Schleppflugs gelockert bleiben, da der Pilot in der Lage ist, sie unmittelbar vor Beginn des Kunstflugs selbst straff zu ziehen.

In diesem Zusammenhang noch eine Bemerkung zum Fallschirm des Kunstfliegers. Es versteht sich von selbst, daß die Länge der Gurte den Körpermaßen des Piloten genau angepaßt sein muß. Zum Kunstflug eignen sich am besten Fallschirme, die möglichst wenig Gurtwerk haben, wie z. B. der polnische SP 1. Bei Verwendung des Fallschirms S 27/III ist der Pilot durch das doppelte Gurtwerk in der engen Kabine des Kunstflug-Segelflugzeugs beim Bewegen des rechten Armes leicht behindert.

Auf alle Fälle müssen die Schultergurte des Fallschirms S 27/III so befestigt werden, daß sie während des Fluges nicht von den Schultern heruntergleiten können.

3. Kunstflug und Segelflugzeug

Mit der Entwicklung des Kunstflugs auf Segelflugzeugen mußten auch entsprechende Segelflugzeuge geschaffen werden. Sie müssen für diesen Verwendungszweck konstruktiv, festigkeitsmäßig und in den Flugeigenschaften für den Kunstflug ausgelegt werden.

Bei diesen Segelflugzeugen unterscheiden wir zwei Kategorien:

a) Segelflugzeuge, die für einfachen Kunstflug zugelassen sind (z. B. verschiedene Leistungs- und Hochleistungssegelflugzeuge: Lehrmeister, Meise und Libelle (DDR), Jaskolka (VRP),

b) Kunstflug-Segelflugzeuge, die für vollen Kunstflug tauglich sind (Beispiele dafür sind: Habicht (DFS), Lunak (CSSR), Jastrzab (VRP), Lo 100 (Westdeutschland).

Jeder Segelflieger muß wissen, daß Kunstflug nur mit den zugelassenen Flugzeugen durchgeführt werden darf. Kunstflug mit anderen Segelflugzeugen ist verboten!

3.1 Beanspruchungen des Segelflugzeugs beim Kunstflug

Die einzelnen Figuren des Kunstflugs lassen sich, wenn sie hinsichtlich ihrer Beanspruchung auf das Flugzeug betrachtet werden, in eine Reihe von immer wiederkehrenden Grundbelastungsfällen einteilen sowie in spezielle Belastungsfälle, die nur bei bestimmten Teilen einzelner Kunstflugfiguren auftreten.

Im Rahmen dieser Arbeit soll nur auf die typischsten Grundbelastungsfälle hingewiesen werden.

3.1.1 Das Abfangen

Das Abfangen wird durch einen Höhenruderausschlag eingeleitet. Dadurch erhält das Flugzeug große Anstellwinkel und bewegt sich auf einer gekrümmten Flugbahn. Durch die damit verbundenen großen Auftriebsbeiwerte entsteht eine starke Luftkraft, die die Funktion der Zentripedalkraft auf der gekrümmten Flugbahn vergrößert. Die dabei herrschende füllige Auftriebsverteilung gegenüber dem im Schwerpunkt angreifenden

Gewicht des Flugzeugs verursacht ein großes Durchbiegen der Tragflächen vor allem im äußeren Bereich, entgegengesetzt zur Richtung des Gewichts.

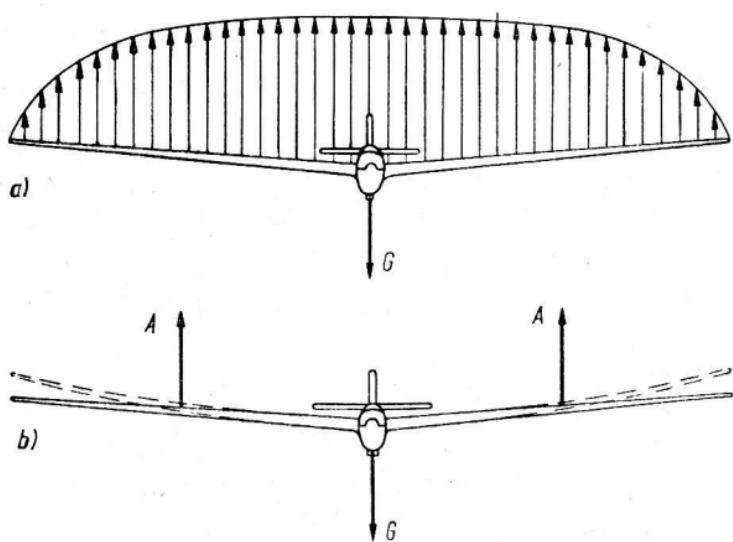


Bild 3. Die Auftriebsverteilung. a) Die Auftriebsverteilung an den Flächen; b) der Auftrieb ist für jeden Tragflügel als Pfeil symbolisiert. Durch die Belastung des Flugzeugs beim Abfangen biegen sich die Tragflügel besonders stark nach oben

Die angreifenden Kräfte können ein Vielfaches des Fluggewichts annehmen. Der Faktor, mit dem sich das jeweilige Fluggewicht erhöht bzw. mit dem sich der Wert der Erdbeschleunigung vergrößert, wird als Lastvielfaches bezeichnet.

Beim Lastvielfachen müssen wir unterscheiden:

- das sichere Lastvielfache,
- das Bruchlastvielfache.

Unter sicherem Lastvielfachen wird das Vielfache des Fluggewichts verstanden, das vom Flugzeug jederzeit mit Sicherheit ohne Beeinträchtigung der Festigkeit der Konstruktion aufgenommen werden kann.

Das Bruchlastvielfache bringt zum Ausdruck, bei welcher Belastung die Tragfähigkeit der Konstruktion erschöpft und der Bruch zu erwarten ist.

Das sichere Lastvielfache (n_{sicher}) und das Bruchlastvielfache (n_{bruch}) sind durch den Sicherheitsfaktor (i) von einander abhängig:

$$n_{\text{sicher}} \times i = n_{\text{bruch}}$$

Beispiel:

Das Segelflugzeug Jaskolka hat bei positiver Belastung ein sicheres Lastvielfaches von + 6 und bei negativer Belastung von - 3. Der Sicherheitsfaktor beträgt 1,75. Es ergibt sich ein Bruchlastvielfaches von $6 \times 1,75 = 10,5$ bei positiver Belastung und $3 \times 1,75 = 5,25$ bei negativer Belastung.

Die Größe der sich einstellenden Lastvielfachen am gesamten Flugzeug ist im wesentlichen von den Schaltgeschwindigkeiten, Ausschlaggrößen, mit denen das Höhenruder betätigt wird, und von der Fluggeschwindigkeit abhängig.

Neben diesen Biegebeanspruchungen der Tragflächen treten beim Auffangen auch noch Kräfte auf, die den Tragflügel zu verdrehen suchen.

Beim Auffangen werden außer den Tragflächen auch das Höhenleitwerk und der Rumpf beansprucht.

3.12 Der Bahnneigungsflug

Beim Bahnneigungsflug bis zum Sturzflug treten besonders große Verdrehungsbeanspruchungen an den Tragflächen auf. Neben diesen Torsionsbelastungen biegen sich bei den meisten Flugzeugen die Tragflächen beim Schnellflug im Außenbereich nach unten. Die Ursache dafür ist der durch die Schränkung hervorgerufene und sich nur bei Schnellflügen einstellende Abtrieb. Der innere Tragflügelbereich erzeugt bei kleinem Anstellwinkel den notwendigen Auftrieb, während die Außenflügel infolge der Schränkung schon unter negativem Anstellwinkel angeströmt werden und Abtrieb erzeugen.

3.13 Die unsymmetrische Beanspruchung von Tragflächen und Leitwerken

Fliegen wir z. B. eine Rolle, so wird das Tragwerk unseres Flugzeugs unsymmetrisch beansprucht. Die entgegengesetzt ausgeschlagenen Querruder bedingen die

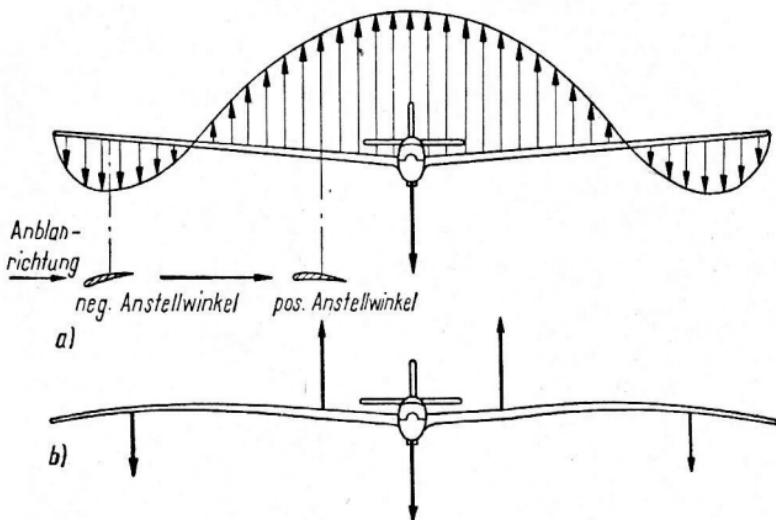


Bild 4. Die Auftriebsverteilung beim Schnellflug. a) Die Auftriebsverteilung an den Flächen; b) die Durchbiegung der Tragflügel im Schnellflug. An den Außenflügeln wird beim Schnellflug infolge der Schrängung Abtrieb erzeugt, deshalb Durchbiegung nach unten

unsymmetrische Beanspruchung, die im Außenbereich der Tragflächen an einer Seite eine Auftriebserhöhung, an der anderen Seite eine Auftriebsverminderung herbeiführen. Auch hierbei sind die Schaltgeschwindigkeiten und die Ruderausschlaggrößen in Verbindung mit der Fluggeschwindigkeit von entscheidender Bedeutung. Bei dieser unsymmetrischen Beanspruchung des Tragwerks können erhebliche Biege- und Verdrehungskräfte auftreten.

Es besteht auch die Möglichkeit, daß die Leitwerke unsymmetrisch angeblasen werden, z. B. im Slip oder beim Trudeln. Bei diesen Flugzuständen liegen Leitwerksteile im Windschatten, es entsteht eine unsymmetrische Luftkraftverteilung an den Leitwerken. Die Folge ist eine Verdrehung des Rumpfes.

Bei Ruderausschlägen werden sich auf den Rudern entsprechend große Lasten einstellen, die ähnlich wie beim Tragwerk die Ruder zu verdrehen und zu verbiegen suchen. Bei Seitenruderausschlägen wird durch die Seitenruderluftkraft der Rumpf neben Biegung auch auf

Verdrehung beansprucht, weil die Resultierende außerhalb der Rumpflängsachse angreift.

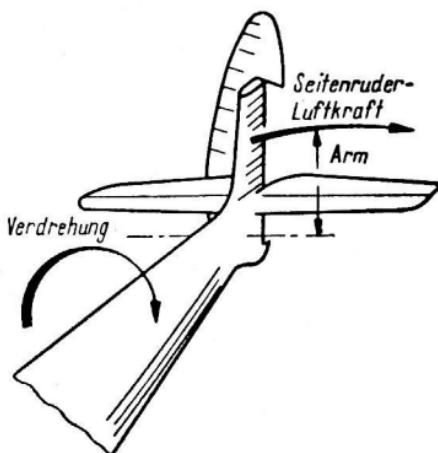


Bild 5. Bei Seitenruderausschlägen wird der Rumpf auf Verdrehung beansprucht

Analoge Betrachtungen lassen sich auf das Flugzeug im Rückenflug anstellen. Die dabei auftretenden Lasten werden mit negativen Vorzeichen versehen und die entsprechenden Beanspruchungszustände als negative Beanspruchungen bezeichnet.

Beim Schnellflug in Rückenlage ist zu beachten, daß sich die Außenflügel im Gegensatz zum Schnellflug in der Normallage entgegen dem Gewicht nach oben durchbiegen (wie beim Afangen).

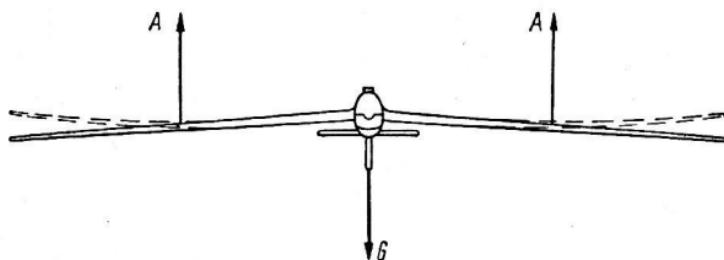


Bild 6. Beim Schnellflug im Rückenflug biegen sich die Tragflügel entgegen dem Gewicht nach oben (wie beim Afangen)

Alle Flugzeuge unterliegen einer Beanspruchung durch Böen. Kunstflugzeuge sind auch dafür besonders ausgelegt.

Die verschiedenen Belastungsfälle treten vielfach auch kombiniert auf.

Die am Segelflugzeug auftretenden Beanspruchungsarten können wie folgt zusammengefaßt werden:

- a) das Tragwerk wird symmetrisch oder unsymmetrisch auf Biegung und Verdrehung beansprucht;
- b) die Ruder und Leitwerke werden auf Biegung und Verdrehung beansprucht;
- c) der Rumpf wird durch Tragwerk und Leitwerke auf Biegung und Verdrehung beansprucht (Landefälle sind hier nicht berücksichtigt).

3.14 Durch welche Konstruktionselemente nimmt das Flugzeug die auftretenden Belastungen auf?

Die Biegebeanspruchungen des Tragwerks übernehmen die Hauptholme. Die Hauptholme der Tragflächen bei Segelflugzeugen sind vielfach als Doppel-T- oder als Kastenholm ausgeführt.

Biegebeanspruchungen auf den Rumpf werden vom gesamten Rumpf übernommen. Als Bauelemente unterstützen ihn dabei Gurte, Stringer, Spanten und Haut.

Die Verdrehungskräfte werden bei den einzelnen Konstruktionsteilen (wie Tragflächen, Ruder, Dämpfungsflächen) meist durch besondere Torsionsröhren oder -kästen aufgenommen.

Bei der gebräuchlichen einholmigen Bauweise der Tragflächen dient die Sperrholznase zur Aufnahme der Verdrehungskräfte.

Ähnliche Konstruktionsmerkmale weisen auch die Leitwerke auf.

Der Rumpf nimmt Verdrehungskräfte durch die Haut und durch die Diagonalen auf.

Weshalb dürfen Segelflugzeuge, auch Kunstflug-Segelflugzeuge, in der Regel bei negativen Beanspruchungen nur halb so belastet werden wie bei positiven Beanspruchungen?

Dafür liegen folgende Gründe vor:

- Der Mensch verträgt im Flug bei negativer Beschleunigung bedeutend geringere Belastungen als im Flug bei positiver Beschleunigung.
- Durch das meist unsymmetrische Profil der Tragflächen können im Flug mit negativen Anstellwinkeln (Rückenflug) niemals so große Auftriebswerte wie im Flug mit positiven Anstellwinkeln entstehen und demzufolge auch kaum so große Belastungen.

Unter Berücksichtigung dieser beiden Tatsachen und im Interesse des Leichtbaus unserer Segelflugzeuge sind deshalb die Hauptholme in der Regel unsymmetrisch ausgelegt, d. h., der Untergurt des Holmes wird schwächer als der Obergurt gehalten. Dabei ist zu beachten, daß die Zugfestigkeit der benutzten Hölzer fast doppelt so groß ist wie ihre Druckfestigkeit. Der Obergurt, der während des normalen Fluges auf Druck beansprucht wird, arbeitet bei negativen Beanspruchungen auf Zug. Dies bedeutet eine Veränderung zugunsten der Festigkeit. Der schwächere Untergurt wird aber bei negativen Beanspruchungen zusammengedrückt. Hieraus folgt die geringere Belastbarkeit des Flugzeugs bei negativen Beanspruchungen.

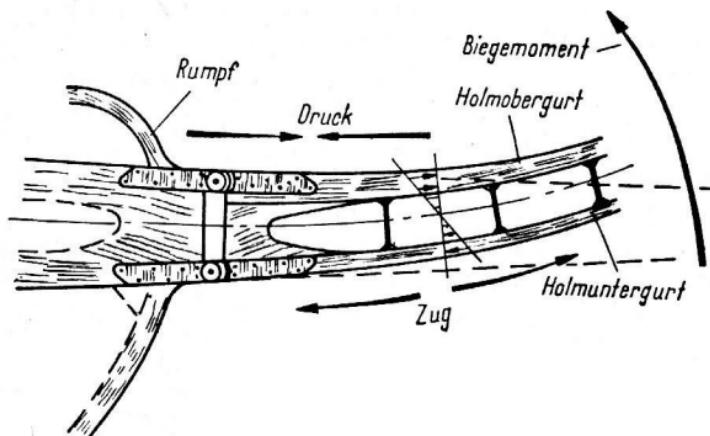


Bild 7. Die unsymmetrischen Hauptholme. Der Holmuntergurt ist schwächer als der Obergurt

Wenn wir z. B. mit dem Segelflugzeug „Jaskolka“ einen normalen Looping fliegen, werden positive Beschleunigungen bis $+3\text{ g}$ auftreten, d. h., unser Flugzeug wird nur ungefähr um die Hälfte der zulässigen sicheren Belastung [6] beansprucht. Dagegen würde bei einem Looping vorwärts, wenn dabei negative Beschleunigungen bis -3 g auftreten, die Grenze des sicheren Lastvielfachen [3] gerade erreicht.

Über die Größe der Belastung, der das Flugzeug durch Biegung unterliegt, orientiert sich der Pilot in Ermangelung eines Beschleunigungsmessers am besten, indem er die Beschleunigung einschätzt. Die Größe der Beschleunigung spürt er an der Kraft, mit der er entweder in den Sitz gepreßt oder in die Gurte geschleudert wird. In Kunstflug-Segelflugzeugen sollte aber unbedingt ein Beschleunigungsmesser eingebaut sein.

Eine Beurteilung der Belastung des Flugzeugs durch Verdrehung ist dem Piloten schwer möglich, da Verdrehungskräfte während des Fluges nicht fühlbar sind.

3.2 Anforderungen an die Flugeigenschaften und Flugleistungen des Kunstflug-Segelflugzeugs

Das Kunstflug-Segelflugzeug unterscheidet sich vom normalen Segelflugzeug besonders durch seine Flugeigenschaften; es muß um alle Achsen sehr wendig sein. Bedingung sind sehr kleine Drehzeiten um alle Achsen, d. h. sehr große Winkelgeschwindigkeiten. Auch die Ruderfolgsamkeit muß gut sein. Wichtig ist, daß die Handkräfte am Steuernüppel bei hohen Geschwindigkeiten nicht zu stark anwachsen. Die Forderung nach großer Wendigkeit engt natürlich die Stabilität ein. Deshalb weisen Kunstflug-Segelflugzeuge oft verhältnismäßig kleine statische Stabilitäten und in dynamischen Fällen oft Indifferenzen auf.

Um mit einem Kunstflug-Segelflugzeug ein zügiges, zeitlich nicht zu kurzes, reichhaltiges Programm fliegen zu können, müssen hinsichtlich seiner Flugleistungen gewisse Mindestforderungen gestellt werden. Es ist notwendig, daß neben der Fähigkeit für jeden Kunstflug das Flugzeug auch noch in gewissem Umfang thermisch

segeln kann. Ein Kunstflug-Segelflugzeug sollte mit seinen Flugleistungen zwischen Leistungs- und Übungssegelflugzeugen liegen, also etwa eine Gleitzahl um 1 : 22 aufweisen. Die Sinkgeschwindigkeit darf bei voller Zuladung nicht größer als 1 m/s werden. Ein fliegerisch möglicher Geschwindigkeitsbereich von 65 km/h bis 350 km/h ist erwünscht.

4. Funktion der Ruder des Flugzeugs

Um den Kunstflug ohne Schwierigkeiten erlernen zu können und um keine unnötigen Fehler beim Steuern des Flugzeugs in ungewohnten Fluglagen zu begehen, ist völlige Klarheit über die Wirkung der Ruder erforderlich. Deshalb soll eine kurze Wiederholung des betreffenden Abschnitts Aerodynamik gegeben werden.

Kunstflug bedeutet ständiges Verändern von Flugrichtung und Fluggeschwindigkeit. Der Kunstflug erfordert also ein ununterbrochenes Steuern des Flugzeugs mit Hilfe der Ruder. Bei den verschiedenen Kunstflugfiguren bewegt sich das Flugzeug frei im dreidimensionalen Raum; es dreht sich dabei um seine drei Achsen (Längsachse — x-Achse, Querachse — y-Achse und Hochachse

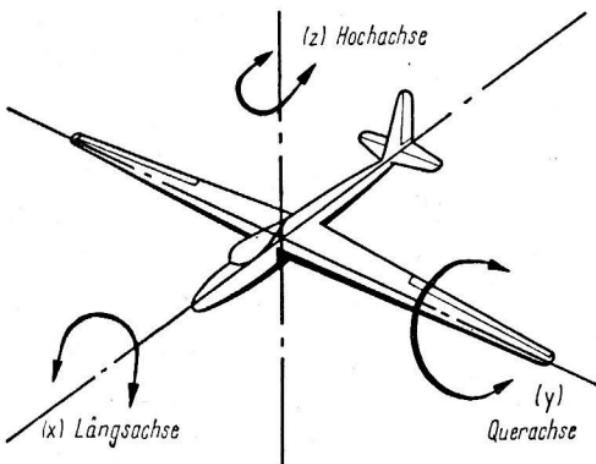


Bild 8. Die Funktion der Ruder des Flugzeugs

— z-Achse), die durch den Schwerpunkt des Flugzeugs verlaufen.

Die Ruderwirkung beruht auf folgendem Prinzip:

Wird ein Ruder ausgeschlagen, so verändert sich das Profil des betreffenden Leitwerks. Bei den Querrudern verändern sich das Profil der Tragflügel im Bereich der Querruder und außerdem die Anstellwinkel. Daraus folgt eine Änderung der Leitwerkskräfte bzw. bei einem Querruderausschlag eine Änderung der Auftriebsverteilung an den Tragflächen. Auf diese Weise entsteht ein Moment, das eine Drehung des Flugzeugs um die betreffende Achse hervorruft.

4.1 Die Wirkung des Höhenruders

Jeder Ausschlag mit dem Höhenruder bewirkt eine Drehung des Flugzeugs um seine Querachse (y-Achse). Dabei verändert sich der Anstellwinkel der Tragflügel. Beim „Ziehen“ des Höhenruders vergrößert sich der Anstellwinkel, beim „Drücken“ des Höhenruders verkleinert sich dieser. Nach dem entsprechenden Höhenruderausschlag folgt das Flugzeug einer gekrümmten Flugbahn.

Wird das Höhenruder bei größerer Geschwindigkeit nach oben gerissen, dann erfolgt der Übergang zu einem größeren Anstellwinkel sehr schnell. Wenn dabei der kritische Anstellwinkel überschritten wird, so befindet sich das Flugzeug trotz der noch hohen Geschwindigkeit in einem überzogenen Flugzustand. Wir bezeichnen dieses Überziehen als **dynamisches Überziehen**, im Gegensatz zu dem uns bereits bekannten **statischen Überziehen**, bei dem der kritische Anstellwinkel mit der minimalen Geschwindigkeit überschritten wird.

Hieraus ist zu erkennen, daß das Überziehen eines Flugzeugs nicht von der Geschwindigkeit, sondern immer nur von der Größe des Anstellwinkels abhängt. Bei einigen Kunstflugfiguren hat dieser Umstand besondere Bedeutung.

4.2 Die Wirkung des Seitenruders

Seitenruderausschläge bewirken ein Drehen des Flug-

zeugs um seine Hochachse (z-Achse):

Das Flugzeug dreht!

Das Seitenruder hat die Aufgabe, die Flugrichtung zu beeinflussen, die Wirkung der Querruder zu unterstützen und zu vervollständigen und dem negativen Wendemoment entgegenzuwirken (s. 4.3).

4.3 Die Wirkung der Querruder

Bei einem Querruderausschlag verändern sich Profil und Anstellwinkel der Tragflügel im Bereich der Querruder. An der einen Tragfläche wird der Auftrieb vergrößert, an der anderen verkleinert. Dadurch entstehen an beiden Tragflächen unterschiedliche Auftriebskräfte. Diese unterschiedliche Kräfteverteilung ruft ein Moment hervor, das ein Drehen des Flugzeugs um seine Längsachse (x-Achse) bewirkt:

Das Flugzeug rollt!

Mit Zunahme des Auftriebs an der einen Tragfläche vergrößert sich aber auch deren Widerstand; und mit der Verkleinerung des Auftriebs an der anderen Tragfläche verringert sich deren Widerstand. Aus diesem Grunde führt das Flugzeug bei einem Querruderausschlag neben dem Drehen um seine Längsachse gleichzeitig eine Drehung um seine Hochachse aus, und zwar in entgegengesetzter Richtung. Wir bezeichnen dieses Drehmoment um die Hochachse des Flugzeugs als „negatives Wendemoment“.

Das negative Wendemoment ist eine unerwünschte Erscheinung. Wir wirken diesem Moment mit dem Seitenruder entgegen. Aus diesem Grunde gehört zu jedem Querruderausschlag ein Seitenruderausschlag in die gleiche Richtung.

5. Figuren des einfachen Kunstflugs

5.1 Trudeln

Das Trudeln ist kein gefährlicher Flugzustand. Es verlangt jedoch vom Piloten die genaue Kenntnis der aerodynamischen Vorgänge. Das Flugzeug befindet sich

bei der Einleitung zum Trudeln im überzogenen Flugzustand. Wir bezeichnen diesen Flugzustand auch als „statisches Überziehen“.

Was geht bei diesem statischen Überziehen mit unserem Flugzeug vor?

Fliegen wir unser Segelflugzeug mit leicht angezogenem Höhenruder, so wird der Anstellwinkel allmählich immer

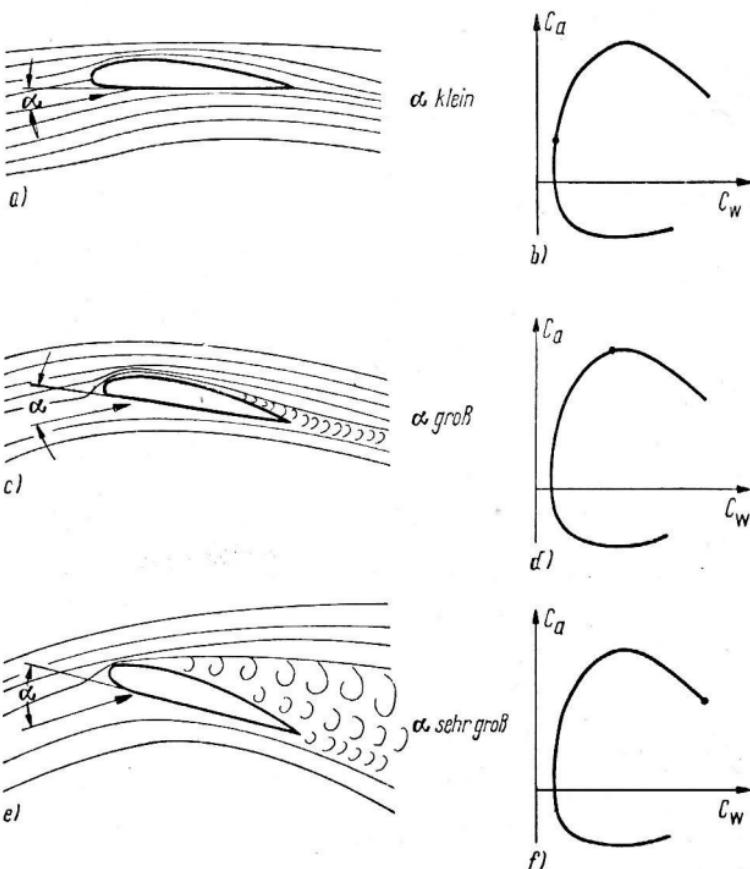


Bild 9. Die Vergrößerung des Anstellwinkels. a) Strömung liegt an, ist noch unverwirbelt; b) relativ kleiner Auftrieb und sehr kleiner Widerstand; c) Strömung liegt im wesentlichen an, schwache Verwirbelung, Beginn des Abreißens; d) kritischer Anstellwinkel, großer Auftrieb, erträglicher Widerstand; e) Strömung ist abgerissen; f) kleiner Auftrieb, sehr großer, rapid ansteigender Widerstand

größer und damit auch der Widerstand. Die Geschwindigkeit geht mehr und mehr zurück. Nach einer gewissen Zeit können wir feststellen, daß sich die Geschwindigkeit nicht weiter verringert und daß wir die Rumpfschnauze* nicht mehr über dem Horizont halten können, auch wenn wir das Höhenruder bis zum Anschlag durchziehen. Das Flugzeug reagiert nicht mehr auf das Höhenruder! Es geht vielmehr von selbst auf den Kopf und holt Fahrt auf. Nach kurzer Zeit wird es wieder auf das angezogene Höhenruder reagieren, und der oben beschriebene Vorgang kann wiederholt werden.

Bei Beginn des Abreißens der Strömung können wir feststellen, daß das Flugzeug in einen instabilen Zustand um die Hochachse gerät, weil jede beginnende Drehung durch die dabei am Tragflügel auftretenden Kräfte verstärkt wird. Wir haben Mühe, unser Flugzeug mit großen Seitenruderausschlägen auf Kurs zu halten. Erfolgt nun aus irgendeinem Grund das Abreißen der Strömung an einer Tragfläche etwas eher als an der anderen, so sinkt auch der Auftrieb an dieser Tragfläche plötzlich eher ab als an der anderen. Das Flugzeug wird nach dieser Seite abkippen und beginnt gleichzeitig, sich um seine Hochachse zu drehen, weil ein überzogener Tragflügel (durch die Instabilität um die Hochachse) die Eigenschaft hat, in Selbstrotation überzugehen:

Das Flugzeug trudelt!

5.11 Das Ein- und Ausleiten des Trudelns

Soll das Flugzeug absichtlich ins Trudeln gebracht werden, so muß also die Strömung an einer Tragfläche eher als an der anderen abreißen. Das wird durch weiches, volles Austreten des Seitenruders erreicht. An den Tragflächen des Flugzeugs kann dabei folgendes festgestellt werden:

Ausgelöst durch den Seitenruderausschlag dreht sich das Flugzeug um seine Hochachse. An der inneren Tragfläche verringert sich infolge der Drehbewegung die Anströmgeschwindigkeit (es tritt eine Re-Zahl-Ver-

* Rumpfschnauze, Flugzeugschnauze, Rumpfbug Rumpfspitze — bei Fliegern gebräuchliche Bezeichnung des Rumpfvorderteils.

minderung ein), und damit vergrößert sich, weil das Flugzeug im Bereich des kritischen Anstellwinkels fliegt, die Abreißneigung bis zum völligen Abreißen der Strömung.

An der äußeren Tragfläche vergrößert sich die Geschwindigkeit (es erfolgt eine Re-Zahl-Erhöhung). Die Abreißneigung wird zunächst geringfügig vermindert. Das Flugzeug trudelt nach der Seite des ausgeschlagenen Seitenruders.

Beim Einleiten des Trudelns ist darauf zu achten, daß das Seitenruder unmittelbar vor dem völligen Abreißen der Strömung, also nicht zu spät, ausgetreten wird. Das Höhenruder ist gleichzeitig weich bis zum Anschlag durchzuziehen. Dabei darf sich die Flugbahn nicht sichtbar nach oben verändern. Seitenruder und Höhenruder müssen während des Trudelns unbedingt am Anschlag festgehalten werden.

Bei den ersten Trudelversuchen kann es vorkommen, daß das Flugzeug nach dem Einleiten wohl über den Flügel abkippt, vielleicht noch eine halbe Umdrehung macht, dann aber von selbst wieder Fahrt aufholt. Es will einfach nicht trudeln! Beim nächsten Versuch muß der Pilot noch langsamer ziehen und das Flugzeug noch mehr „aushungern“, ehe er ins Seitenruder tritt. Wenn das Flugzeug auch dann noch nicht trudelt, ist die Lastigkeit zu überprüfen; es könnte kopflastig sein.

Es gibt allerdings auch Hochleistungssegelflugzeuge, die nicht ins Trudeln zu bringen sind.

Um das Flugzeug wieder aus dem Trudeln herauszuführen, ist den unterschiedlichen Geschwindigkeiten der beiden Tragflächen entgegenzuwirken; wir müssen die Drehung des Flugzeugs beenden. Dies wird durch einen vollen entgegengesetzten Seitenruderausschlag erreicht. Sobald das Flugzeug die Drehbewegung beendet hat, muß das Seitenruder in die Normalstellung zurückgenommen werden. Das Höhenruder wird etwas nachgelassen, bleibt aber noch gezogen. Unser Flugzeug holt Fahrt auf und kommt aus dem Bereich des kritischen Anstellwinkels heraus. Die Luftströmung liegt wieder an beiden Tragflächen gleichmäßig an. Durch das noch gezogene Höhenruder führt das Flugzeug die Abfang-

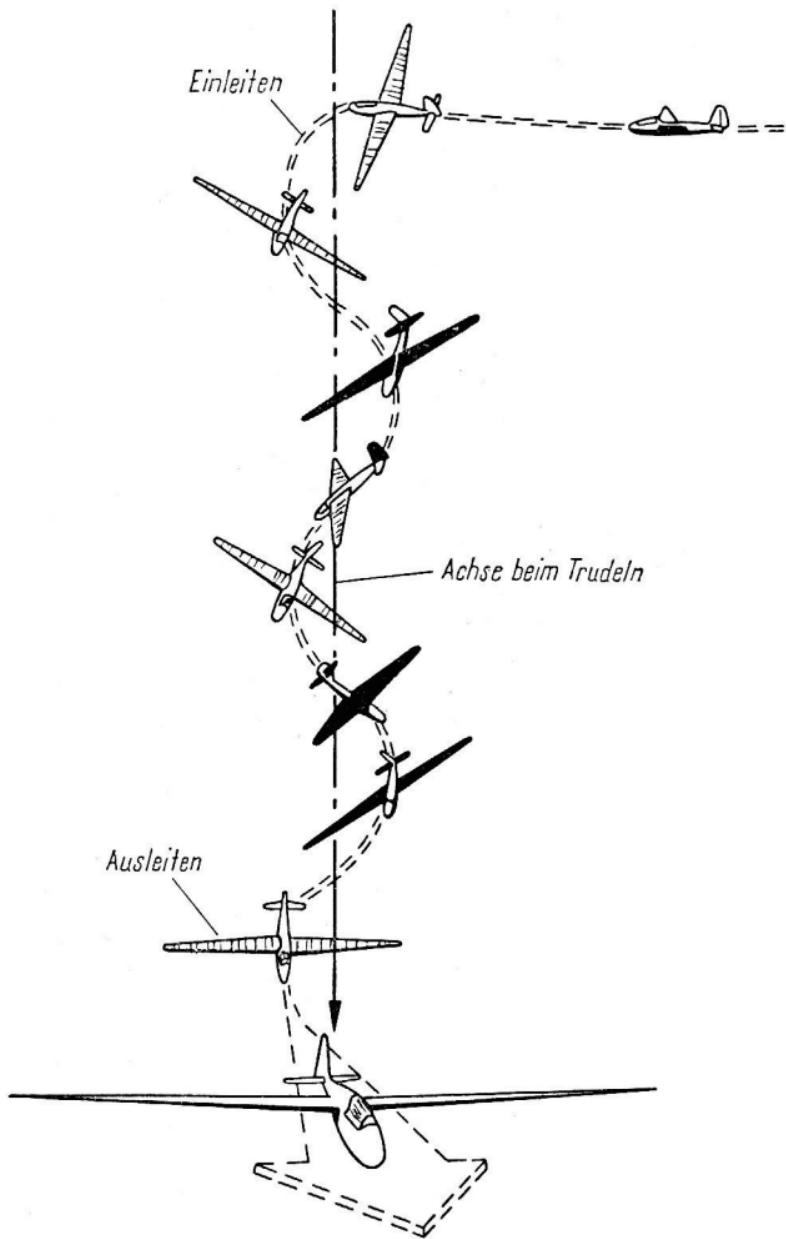


Bild 10. Das Trudeln

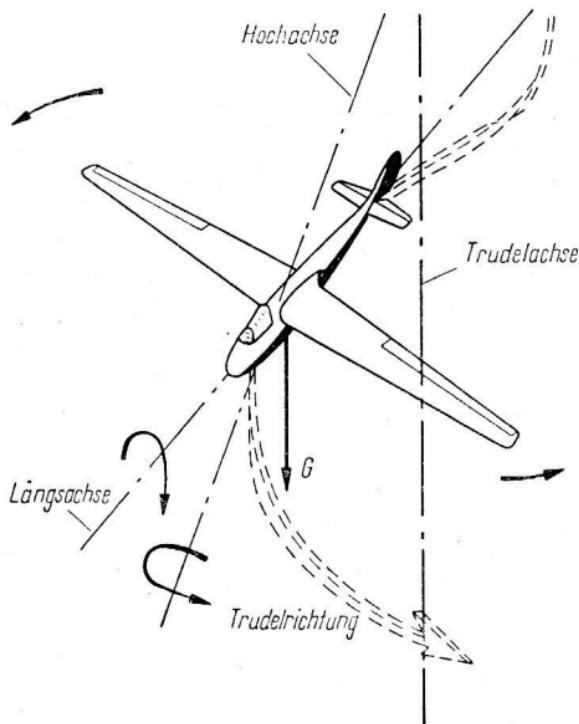


Bild 11. Beim Trudeln dreht das Flugzeug um Längsachse, Hochachse und Trudelachse

bewegung durch. Kurz vor Erreichen der Normalfluglage wird der Steuerknüppel in die Normalstellung gebracht, um ein „Hinausschießen“ des Flugzeugs über den Horizont zu vermeiden.

Beim Beenden des Trudelns ist zu beachten, daß zuerst der Seitenruderausschlag erfolgt, ehe das Höhenruder nachgelassen wird. Das hat folgenden Grund:

Während des Trudelns wird vom Höhenleitwerk ein „Windschatten“ auf einen Teil des Seitenruders geworfen. Bei angezogenem Höhenruder ist dieser Schatten kleiner. Das Flugzeug wird dann besser auf den Seitenruderausschlag reagieren.

Bei den meisten Flugzeugtypen genügen zum Einleiten des Trudelns die beschriebenen Ruderausschläge, also die mit Seitenruder und Höhenruder. Es gibt aber auch

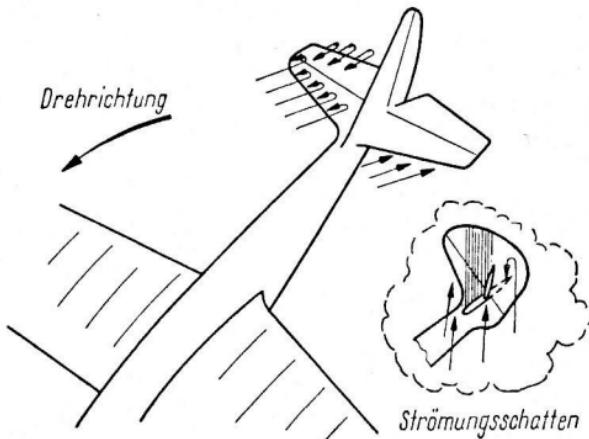


Bild 12. Bei angezogenem Höhenruder ist der „Windschatten“ auf dem Seitenruder kleiner

Flugzeugtypen, die schwer ins Trudeln zu bringen sind, die auch bei vollem Seitenruder- und Höhenruderausschlag noch nicht trudeln. Hier können wir mit einem zusätzlichen Querruderausschlag etwas nachhelfen. Nach welcher Seite der Querruderausschlag gegeben werden muß, hängt von den Eigenarten des betreffenden Flugzeugs ab. Mitunter treten dabei Unterschiede sogar bei Flugzeugen des gleichen Typs auf. Manche Flugzeuge verlangen einen Querruderausschlag in Richtung der Trudelbewegung, die meisten aber einen Gegenquerruderausschlag.

Beim Beenden des Trudelns reagieren die verschiedenen Flugzeuge auch unterschiedlich auf die Bewegungen der Ruder. Manche Flugzeuge hören bereits mit dem Trudeln auf, wenn das Seitenruder wieder bis in die Normalstellung gebracht wurde. Andere Flugzeuge gehen sofort aus dem Trudeln heraus, wenn nur das Höhenruder wenige Millimeter nachgelassen wird. Es gibt auch Flugzeuge, die nur zwei, drei oder vier Umdrehungen trudeln und dann von selbst aus dem Trudeln herausgehen, ohne daß die geringste Ruderbewegung durch den Piloten erfolgt.

Die meisten Flugzeuge werden bei dem Seitenruderausschlag zum Beenden des Trudelns nicht aus dem Trudeln herausgehen; es tritt hier eine gewisse Verzöge-

itung ein, die wir mit Nachdrehen bezeichnen. Nach dem Gegenseitenruderausschlag verringert sich die Drehgeschwindigkeit des Flugzeugs sehr schnell, und die Rumpflängsachse nimmt eine steilere Lage ein. Das Trudeln ist beendet, wenn die Drehung ganz aufgehört hat und das Flugzeug in den Sturzflug übergegangen ist. Die Größe der Verzögerung ist von verschiedenen Faktoren abhängig, z. B. von der konstruktiven Auslegung des Flugzeugs, von der Lage des Schwerpunkts, von der Ruderstellung während des Trudelns, von den Ruderausschlägen zum Beenden des Trudelns. Das Nachdrehen beim Beenden des Trudelns kann eine Viertel- bis Dreiviertelumdrehung betragen.

Besonders wichtig ist es, beim beabsichtigten Trudeln die Orientierung nicht zu verlieren. Am besten wählt man einen markanten Orientierungspunkt aus, der etwa 5 km vom Flugzeug entfernt ist, richtet das Flugzeug nach diesem Punkt aus und leitet das Trudeln ein. Bei jeder Trudelumdrehung wird der Richtungspunkt einmal im Blickfeld des Piloten erscheinen, und es kann leicht die Anzahl der Umdrehungen gezählt werden. Ein weiter entfernt liegender Richtungspunkt ist nicht zu empfehlen, da der Pilot beim Trudeln durch die steile Lage des Flugzeugs den Horizont „oben“ sieht und den Kopf sehr weit in den Nacken nehmen müßte, um den Richtungspunkt am Horizont überhaupt zu erblicken.

Der Trudelzustand ist „genau“ beendet, wenn das Flugzeug so aus dem Sturzflug abgefangen wurde, daß es in Richtung des Orientierungspunktes fliegt. Um das zu erreichen, muß die Verzögerung beim Beenden des Trudelns bekannt sein und beachtet werden. Die Ruderbewegungen zum Beenden des Trudelns sind also eine Dreiviertel- bis Viertelumdrehung vor dem Richtungspunkt zu beginnen. Um den richtigen Zeitpunkt nicht zu verfeheln, empfiehlt es sich, der Drehbewegung des Flugzeugs etwas „voraus“ zu blicken, oder, wenn die Verzögerung eine Dreiviertelumdrehung beträgt, noch einen zweiten Orientierungspunkt zu Hilfe zu nehmen.

5.2 Looping

Der Looping ist faktisch ein Kreis in einer senkrechten Ebene.

Er zählt zu den ältesten Kunstflugfiguren und ist die einfachste. Der erste Looping wurde 1913 von dem russischen Piloten Pjotr Njestjerow geflogen.

Beim Looping bewegt sich das Flugzeug auf einer annähernd gleichmäßig gekrümmten Bahn. Dazu ist eine Kraft erforderlich, die wir Zentripetalkraft nennen. Diese wird durch Vergrößerung des Auftriebs an den Tragflächen unseres Flugzeugs erzeugt. Eine Vergrößerung des Auftriebs bzw. der Tragkraft erreichen wir durch eine entsprechende Erhöhung der Geschwindigkeit und durch Änderung des Anstellwinkels. Beim Looping treten positive Beschleunigungen auf.

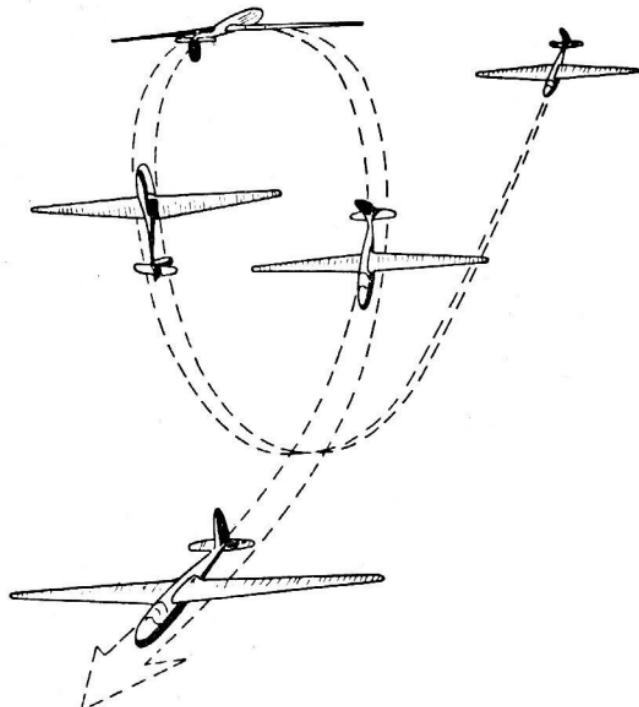


Bild 13. Der Looping

Bedingt durch die senkrechte Kreisbahn beim Fliegen eines Loopings befindet sich das Flugzeug in ständig veränderter Lage zur Erde, die Geschwindigkeit ändert sich ebenfalls laufend. Dadurch ist auch die wirksame

Beschleunigung dauernden Veränderungen unterworfen. Bei einem normal geflogenen Looping soll die maximale Beschleunigung $+3,5\text{ g}$ nicht überschreiten und im Gipfel des Loopings $+1\text{ g}$ nicht unterschreiten.

5.21 Das Fliegen eines Loopings

Damit sich das Flugzeug bei Beginn des Loopings auf der aufsteigenden Bahn bewegen kann, brauchen wir einen Überschuß an Geschwindigkeit. Ein Teil der erhöhten Geschwindigkeit wird während des Anstiegs in potentielle Energie umgewandelt, ein anderer Teil geht durch den Übergang zu größerem Anstellwinkel beim Ziehen des Höhenruders verloren, weil damit auch ein Ansteigen des Widerstands verbunden ist.

Wir richten unser Flugzeug auf einen bestimmten Orientierungspunkt aus, der diesmal am Horizont liegen soll, und achten von diesem Zeitpunkt an genauestens auf Flugrichtung und normale Querlage. Durch Andrücken des Flugzeugs auf 30° bis 40° Bahnneigung holen wir Fahrt auf. Mit Andrücken ist aber nicht plötzliches „Anheizen“ gemeint, sondern das Flugzeug wird allmählich auf die erforderliche Geschwindigkeit gebracht. Die Geschwindigkeitszunahme muß 80 bis 100 Prozent der Normalgeschwindigkeit betragen. Auch während des Fahrt-aufholens sind Querlage und Flugrichtung genau zu beachten und — wenn nötig — zu verbessern. Die Geschwindigkeitszunahme wird mit Hilfe des Fahrtmessers kontrolliert. Etwa 10 km/h vor der erforderlichen Geschwindigkeit beginnen wir, den Steuerknüppel langsam anzuziehen. Das Flugzeug wird sich sofort auf die vertikale Kreisbahn begeben. Beim Anziehen des Steuerknüppels spüren wir von Anfang an die Beschleunigung durch starken Sitzdruck. Die stärkste Beschleunigung muß im ersten Viertel des Loopings auftreten, dann gleichmäßig abnehmen, so daß wir in der Rückenlage des Flugzeugs nur noch leichten Sitzdruck empfinden. Dies entspricht ungefähr einer Beschleunigung von $+1\text{ g}$.

Das Anziehen des Höhenruders bei Beginn des Loopings erfolgt nicht gleichmäßig, sondern ist von der Geschwindigkeit des Flugzeugs abhängig. Zuerst wird das Höhenruder nur wenig gezogen, das Flugzeug begibt sich infolge der hohen Geschwindigkeit sofort nach oben auf

die gewünschte Kreisbahn. So wie die Geschwindigkeit des Flugzeugs abnimmt, muß das Höhenruder mehr und schneller gezogen werden. Das größte Stück des Höhenruderausschlags erfolgt durch den Piloten kurz vor Erreichen des Gipfelpunktes. Da der Steuerdruck im Höhenruder infolge der fortwährenden Verminderung der Geschwindigkeit stetig abnimmt, ist das Tempo für ein Anziehen des Höhenruders verhältnismäßig leicht zu erfühlen. Bei einem normal geflogenen Looping wird das Höhenruder niemals bis zum Anschlag durchgezogen. Nach Überschreiten des Gipfelpunktes muß das Höhenruder leicht nachgelassen werden, und beim letzten Teil des Loopings führen wir ein normales Auffangen aus dem Sturzflug aus. Dabei ist darauf zu achten, daß keine höhere Beschleunigung als zu Beginn des Loopings auftritt und die Geschwindigkeit ebenfalls nicht größer wird als bei Beginn der Figur. Den jetzt wieder vorhandenen Fahrtüberschuß verwandelt man durch einen leicht ansteigenden Flug in einen Höhengewinn, wenn nicht sofort zu weiteren Figuren übergegangen werden soll.

Zur Orientierung während des Loopings ist zu beachten, daß unmittelbar, nachdem das Flugzeug zu steigen begonnen hat und wir nur den Himmel sehen, der Kopf in den Nacken genommen wird. Wir erblicken dadurch bereits den Horizont wieder, wenn die Rumpfspitze noch in den Himmel ragt, und können die Querlage, falls nötig, schon korrigieren, wenn sich die Flugzeugschnauze noch weit über dem Horizont befindet. Beim Übergang zum Sturzflug überwachen wir die Querlage unseres Flugzeugs, indem wir die Fluglage mit Linien auf der Erde, die parallel zu unserer Flugrichtung verlaufen, wie Eisenbahnlinien, Waldkanten, Startbahnen auf dem Flugplatz usw. vergleichen.

Beim Fliegen eines Loopings können folgende Fehler auftreten:

a) falsche Geschwindigkeit bei Beginn der Figur

Eine zu große Geschwindigkeit ist das kleinere Übel und kann höchstens dazu führen, daß aus dem Looping ein stehendes Oval wird. Eine zu geringe Geschwindigkeit dagegen bewirkt ein Abkippen des Flugzeugs aus

der Rückenlage. Der Looping bekommt dann einen Knick nach unten. Das Flugzeug kann auch bereits aus der senkrechten Lage nach hinten abrutschen. Dabei entsteht eine dem „Männchen“ ähnliche Flugfigur. Wie sich der Pilot in einer solchen Lage richtig verhält, soll noch in Abschnitt 7. „Verhalten bei gefährlichen Fluglagen“ beschrieben werden. Muß der Pilot zu stark ziehen, um mit der zu geringen Fahrt überhaupt den Gipfelpunkt des Loopings, die Rückenlage, zu erreichen, so kommt das Flugzeug dadurch in den Bereich des kritischen Anstellwinkels und kann infolge des dynamischen Überziehens zum Selbstrollen mit anschließendem Trudeln übergehen. In jedem Fall wird die Kunstflugfigur verzerrt.

b) falsches Anziehen des Höhenruders

Wird das Höhenruder zu langsam gezogen, dann „schießt“ das Flugzeug in den Himmel hinein und wird schließlich wegen Fahrtverlust genauso abkippen, als wäre der Looping mit zu geringer Fahrt begonnen worden. Bei zu schnellem Durchziehen des Höhenruders erfolgt ein Überziehen des Flugzeugs mit hoher Geschwindigkeit, wobei es sich von selbst um seine Längsachse drehen oder schnellen Fahrtverlust mit den bereits beschriebenen Folgen erleiden kann. Wird das Flugzeug bei der zweiten Hälfte des Loopings zu wenig oder zu spät aus der Sturzfluglage abgefangen, so tritt übermäßige Fahrtaufnahme mit großem Höhenverlust ein. Dagegen würde das Flugzeug dem dynamischen Überziehen unterliegen, wenn man beim Auffangen zu stark zieht. Außerdem treten dabei große positive Beschleunigungen auf.

5.3 Turn

Der Turn ist eine Kunstflugfigur, die aus einer im Winkel von 70° bis 90° ansteigenden geraden Flugbahn, einer Drehung des Flugzeugs um seine Hochachse um 180° und einer um 70° bis 90° abfallenden Flugbahn besteht. Ansteigende Flugbahn, Drehung des Flugzeugs und abfallende Flugbahn müssen in einer Ebene liegen. Ansteigende und abfallende Flugbahn sollen gleich lang sein. Der Turn gehört zu den Kunstflugfiguren, die verhältnis-

mäßig schwer zu fliegen sind. Ein einwandfreier Turn erfordert viel fliegerisches Können und genaue Kenntnis der Flugeigenschaften des Flugzeugs. Die beim Fliegen eines Turns auftretenden Beschleunigungen sind geringer als beim normalen Looping. Bei einwandfreier Ausführung eines Turns beträgt der Wert der Beschleunigung etwa $+2\text{ g}$. Aus diesem Grunde ist der Turn eine sehr angenehme und beliebte Kunstflugfigur.

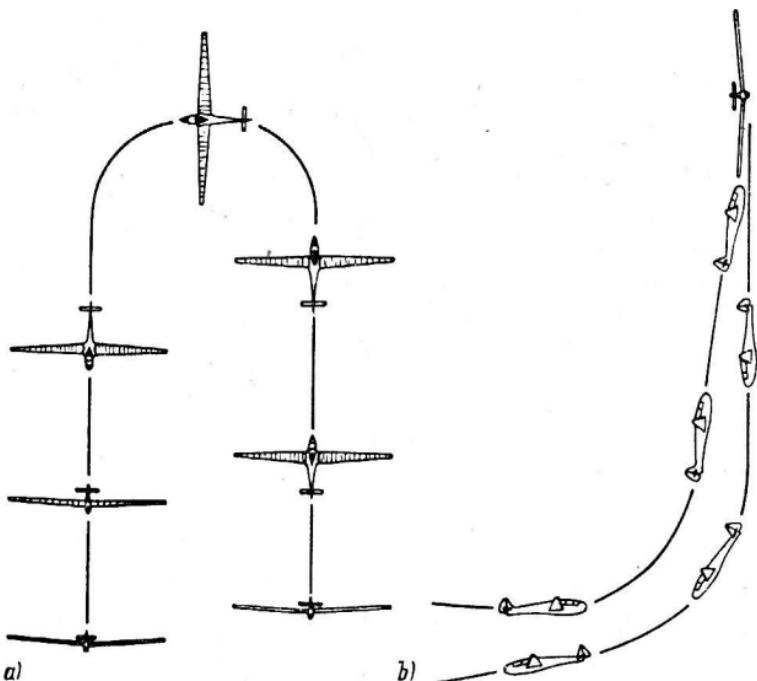


Bild 14. Der Turn. a) Vorderansicht; b) Seitenansicht

5.31 Das Fliegen des Turns

Beim Fliegen des Turns benötigen wir neben markanten Punkten in Richtung der Flugzeulgängsachse noch Orientierungslinien, wie Waldkanten, Eisenbahnlinien usw., die parallel zur Flugrichtung verlaufen.

Nachdem wir unser Flugzeug entsprechend ausgerichtet haben, drücken wir es an, um die notwendige Geschwindigkeitszunahme zu erhalten.

Die erforderliche Anfangsgeschwindigkeit ist abhängig von der Länge der ansteigenden Flugbahn. Damit unser Turn eine ansehnliche Figur wird, beginnen wir mit einer Anfangsgeschwindigkeit, die das Zwei- bis Zweieinhalfache der Normalgeschwindigkeit beträgt. 10 km/h vor Erreichen der benötigten Geschwindigkeit ziehen wir das Flugzeug genau wie beim Looping mit weichem Höhenruderausschlag auf die ansteigende Flugbahn. Wir blicken dabei nach links oder rechts „in“ die Tragfläche. Durch Vergleichen der Lage der Profilsehne mit dem Horizont können wir gut abschätzen, wann der Winkel der ansteigenden Flugbahn 70° bis 90° beträgt. Um das Flugzeug geradlinig auf der ansteigenden Bahn zu halten, muß das angezogene Höhenruder wieder in die Normalstellung gebracht werden.

Hat das Flugzeug auf der ansteigenden Bahn etwa die Normalgeschwindigkeit erreicht, dann leiten wir mit einem zügigen, nicht zu schnellen vollen Seitenruderausschlag und geringem Querruderausschlag nach der gleichen Seite die Drehung des Flugzeugs um seine Hochachse ein. Diese Wendung um 180° muß einen möglichst kleinen Radius haben, das Flugzeug soll „auf der Stelle“ drehen. Nachdem die Drehung begonnen hat, wird das Querruder zuerst wenig, nach Überschreiten des Gipelpunktes stark entgegen der Drehbewegung des Flugzeugs ausgeschlagen.

Dafür gibt es zwei Begründungen:

a) Durch die Drehung des Flugzeugs um seine Hochachse bekommt die äußere Tragfläche eine größere Winkelgeschwindigkeit als die innere. Dadurch erhöht sich der Auftrieb an der äußeren Tragfläche, und das Flugzeug würde durch eine Drehung um seine Längsachse eine „Schräglage“ bekommen und im Turn eine leichte Rückenlage einnehmen.

b) Das entgegengesetzt ausgeschlagene Querruder unterstützt die Drehung des Flugzeugs durch das negative Wendemoment.

Das Seitenruder bleibt bis zum Erreichen der abfallenden Flugbahn voll ausgeschlagen, ist dann aber schnell wieder in die Normalstellung zurückzunehmen. Unser Flugzeug muß sich jetzt in fast senkrechtem Sturzflug

befinden. Im Sturzflug können notwendige Korrekturen der Flugrichtung erfolgen. Das Flugzeug muß genau quer zu der unter ihm verlaufenden Orientierungslinie stürzen. 20 bis 30 km/h vor Erreichen der Anfangsgeschwindigkeit wird das Flugzeug vorsichtig aus dem Sturzflug abgefangen.

Am schwierigsten beim Fliegen eines Turns ist das Erfühlen des richtigen Augenblicks zum Einleiten der Wendung um 180° mit dem Seitenruder. Eine weitere Schwierigkeit besteht im Steuern der Querlage während der Wendung um 180°.

Beim Fliegen eines Turns treten am häufigsten folgende Fehler auf:

- a) Sehr oft wird der Turn zu flach geflogen. Er ist deshalb nicht leichter zu steuern, sieht auch nicht so gut aus wie ein normal steiler Turn.
- b) Nach dem Hochziehen des Flugzeugs auf die ansteigende Flugbahn wird das Höhenruder nicht genau bis in die Normalstellung gebracht. Das Flugzeug bewegt sich dadurch nicht geradlinig auf der ansteigenden Flugbahn, sondern auf einer gekrümmten Bahn nach oben.
- c) Der Seitenruderausschlag zum Einleiten der Wendung um 180° erfolgt entweder zu früh oder zu spät. Wird das Seitenruder zu früh, bei zu hoher Geschwindigkeit, ausgetreten, erhält die Wendung einen zu großen Radius. Meist kann jedoch das Flugzeug dem ausgetretenen Seitenruder überhaupt nicht folgen. Es dreht sich um etwa 30° und schiebt in dieser Lage weiter auf der ansteigenden Flugbahn nach oben. Dabei wird der Rumpf hauptsächlich von der Seite angeblasen und lässt eine weitere Drehung des Flugzeugs um seine Hochachse nicht zu. Da fast kein Anströmen des Seitenruders von vorn erfolgt, kann auch kein Drehmoment um die Hochachse herbeigeführt werden. Unser Flugzeug kippt aus dieser Lage nach völligem Fahrtverlust über die geneigte Tragfläche ab. Erfolgt der Seitenruderausschlag zu spät bzw. bei zu geringer Geschwindigkeit, so ist die Wirkung des Seitenruders bereits zu schwach, um die Wendung des Flugzeugs vor dem Abkippen noch durchzuführen, oder es reicht nur zu einer kleinen Kursänderung. Die Flugfigur endet mit einem ungesteuerten Abkippen.

d) Die abfallende Flugbahn wird oft durch zu frühes Abfangen aus dem Sturzflug verkürzt. Die Figur verliert dadurch ihr Gleichmaß. Dabei kann es auch zum Überziehen des Flugzeugs mit der bereits bekannten Erscheinung des Selbststrollens kommen.

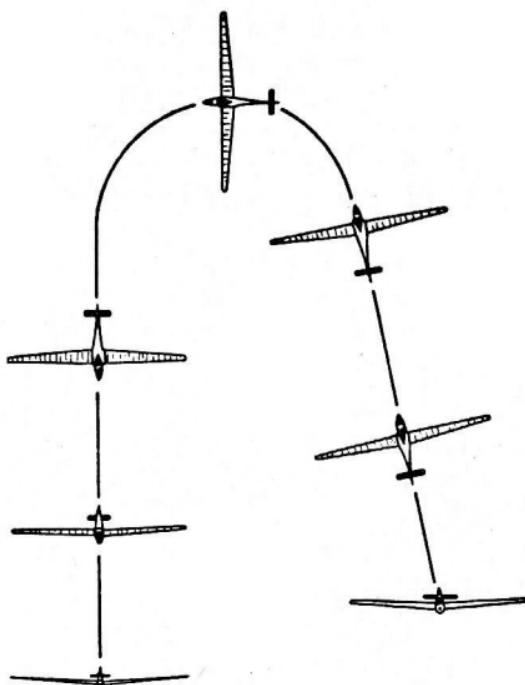


Bild 15. Bei nicht genau in Mittelstellung stehendem Seitenruder erfolgt der Flug auf der ansteigenden Flugbahn „schräg“

e) Das Hochziehen des Flugzeugs und der folgende Flug auf der ansteigenden Flugbahn erfolgt, wenn wir das Flugzeug von hinten betrachten, nicht senkrecht, sondern durch unbeabsichtigt leicht ausgetretenes Seitenruder etwas schräg. Meist erfolgt das „schiefe“ Steigen in der Richtung, in der der Turn geflogen werden soll.

6. Figuren des höheren Kunstflugs

6.1 Gesteuerte Rolle

Die gesteuerte Rolle ist eine Kunstflugfigur, bei der das Flugzeug eine langsame Drehung von 360° um seine Längsachse ausführt.

Die bei dieser Kunstflugfigur auftretenden Beschleunigungen sind verhältnismäßig gering, so daß auch das Flugzeug nur geringen Beanspruchungen unterworfen ist. Allerdings muß die gesteuerte Rolle einwandfrei sein. Der Pilot, der eine einwandfreie gesteuerte Rolle fliegen kann, beherrscht die Steuerung des Flugzeugs.

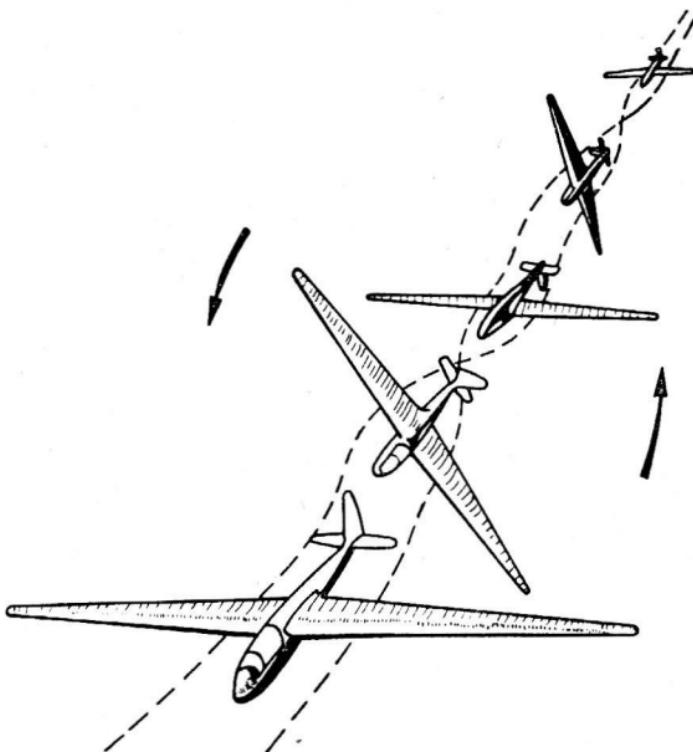


Bild 16. Die gesteuerte Rolle

6.11 Das Fliegen der gesteuerten Rolle

Die Schwierigkeit beim Fliegen der gesteuerten Rolle besteht darin, daß bei zwei Phasen alle drei Ruder

gleichzeitig und sehr präzise bedient werden müssen. Ausschlaggebend für das Beherrschen der gesteuerten Rolle ist die Fähigkeit des Piloten, sich in jeder Lage des Flugzeugs über die Ruderwirkungen im klaren zu sein.

Er muß wissen, daß z. B. das Drücken des Höhenruders immer ein Neigen des Flugzeugs „vom Piloten weg“, das Ziehen des Höhenruders dagegen ein Heben des Rumpfes „zum Piloten hin“ verursacht. Wird das Seitenruder links ausgetreten, dreht das Flugzeug in dieser Richtung also nach links um seine Hochachse, bei einem rechten Seitenruderausschlag entsprechend nach der rechten Seite. Wird das Querruder ausgeschlagen, dann führt das Flugzeug stets eine Drehung um seine Längsachse aus, und zwar in Richtung des seitlich bewegten Steuerknüppels.

In welcher Lage sich dabei das Flugzeug zur Erde befindet, ist gleich. Ob auf dem Rücken, auf der Seite, im Sturz, immer wirken die Ruder in der beschriebenen Weise. Der einzige Bezugspunkt im Hinblick auf die Ruderwirkungen ist unser Flugzeug.

Damit wir aber immer wissen, wie unser Flugzeug im Raum liegt und welche Bewegungen es gerade ausführt, brauchen wir eine Vergleichsmöglichkeit, einen Anhaltspunkt. Das ist der Horizont und am Horizont unser Richtungspunkt. Wir wählen bei der gesteuerten Rolle einen Richtungspunkt, der möglichst weit entfernt am Horizont oder besser etwas über dem Horizont liegt. Die Rumpfspitze unseres Flugzeugs soll bei der Drehung um seine Längsachse einen möglichst kleinen Kreis um diesen Richtungspunkt beschreiben.

Zur Ausführung der Drehung um die Längsachse benutzen wir das Querruder. Höhen- und Seitenruder haben nur die eine Aufgabe, die Flugzeugschnauze ständig in Richtung unseres Anhaltspunktes am Horizont zu halten. Wie schon gesagt, darf sich der Pilot dabei nicht von der Lage des Flugzeugs beeinflussen lassen.

Zum Fliegen der gesteuerten Rolle wird eine Anfangsgeschwindigkeit benötigt, die ungefähr das Zweifache der Normalgeschwindigkeit beträgt. Nachdem genauer

Kurs auf den Richtungspunkt genommen ist, drücken wir unser Flugzeug an, bis wir die erforderliche Geschwindigkeit erreicht haben. Dann wird das Höhenruder leicht angezogen und das Flugzeug auf eine etwa 20° ansteigende Flugbahn gebracht. Das Ausschlagen des Querruders leitet die Drehung des Flugzeugs um seine Längsachse ein. Der Querruderausschlag muß bis zur Vollendung der Rolle beibehalten werden. Bei Beginn der Drehung wird das Höhenruder langsam in die Normalstellung gebracht. Bei Erreichen der „Messerfluglage“ muß sich das Höhenruder genau in Normalstellung befinden, da sonst seitliche Abweichungen von der Flugrichtung eintreten. Bei der weiteren Drehung des Flugzeugs wird das Höhenruder millimeterweise so gedrückt, daß die Flugzeugschnauze die vor Beginn der Rolle eingenommene Lage über dem Horizont beibehält und in der vorgesehenen Richtung bleibt. Ein Seitenruderausschlag bei der ersten Hälfte der Rolle ist bei den meisten Flugzeugtypen nur dann erforderlich, wenn die Rumpfschnauze in der Messerfluglage Neigung zeigt, nach unten zu gehen. Das wird der Fall sein, wenn bei Beginn der Rolle die Flugzeugschnauze nicht hoch genug über den Horizont gebracht wurde, oder wenn die Rolle betont langsam gedreht werden soll.

Die zweite Hälfte der Rolle ist schwerer zu fliegen als die erste. Kurz vor Erreichen der Messerfluglage der zweiten Hälfte der Rolle muß das Seitenruder nunmehr bei allen Flugzeugen mehr oder weniger stark ausgetreten werden, bei der Rolle links — Seitenruder links, bei der Rolle rechts — Seitenruder rechts. Es wird immer der „obere“ Fuß ausgetreten. Bei der zweiten Messerfluglage muß sich das Höhenruder wiederum genau in der Normalstellung befinden.

Wie wir aus dieser Beschreibung ersehen, kommen bei der gesteuerten Rolle eine ganze Reihe von Ruderausschlägen vor. Vor dem Üben dieser Kunstflugfigur muß der Pilot mit jeder einzelnen Phase der Figur vertraut sein. Er sollte die Rolle also erst in Gedanken ausführen. Beim Fliegen selbst muß anfangs scharf mitgedacht, also nicht gefühlsmäßig geflogen werden.

Noch ein wichtiger Hinweis: Je höher wir die Flugzeugschnauze über den Horizont nehmen, desto ein-

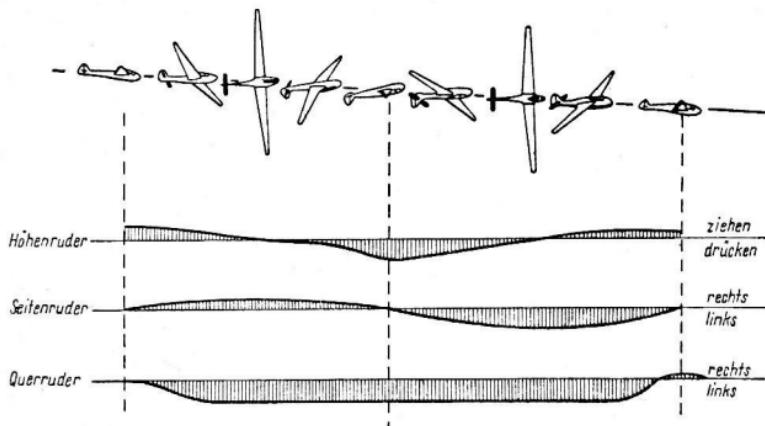


Bild 17. Das Diagramm der Ruderausschläge bei einer gesteuerten Rolle links

facher läßt sich die gesamte Rolle fliegen. Dem Winkel der ansteigenden Flugbahn sind natürlich dadurch Grenzen gesetzt, daß die Geschwindigkeit unseres Flugzeugs nach beendeter Rolle immer noch über der Normalgeschwindigkeit liegen soll.

Beim Erlernen der Rolle treten am häufigsten folgende Fehler auf:

- Bei der ersten Hälfte der Rolle wird das Höhenruder zu früh, also bereits in der Messerfluglage, und zuviel gedrückt. Das Flugzeug kommt dadurch entgegengesetzt zur Drehrichtung der Rolle vom Richtungspunkt ab.
- Die Flugzeugschnauze geht kurz vor Erreichen der Rückenfluglage unter den Horizont. Es wurde nach Überschreiten der Messerfluglage zuwenig gedrückt. Die Ursache des „Untertauchens“ könnte auch darin begründet liegen, daß bei Beginn der Rolle die Flugzeugschnauze nicht weit genug über den Horizont gebracht wurde. Das Flugzeug wird stark Fahrt aufnehmen. Auf keinen Fall darf jetzt nach unten weggezogen werden, weil dabei Geschwindigkeiten auftreten, die sich für das Flugzeug gefährlich auswirken können. Vielmehr wird die Rumpfspitze durch weiches Drücken wieder über den Horizont gebracht. Auf alle Fälle ist der Querruderausschlag beizubehalten, damit das Flugzeug durch Drehung um die Längsachse in Normallage kommt.

- c) Die Rumpfspitze wird im Rückenflug zu hoch über den Horizont gedrückt. Dadurch beschreibt die Flugzeugschnauze einen zu großen Kreis um den Richtungspunkt. Die Rumpflängsachse zeigt während der Rolle in verschiedene, zu stark vom Richtungspunkt abweichende Richtungen (Trichter).
- d) Im vierten Viertel der Rolle treten Abweichungen aus der Flugrichtung auf, und zwar meist nach der der Drehrichtung entgegengesetzten Seite. Diese Richtungsabweichungen können verschiedene Ursachen haben: Entweder das Höhenruder wird zu zeitig angezogen, in diesem Falle würde der Richtungsfehler schon beim zweiten Messerflug bzw. kurz danach beginnen; oder die Flugzeugschnauze befindet sich bereits im Rückenflug zuwenig oder gar nicht über dem Horizont. Auch das voll ausgetretene Seitenruder kann dann ein weiteres Abfallen der Rumpfspitze nicht mehr verhindern. Eine andere Ursache kann auch sein, daß der Seitenruderausschlag mit dem „oberen“ Fuß beim zweiten Messerflug zu gering gewesen ist.
- e) Abweichungen im vierten Viertel der Rolle nach der Seite der Drehrichtung treten auf, wenn das Höhenruder im Rückenflug zu stark gedrückt wurde und die gedrückte Stellung des Höhenruders zu lange beibehalten wird, oder wenn der Seitenruderausschlag mit dem „oberen“ Fuß zu groß und zu lange gegeben wurde.

6.2 Abschwung

Der Abschwung ist eine Kunstflugfigur, die aus der Verbindung einer halben Rolle mit der zweiten Hälfte eines Loopings entsteht. Durch den Abschwung ändert sich die Flugrichtung um 180°. Der Abschwung kann mit einer halben gesteuerten Rolle oder mit einer halben gerissenen Rolle geflogen werden. Wir unterscheiden aus diesem Grunde den gesteuerten Abschwung und den gerissenen Abschwung.

Da beim Kunstflug mit Segelflugzeugen der gerissene Abschwung im Rahmen der Ausbildung nicht geflogen wird, soll hier nur der gesteuerte Abschwung beschrieben werden.

6.21 Das Fliegen des gesteuerten Abschwungs

Die Anfangsgeschwindigkeit, die wir zum Abschwung benötigen, liegt bei etwa 1,5facher Normalgeschwindigkeit. Wir beginnen daher mit bedeutend geringerer Geschwindigkeit als bei der gesteuerten Rolle, denn wir

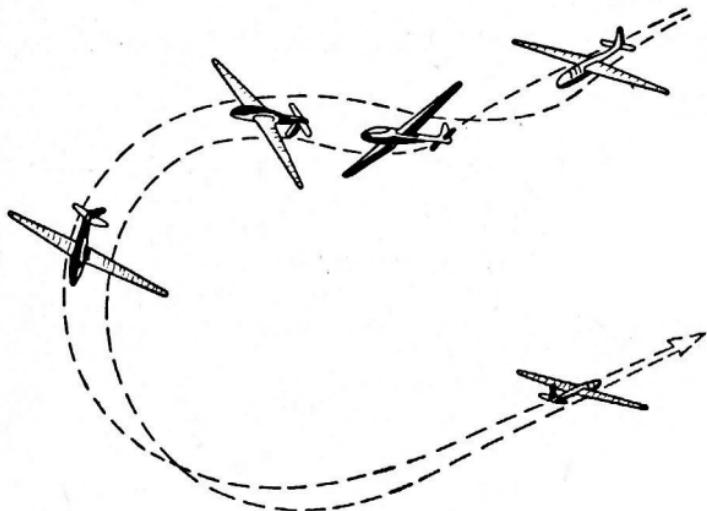


Bild 18. Der gesteuerte Abschwung

sind bestrebt, den Halblooping mit möglichst geringer Fahrt zu beginnen, um Höhe zu sparen und die Beschleunigung beim Abfangen des Flugzeugs aus dem Halblooping in erträglichen Grenzen zu halten. Die halbe gesteuerte Rolle wird aus diesem Grunde auch etwas im Steigflug geflogen.

Wir erreichen den Steigflug, indem wir nach dem Fahrt aufholen die Flugzeugschnauze höher als sonst über den Horizont heben, ehe wir mit der Drehung um die Längsachse beginnen. Wenn nach Ausführung der halben Rolle die Geschwindigkeit noch zu hoch ist, setzen wir den leichten Steigflug in Rückenlage fort, indem wir auch im Rückenflug die Flugzeugschnauze höher als sonst über dem Horizont bzw. über dem Richtungspunkt halten. Wenn das Flugzeug im Rückenflug ungefähr das 1,2fache der Normalgeschwindigkeit erreicht

hat, können wir durch „Nachlassen“ des gedrückten Höhenruders den Halblooping beginnen.

Beim Fliegen der halben Rolle zum Abschwung können natürlich die gleichen Fehler wie bei der ersten Hälfte der gesteuerten Rolle auftreten. Neu ist hier nur das „Anhalten“ der Drehung des Flugzeugs in der Rückenlage durch Zurücknehmen des Querruders in die Normalstellung und der kurze Rückenflug. Ausführlich wird darüber in Abschnitt 6.4 „Rückenflug“ geschrieben.

6.3 Aufschwung

Der Aufschwung ist eine Kunstflugfigur, die aus der Verbindung der ersten Hälfte eines Loopings und einer halben gesteuerten Rolle entsteht. Wir erreichen auch bei dieser Figur eine Änderung der Flugrichtung um 180°. Die Beschleunigungen sind hier stärker als beim Looping, weil wir eine bedeutend höhere Anfangsgeschwindigkeit benötigen, damit bei Erreichen der Rückenfluglage noch genug Fahrt für eine halbe gesteuerte Rolle vorhanden ist. Der normale Wert der auftretenden Be-

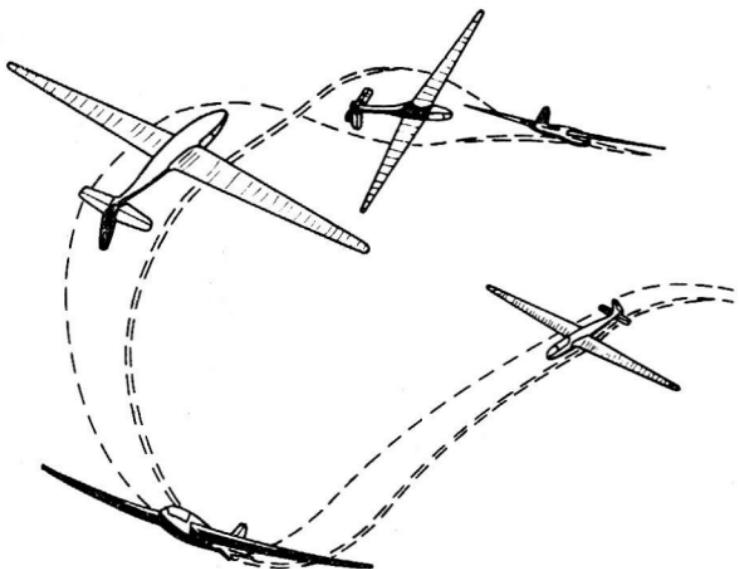


Bild 19. Der Aufschwung

schleunigungen beträgt $+3,5$ bis $+4,5$ g. Bei der halben Rolle aus der Rückenlage in die Normallage treten geringe negative Beschleunigungen auf.

6.31 Das Fliegen des Aufschwungs

Zum Fliegen des Aufschwungs wird eine verhältnismäßig hohe Anfangsgeschwindigkeit benötigt, die bei dem 2,5fachen Wert der Normalgeschwindigkeit liegen muß. Nachdem wir durch Andrücken die Anfangsgeschwindigkeit erreicht haben, ziehen wir das Flugzeug in den halben Looping. Beim Anziehen des Steuerknüppels ist so zu verfahren, wie es bereits beim Looping beschrieben wurde. Sobald sich das Flugzeug auf der gekrümmten Flugbahn des Loopings befindet, ist der Kopf in den Nacken zu nehmen, damit der Horizont in der Rückenlage so zeitig wie möglich gesehen wird. Wenn sich die Rumpfspitze unseres Flugzeugs nur noch wenig über dem Horizont befindet — ungefähr wie bei der Rückenlage der gesteuerten Rolle —, verlassen wir die gekrümmte Flugbahn des Loopings durch entsprechendes Drücken des Höhenruders und gehen in einen kurzen Rückenflug über. Die Rumpfspitze muß unbedingt über dem Horizont bleiben. Gleichzeitig mit dem Drücken des Höhenruders leiten wir durch einen Querruderausschlag auch die halbe Rolle ein. Schwierig ist bei dieser Figur, aus dem halben Looping heraus sofort den Richtungspunkt ins Auge zu fassen und die halbe Rolle nach diesem Richtungspunkt zu fliegen.

Sehr häufig wird beim Aufschwung der Fehler gemacht, daß der Pilot von Anfang an zu stark zieht. Das Flugzeug fliegt dadurch im Bereich eines unnötig großen Anstellwinkels und verliert rasch an Geschwindigkeit. Ein zu starkes Ziehen kann auch zum dynamischen Überziehen mit den bekannten Folgen führen (Selbstrollen des Flugzeugs, Abkippen). Außerdem treten bei einem zu starken Ziehen infolge der hohen Anfangsgeschwindigkeit so starke Beschleunigungen auf, daß der Pilot infolge Blutmangels im Gehirn zeitweilig das Sehvermögen einbüßt.

Anfänger haben beim Einleiten der halben Rolle oft Schwierigkeiten beim Einschätzen der richtigen Lage des Flugzeugs zum Horizont. Ein zu frühes Einleiten der

Halbrolle (Flugzeugschnauze befindet sich noch zu hoch über dem Horizont) führt zu raschem Geschwindigkeitsverlust und Abkippen oder Trudeln. Wenn dabei noch zuviel gedrückt und das Seitenruder ausgeschlagen wird, kann das Flugzeug auch ins Rückentrudeln kommen.

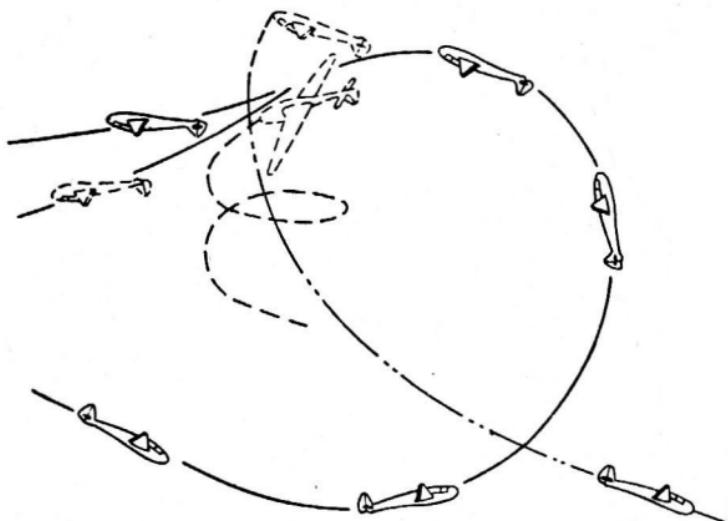


Bild 20. Fehler beim Aufschwung. Zu frühes Einleiten der halben Rolle: Abkippen evtl. Rückentrudeln. Zu spätes Einleiten der halben Rolle: große Fahrtaufnahme, Schwierigkeiten beim Richtunghalten während des Umdrehens

Wird die halbe Rolle erst dann eingeleitet, wenn die Flugzeugschnauze sich schon unter dem Horizont befindet, dann bekommt das Flugzeug unnötig viel Fahrt, verliert Höhe, und das Einhalten der Flugrichtung beim Umdrehen wird schwierig.

Bemerkt der Pilot, daß in der Rückenlage die Geschwindigkeit zu gering ist, so hat es keinen Zweck mehr, die halbe Rolle einzuleiten. Die Figur würde mißlingen. Er muß im Rückenflug bleiben, Fahrt aufholen und erst dann die Rolle fliegen. Bei diesem Fahrtaufholen befindet sich die Flugzeugschnauze fast am Horizont; zu Beginn der halben Rolle muß das Flugzeug wieder entsprechend hoch über den Horizont gedrückt werden.

6.4 Rückenflug

Der Rückenflug ist keine Kunstflugfigur, sondern ein Flugzustand, in dem wir uns während des Kunstflugs sehr oft befinden.

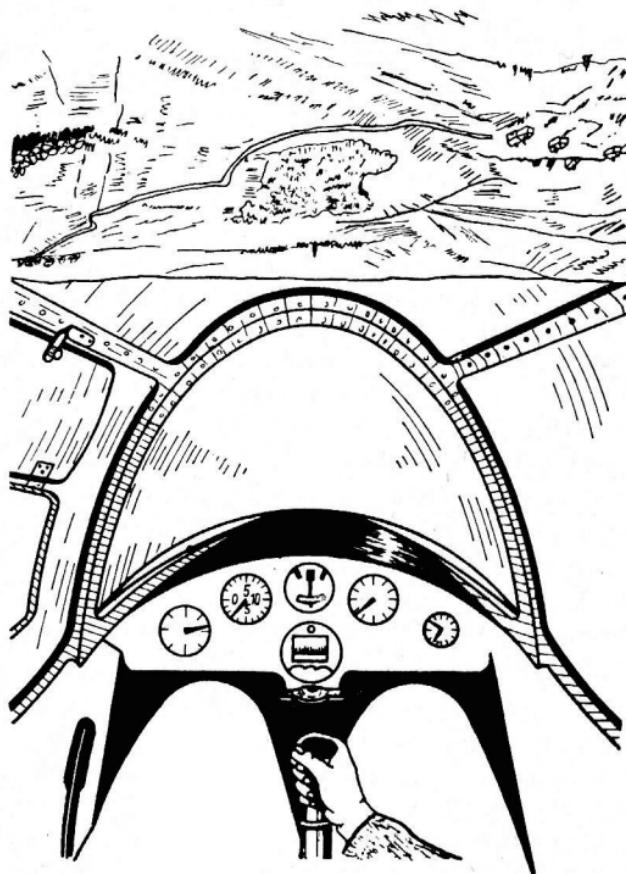


Bild 21. Der Rückenflug

Im Rückenflug fliegt das Flugzeug umgekehrt (mit dem Fahrwerk nach oben) und mit negativem Anstellwinkel. Profilform und Anstellwinkel geben dem Flugzeug im Rückenflug eine andere Fluglage als im Normalflug. Durch das meist unsymmetrische Profil der Tragflächen muß die gewölbte Oberseite im Rückenflug eine be-

stimmte Anstellung bekommen. Aus diesem Grund und durch den positiven Einstellwinkel der Tragfläche zum Rumpf erhält die Flugzeuglängsachse im Rückenflug eine schräg nach oben gerichtete Lage. Der Rückenflug sieht für den Zuschauer „überzogen“ aus.

6.41 Die Durchführung des Rückenflugs

Bei der Durchführung von Rückenflügen aller Art ist zu beachten, daß unsere Flugzeuge in der Regel durch negative Beschleunigungen nur halb so belastet werden dürfen wie durch positive Beschleunigungen. (In Abschnitt 3. „Kunstflug und Segelflugzeug“ wurde bereits darauf hingewiesen.) In der Rückenlage sind deshalb alle Ruderausschläge, die negative Beschleunigungen hervorrufen, besonders weich zu geben. Wir haben zwei Möglichkeiten, das Flugzeug aus dem Normalflug in den Rückenflug zu bringen: einmal durch Drehen des Flugzeugs um seine Längsachse — durch eine halbe Rolle, zum anderen durch Drehen des Flugzeugs um seine Querachse — durch einen halben Looping.

Am einfachsten ist das Ansetzen zum Rückenflug durch die halbe gesteuerte Rolle, und zwar aus folgenden Gründen:

- a) Das Flugzeug behält seine Flugrichtung bei. Der Pilot kann sich bereits im Normalflug auf seinen Richtungspunkt und auf den Horizont konzentrieren.
- b) Das Flugzeug wird vom Piloten mit erhöhter Fahrt, also sehr gut steuerfähig, in die ungewohnte Lage gebracht.

Beim Ansetzen zum Rückenflug durch einen halben Looping treten für den Kunstflugschüler jedoch einige Schwierigkeiten auf. Nicht ganz einfach ist das Einhalten der erforderlichen Geschwindigkeit in der Rückenlage und das Abschätzen der richtigen Horizontallage beim Übergang zum Rückenflug. Wird der Übergang vom Halblooping zum Rückenflug zu zeitig vorgenommen, d. h., wenn sich die Flugzeugschnauze noch zu hoch über dem Horizont befindet, dann verliert das Flugzeug sofort viel Fahrt und sackt durch. Oder es wird nach einer Seite abkippen, und der Pilot findet sich ohne sein Zutun in der Normallage wieder. Überdrückt er

das Flugzeug dabei so, daß die Strömung abreißt, dann kann es ins Rückentrudeln kommen.

Läßt der Pilot dagegen die Flugzeugschnauze zu weit unter den Horizont kommen, so nimmt das Flugzeug sehr schnell hohe Geschwindigkeit auf. Der Pilot — wenn er im Rückenflug bleiben will — ist gezwungen, das Flugzeug wieder über den Horizont zu drücken (dabei treten aber ziemlich starke negative Beschleunigungen auf), oder er fliegt den Looping zu Ende. Infolge der dabei schnell anwachsenden Geschwindigkeit werden jetzt auch starke positive Beschleunigungen auftreten. Es empfiehlt sich also, bei den ersten Rückenflugübungen den Übergang zum Rückenflug durch die halbe gesteuerte Rolle vorzunehmen.

Ein junger Pilot, der seinen ersten Rückenflug durchführt, wird von der ungewohnten Situation stets erheblich beeindruckt sein. Er sieht die Erde oben, den Himmel unten, er hängt nur in den Gurten. Die Ruder haben eine andere Empfindlichkeit, als man es vom Normalflug her gewöhnt ist. Mancher junger Flieger kommt dadurch vollständig durcheinander.

Aus diesem Grunde ist es zu empfehlen, eine Einweisung am Doppelsteuer vorzunehmen.

Es ist wichtig, zu wissen und zu beachten, daß sich beim Rückenflug die Funktion der Ruder nicht verändert. Die scheinbaren Unterschiede werden nur durch die umgekehrte Lage des Flugzeugs hervorgerufen. Ein Drücken des Steuerknüppels erzeugt also weiterhin eine „Neigung des Segelflugzeugs vom Piloten weg“, ein Ziehen des Steuerknüppels eine „Bewegung des Flugzeugs zum Piloten hin“. Bewegungen von Quer- und Seitenruder wirken ebenfalls unverändert.

Beim Erlernen des Rückenflugs versuchen wir, bei den ersten Flügen nur gleichmäßige, normale Fahrt zu halten. Dabei soll auch auf Richtung und normale Querlage geachtet werden.

Die Normalgeschwindigkeit liegt im Rückenflug um etwa 20 bis 30 Prozent höher als im Normalflug. Dies ist durch die ungünstigeren aerodynamischen Verhältnisse bedingt. Daraus erklärt sich auch, daß im Rückenflug die Strömung eher abreißt als im Normalflug. Die Stel-

lung des Steuerknüppels beim Rückenflug mit normaler Fahrt ist ziemlich gedrückt. Erst wenn wir Rückenflüge mit gleichbleibender Geschwindigkeit beherrschen, können wir dazu übergehen, bewußte Geschwindigkeitsänderungen herbeizuführen, indem wir mit Hilfe des Höhenruders die Horizontallage des Rumpfbugs verändern. Dabei sollte man sich hüten, den Rumpfbug zu weit unter den Horizont gehen zu lassen, denn dadurch tritt schnell eine Geschwindigkeitserhöhung ein, und das folgende „Hochdrücken“ der Flugzeugschnauze über den Horizont bringt unangenehme negative Beschleunigungen mit sich.

Beim Erlernen der Quersteuerung werden anfangs manchmal falsche Ruderausschläge gegeben. Die erforderliche Sicherheit erlangen wir am schnellsten, wenn wir bewußt Schräglagen herbeiführen und diese dann wieder ausgleichen.

Das Flugzeug ist im Rückenflug in der Querlage ein wenig instabil. Dies ist eine Folge der jetzt nicht mehr wirksamen V-Form des Tragwerks.

Zum Bedienen des Seitenruders merken wir uns besonders, daß das Flugzeug auch im Rückenflug in Richtung des „ausgetretenen Beines“ fliegt.

6.411 Der Rücken-Kurvenflug

Wenn wir mit der Wirkung aller drei Ruder im Rückenflug geradeaus vertraut sind, können wir dazu übergehen, Kurven zu fliegen. Dabei wird es Schwierigkeiten bei der Quersteuerung geben. Wir stellen daher einige Überlegungen dazu an.

Im Rückenflug ist die Tragflügel-Unterseite zur Oberseite geworden. Es soll eine Kurve eingeleitet werden. Wir geben Seitenruder nach der Seite, nach der gekurvt werden soll. Um auch die entsprechende Schräglage zu erhalten, wird das kurveninnere Querruder nach oben, das äußere nach unten ausgeschlagen. Das erreichen wir, indem wir mit dem Steuerknüppel Querruder entgegen dem Seitenruderausschlag geben.

Vor allen Dingen darf nicht „links“ und „rechts“ verwechselt werden. Wenn der Pilot, von seinem Sitz aus betrachtet, eine Linkskurve einleitet (d. h., er gibt Seiten-

ruder links — Querruder rechts), dann fliegt er dem Beobachter auf der Erde eine „Rückenflugkurve rechts“ vor.

Zum Fliegen einer Rückenflugkurve ist folgendes zu sagen: Die Kurve wird eingeleitet, indem wir Seitenruder ausschlagen und gleichzeitig entgegengesetzt einen leichten Querruderausschlag geben. Das Flugzeug wird sofort Schräglage einnehmen und den Kurvenflug beginnen. Unmittelbar nach dem Einleiten der Kurve muß das Querruder wieder in die Normalstellung zurückgenommen, der Seitenruderausschlag jedoch beibehalten werden. Unsere größte Aufmerksamkeit beim Kurvenflug gilt zunächst der gleichbleibenden Schräglage und der gleichbleibenden Geschwindigkeit. Der Kurvenflug endet sofort, wenn wir das Seitenruder in die Normalstellung zurücknehmen und gleichzeitig mit dem Querruder die Schräglage beenden.

Wir üben zunächst Kurven bis 30° Schräglage mit beliebiger Richtungsänderung. Dann fliegen wir Vollkreise. Nach einiger Übung können wir die einwandfreie Kurvenlage mit Hilfe des Wendeziegers und der Kugel verfolgen (der Wendezieger läßt sich bei Kunstflug-Segelflugzeugen umdrehen). Allmählich werden wir dann auch im Rückenflug das richtig aufeinander abgestimmte Zusammenwirken von Quer- und Seitenruder beherrschen. Ein besonderes Problem ist die Orientierung im Rückenflug. Dazu ist zu empfehlen, nicht einen Richtungspunkt am Horizont auszuwählen, sondern einen besonders markanten Punkt, der sich in etwa 3 km Entfernung vom Flugzeug befindet. Es gehört sehr viel Erfahrung dazu, ehe man sich bei Rückenflugkurven ständig über die jeweilige Flugrichtung im klaren ist. Am leichtesten gelingt die Orientierung, wenn wir Vollkreise fliegen. Ist der Rückenflug nach einem markanten Punkt begonnen, dann leiten wir die Kurve ein und lassen das Flugzeug so lange kurven, bis der markante Punkt wieder in unser Blickfeld kommt. Wenn man beim Rückenflug den Kopf etwas nach hinten nimmt, ist die Sicht nach der Erde ausgezeichnet.

Beim Übergang aus dem Rückenflug in die Normallage gibt es ebenfalls zwei verschiedene Möglichkeiten. Man kann entweder eine gesteuerte Halbrolle (zweite Hälfte

einer Rolle) ausführen, oder man fliegt einen halben Looping (zweite Hälfte eines Loopings). Die Ausführung beider Figuren wurde bereits beschrieben.

Vor dem Beenden des Rückenflugs durch den halben Looping nach unten ist darauf zu achten, daß unser Flugzeug im Rückenflug mit normaler Fahrt oder noch etwas langsamer fliegt. Andernfalls führt der Halblooping zu starker Fahrtaufnahme, unnötig großem Höhenverlust und beim Auffangen zu hohen positiven Beschleunigungen.

Beim Übergang zur Normalfluglage durch die halbe gesteuerte Rolle benötigen wir einen Fahrtüberschuß (etwa das 1,5fache der Normalgeschwindigkeit). Wir holen Fahrt auf, indem wir die Flugzeugschnauze etwas absinken lassen. Bevor wir jedoch die halbe gesteuerte Rolle einleiten, muß die Rumpfspitze unbedingt wieder über den Horizont „gedrückt“ werden. Wir müssen immer daran denken, je höher die Flugzeugschnauze über den Horizont genommen wird, desto leichter läßt sich die gesteuerte Rolle fliegen.

7. Verhalten in besonderen Fluglagen und bei Gefahrenmomenten innerhalb der Kunstflugschulung

7.1 Rückentrudeln

Als „besondere“ Fluglage beim Kunstflug kann man das Rückentrudeln bezeichnen.

Bei der falschen Ausführung verschiedener Kunstflugfiguren kann es passieren, daß wir mit dem Flugzeug ins Rückentrudeln kommen, z. B. beim Aufschwung. Das Rückentrudeln ist bei unseren Flugzeugen kein gefährlicher Zustand. So wie unser Flugzeug beim Überziehen und einem Seitenruderausschlag aus der Normalfluglage ins normale Trudeln übergeht, genauso geht das Flugzeug aus dem Rückenflug beim „Überdrücken“ und einem Seitenruderausschlag in das Rückentrudeln über. Nach beendeter Kunstflugausbildung sollte jeder Pilot

das Rückentrudeln versuchen, damit er sein Flugzeug auch bei diesem Flugzustand kennenlernen. Das Rückentrudeln darf nur mit Flugzeugen durchgeführt werden, die für höheren Kunstflug zugelassen sind. Dazu ist aber zu bemerken, daß nicht alle Kunstflug-Segelflugzeuge ohne weiteres ins Rückentrudeln zu bringen sind.

Wollen wir das Rückentrudeln absichtlich herbeiführen, so ist darauf zu achten, daß das Flugzeug nach dem Einleiten auch wirklich trudelt! Falls wir eine dauernde Geschwindigkeitszunahme feststellen, befindet sich das Flugzeug nicht im Trudeln, sondern führt eine Art Steilspirale im Rückenflug aus. In diesem Fall muß der Trudelversuch sofort abgebrochen werden, da andernfalls die maximale Geschwindigkeit überschritten werden kann.

Im Gegensatz zum normalen Trudeln liegt beim Rückentrudeln das Flugzeug umgekehrt, die Kabine befindet sich außen. Es treten negative Beschleunigungen bis $-2g$ auf. Die Sicht zur Erde ist beim Rückentrudeln ausgezeichnet.

Das Beenden des Rückentrudelns bereitet keinerlei Schwierigkeiten, weil das Seitenruder durch die Rückenlage des Flugzeugs günstig angeströmt wird. Unser Flugzeug hört sofort mit Trudeln auf, wenn wir das Seitenruder leicht zurücknehmen und das bis zum Anschlag gedrückte Höhenruder nachlassen. Sicherheitsshalber treten wir jedoch das Seitenruder auch hier voll entgegen der Drehbewegung des Flugzeugs aus. Hört die Drehung auf, dann wird das Flugzeug in den Sturzflug übergehen, aus dem wir es entweder wieder in den Rückenflug drücken oder es durch Ziehen in die Normalfluglage bringen können. Im zweiten Fall ist mit dem Höhenruder so zu verfahren, daß die Geschwindigkeitszunahme in normalen Grenzen bleibt.

7.2 Flachtrudeln

Eine gefährliche Art des Trudelns, die unter bestimmten Voraussetzungen auftreten kann, ist das Flachtrudeln. Wir müssen uns aus diesem Grunde auch damit beschäftigen.

Vom normalen Trudeln her ist uns bekannt, daß sich beim Überziehen des Flugzeugs nach dem Abreißen der Strömung die Rumpfspitze senkt und die Flugzeuglängsachse eine beständige steile Neigung einnimmt. Diese Neigung wird unter normalen Umständen bis zum Beenden des Trudelns beibehalten. Verschiedene Einflüsse können aber bewirken, daß der Rumpf während des Trudelns eine immer flachere Lage bekommt, indem sich die Rumpfschnauze hebt. Dieser Vorgang wird als Übergang zum Flachtrudeln bezeichnet. Der Neigungswinkel der Längsachse ist von der Schwerpunktlage des Flugzeugs abhängig. Bei größerer Schwerpunktvorlage wird die Neigung des Rumpfes steiler sein, bei größerer Rücklage flacher. Die Rumpfneigung wiederum beeinflußt die Strömungsverhältnisse am Höhenleitwerk. Beim normalen Trudeln liegt die Strömung am Höhenleitwerk an, beim Flachtrudeln wird sie meist abgerissen sein.

Bei den meisten Konstruktionen befindet sich das Seitenruder dann im Bereich der Wirbel der abgerissenen Strömung des Höhenleitwerks, bzw. ganz im „Strömungsschatten“ des Höhenleitwerks. Seitenruder- und Höhenruderausschläge sind ohne Wirkung.

Ein Flugzeug im Flachtrudeln dreht verhältnismäßig schnell, sinkt dabei wenig und reagiert auf Ruderausschläge überhaupt nicht mehr. Das Herausführen des Flugzeugs aus dem Flachtrudeln ist sehr schwierig, meist sogar unmöglich. Der Pilot versucht, aus diesem Flugzustand herauszukommen, indem er zuerst das Seitenruder hart entgegen der Drehbewegung des Flugzeugs voll ausschlägt und diesen Ruderausschlag beibehält. Dann bemüht er sich, mit dem Höhenruder die günstigste Knüppelstellung herauszufinden. Auf keinen Fall darf der Steuernüppel gezogen werden, denn das Höhenruder befindet sich im Bereich eines sehr großen Anstellwinkels, und ein „Überziehen“ würde das Trudeln noch flacher gestalten. Wenn alle Ruderausschläge keinen Erfolg bringen, löst der Pilot die Anschnallgurte und begibt sich in der Kabine des Segelflugzeugs so weit wie möglich nach vorn, um eine Schwerpunktverlagerung nach vorn herbeizuführen. Es besteht dann die Möglichkeit, daß das Flugzeug eine steilere Lage einnimmt und aus dieser herausgeführt werden kann.

Zeigen alle Bemühungen, das Flugzeug aus dem Flachtrudeln herauszubringen, keinen Erfolg, dann muß das Flugzeug rechtzeitig durch Fallschirmsprung verlassen werden.

Die in unserer Republik zum Einsatz kommenden Segelflugzeuge können unter normalen Umständen nicht ins Flachtrudeln kommen. Unsere Sicherheitsbestimmungen legen fest, daß Flugzeuge, die zum Flachtrudeln neigen, nicht zugelassen werden. Flachtrudeln könnte bei unseren Flugzeugen nur dann vorkommen, wenn das Flugzeug durch falsche Trimmung eine größere Schwerpunkttrükklage bekommen hat.

Richtige Lastigkeit des Flugzeugs ist eine Grundvoraussetzung für den Kunstflug! Es ist selbstverständlich, daß vor jedem Start der Trimmplan genau zu beachten ist.

7.3 Männchen

Das Männchen ist eine Kunstflugfigur, bei der das Flugzeug bis zum völligen Fahrtverlust senkrecht nach oben gesteuert wird und dann rückwärts über den Kopf oder über den Schwanz abfällt, in den Sturzflug übergeht und aus diesem normal abgefangen wird.

Wenn das Männchen mit Absicht, fehlerfrei und mit dafür zugelassenen Flugzeugen geflogen wird, ist es niemals als gefährliche Kunstflugfigur anzusprechen. Wenn aber z. B. aus einem beabsichtigten Turn infolge eines Fehlers ein unbeabsichtigtes Männchen wird und sich der Pilot dabei falsch verhält, kann das für Flugzeug und Pilot gefährliche Folgen haben, vor allen Dingen dann, wenn das benutzte Flugzeug nur für den einfachen Kunstflug zugelassen ist. Das Männchen ist eine Figur des höheren Kunstflugs.

Fällt unser Flugzeug nach völligem Fahrtverlust rückwärts ab, so entsteht beim Rückwärtsgleiten auf allen Rudern eine verhältnismäßig große Luftkraft. Wird dabei der Steuerknüppel vom Piloten nicht allzu fest gehalten oder sind Lockerungen in der Steuereinrichtung vorhanden, dann kann diese Luftkraft das Ausbrechen der Ruder herbeiführen.

Beim Erlernen des Turns kann es vorkommen, daß der Seitenruderausschlag zu spät erfolgt und das Flug-

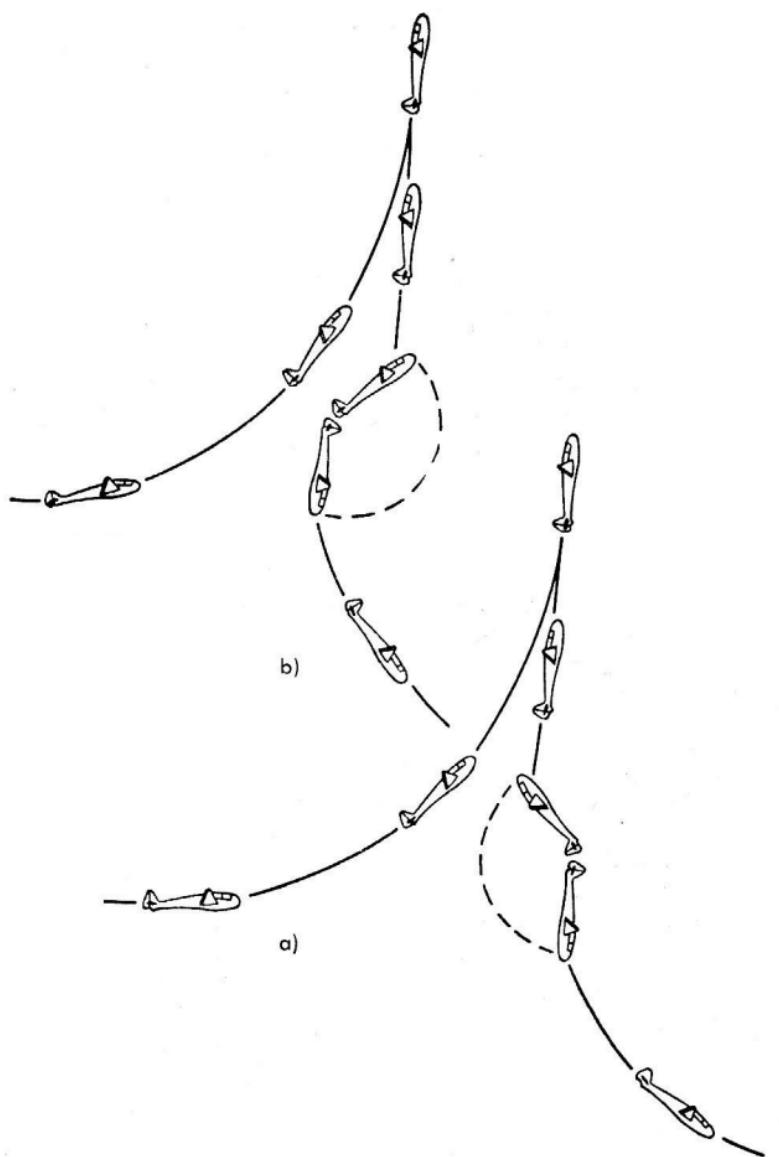


Bild 22. Das Männchen. a) Männchen „vorwärts“; b) Männchen „rückwärts“

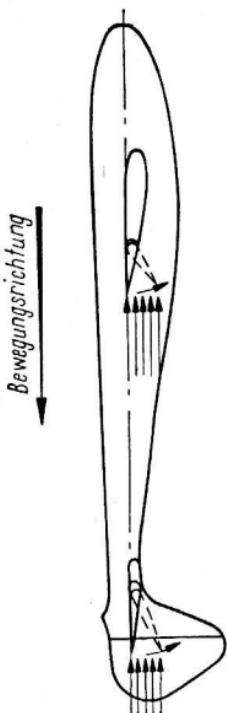


Bild 23
Beim Rückwärtsgleiten
des Flugzeugs kann
die Luftkraft ein
Ausbrechen der
Ruder herbeiführen

zeug nach völligem Fahrtverlust über den Schwanz abfällt, also ein Männchen ausführt. Der Pilot verhält sich richtig, wenn er kurz vor dem Abfallen das Höhenruder bis zum Anschlag durchzieht, Quer- und Seitenruder in Normalstellung bringt und alle Ruder sehr festhält. Das Flugzeug kippt ab, geht in den Sturzflug über und kann aus diesem normal abgefangen werden. Ein lockeres Halten der Ruder während des Rückwärtsgleitens kann gefährliche Beschädigungen des Flugzeugs zur Folge haben.

7.4 Bruch des Flugzeugs

Wenn beim Durchführen von Kunstflügen am Flugzeug ein Bruch eintritt, durch den das Flugzeug nicht mehr flug- oder steuerfähig ist, oder der Pilot erkennt, daß ein Versagen der Steuerung jeden Augenblick eintreten kann, ist das Flugzeug mit dem Fallschirm zu verlassen. Ein Bruch des Flugzeugs kann eintreten, wenn es im

Bereich der maximalen Geschwindigkeit zu hart abgefangen wird. Ein Bruch des Flugzeugs im Rückenflug kann eintreten, wenn das errechnete Bruchlastvielfache für den Rückenkunstflug überschritten wurde.

8. Schlußbetrachtungen

Mit bestandener Prüfung für den höheren Kunstflug beherrscht der junge Pilot alle Grundfiguren des Kunstfluges. Damit ist er jedoch noch lange nicht am Ende der Kunstflugausbildung angelangt. Er hat jetzt die Fähigkeit, einzelne Kunstflugfiguren richtig zu fliegen. Der Pilot hat die erste Etappe auf dem Wege zum vollendeten

Kunstflieger zurückgelegt. Nun gilt es für ihn, unermüdlich weiter zu trainieren, andere und noch schwierigere Figuren zu erlernen und die einzelnen Figuren in bestimmter Weise miteinander zu verbinden. Dadurch kommt er dann zum kombinierten Kunstflug. Schließlich wird er sich selbst ganze Programme zusammenstellen und diese fliegen.

Bei der Zusammenstellung von Programmen gelangen wir zu der Feststellung, daß sich alle Kunstflugfiguren in drei Gruppen einteilen lassen:

1. Gruppe:

Rollen und Rückenflug geradeaus — bei diesen Figuren entfernt sich das Flugzeug dauernd vom Ausgangspunkt in eine feststehende Richtung.

2. Gruppe:

Turn, Abschwung, Aufschwung, halber Looping — diese Kunstflugfiguren rufen eine Richtungsänderung um 180° hervor.

3. Gruppe:

Looping, Trudeln und Rückenflugvollkreise — hierbei verändert das Flugzeug seinen Standort fast nicht.

Bei der Zusammenstellung von Kunstflugprogrammen sollen Figuren aus den drei Gruppen so aneinander gereiht werden, daß sich der Kunstflug innerhalb eines möglichst kleinen Raumes abwickelt, um dem Fluglehrer oder Zuschauer gute Beobachtungsmöglichkeit zu geben. Grundsätzlich werden alle Figuren nach zwei einander entgegengesetzt liegenden Richtungspunkten geflogen. In gleicher Richtung verlaufende Orientierungslinien erleichtern bei manchen Figuren das Einhalten der vorgeesehenen Flugrichtung. Ein Kunstflugprogramm soll flüssig und ohne unnötig lange Zwischenflüge durchgeflogen werden. Bei richtiger Zusammenstellung des Programms kann man Zwischenflüge völlig vermeiden.

Richtungsänderungen werden grundsätzlich nur um 180° oder um 360° vorgenommen und nur mit Hilfe von Kunstflugfiguren. Kurven sollen nur im Rückenflug ausgeführt

werden. Nach Möglichkeit ist es zu vermeiden, gleiche Kunstflugfiguren mehrmals nacheinander zu fliegen.

Kunstflug erfordert sehr viel Übung. Zu höchster Vollkommenheit kann ein Kunstflieger nur durch ständiges, intensives und systematisches Training kommen.

9. Literaturhinweise

- [1] Jakowlew, N. N.: „Lebensweise und Ernährung des Sportlers“, Sportverlag, Berlin, 1953.
- [2] Ablamowicz, Andrzy: „Akrobatik im Segelflugzeug“
- [3] Pjetzuck, A. J.: „Flügel der Jugend“
- [4] Salzmann, Gerd: „Segelfliegen“, Verlag Sport und Technik, Neuenhagen b. Berlin, 1958.
- [5] Hirth, Wolf: „Handbuch des Segelfliegens“
- [6] Zeitschrift: „Flügel der Heimat“, 10 (1958)
- [7] Unterrichtsdisposition für die Segelflugausbildung „Aerodynamik“, ZV der GST
- [8] Segelflugbetriebsordnung 1958

KENNDATEN EINIGER SEGELFLUGZEUGE FÜR DEN KUNSTFLUG

zusammengestellt von Peter Stache

TYP	Entwicklungs-jahr	ABMESSUNGEN				Rüstgewicht (G _R) kp	Flügelbelastung (G/F) kp/m ²	beste Gleitzahl 1/ε	GEWICHTE		max. zul. Geschw. (v _{max}) km/h
		Rumpflänge (l) m	Spannweite (b) m	Rumpfhöhe (F) m ²	Flügelstreckung (Δ)				leistung geringstes Sinken (w _s min) m/s	LEISTUNGEN	
IS-4 „JASTRZAB“ (Polen)	1949	12,00	6,25	12,00	12,0	250	350	29,2	20	1,05	70
VT-107 „LUNAK“ (CSSR)	1948	14,30	6,65	13,00	15,8	205	310	23,8	24	0,85	72
A-13 (UdSSR)	1958	12,10	6,00	10,44	14,0	270	360	34,4	26	0,88	74
R-17 „MOKA“ (Ungarn)	1944	13,00	6,50	16,00	10,6	280	370	23,1	23	0,88	74
Z-04 „BEKE“ (Ungarn)	1955	14,00	6,82	13,70	14,3	215	300	21,6	24	0,88	67
„HABICHT“ (Deutschland)	1936	13,60	6,58	15,82	11,7	210	310	19,5	21	0,80	65
Lo 150 (Westdeutschland)	1954	15,00	6,15	10,99	20,4	195	295	26,9	34	0,68	76
Ly 542 K „STOSSER“ (Westdeutschland)	1955	12,80	7,80	14,00	11,7	280	455	32,5	26	0,90	70
„MACKA“ (Jugoslawien)	1957	10,00	5,67	10,00	10,0	160	260	26,0	21	0,98	75
„SPARVIERO“ (Italien)	16,14	7,16	17,50	15,0	310	400	22,8	23	0,80	450	350
CM 8/13 (Frankreich)	12,80		13,40	12,2	225	335	25,0	27	0,81		

LITERATUR: „SZYBOWNICTWO NA SWIECIE“, Warszawa 1960; „CESKOSLOVENSKA LETADLA“, Praha 1958;
ZEITSCHRIFTEN: „SKRZYDŁA POLSKA“, „KRIDLÁ VLASTI“, „KRYLJA RODINY“, „AERO-SPORT“

Rund um das Flugzeug

K.-H. EYERMANN

268 Seiten, ca. 400 Zeichnungen,
Hlw. lackiert, Preis 9,90 DM

Dieses umfassende Werk informiert den Leser in populärwissenschaftlicher Form über den Charakter und den Aufbau des Flugzeugs. Zahlreiche Zeichnungen ergänzen die ausführlichen Erläuterungen der verschiedensten Flugzeugtypen, so daß auch der Nichtfachmann eine gute Vorstellung von ihrer Vielfalt und ihren Eigentümlichkeiten erhält.

Der Autor beschreibt sowohl die Einsatzmöglichkeiten als auch die verschiedenen Formen und Bauelemente der Flugzeuge. Dies verbindet er mit einer Klassifikation und einer Erläuterung der Kennbuchstaben und Hoheitsabzeichen (Farbteil!).

Aus dem Inhalt:

Zivilflugzeuge · Militärflugzeuge · Flugzeugzelle · Fahr- und Schwimmwerk · Triebwerk · Ausrüstung und Bewaffnung der Flugzeuge · Flug-Formationen · Flugzeugtypenbezeichnung

Von denselben Autor erschienen die Flugzeugtypensammlungen:
„Verkehrsflugzeuge und Hubschrauber“
„Sportflugzeuge — Segelflugzeuge“

Preis je Heft 2,— DM

Zu beziehen in jeder Buchhandlung · Ausländische Interessenten richten bitte ihre Bestellung an die Deutsche Buch-Export und -Import-GmbH., Leipzig C 1, Leninstraße 16



VERLAG SPORT UND TECHNIK

Neuenhagen bei Berlin

Aero-Sport

Die Zeitschrift für den Luftfahrtinteressierten, für Flugsportler und solche, die es werden wollen. Populärtechnisch behandelt die Zeitschrift die Probleme der Flugsportarten, berichtet vom Luftfahrtgeschehen in aller Welt und fesselt den Leser mit den spannenden Kander-Erzählungen.

Meldungen und Bilder aus der Welt des Fliegens ergänzen den interessanten Themenkreis, der Militärpolitik, Militärtechnik, Motor- und Segelflug, Fallschirmsport, Luftverkehr und das Gebiet des Weltraumfluges umfaßt.

34 Seiten, Format DIN A 4 mit vierfarbigem Kunstdruckumschlag, Preis 1,— DM

Die Zeitschrift erscheint monatlich. Sie kann bei jedem Postamt abonniert werden und ist außerdem an allen Zeitungskiosken der Deutschen Post erhältlich.



VERLAG SPORT UND TECHNIK

Neuenhagen bei Berlin