

Unterrichtsdisposition für die Segelflugausbildung

FLUGLEHRE

Teil I: Instrumentenflug

(ausgearbeitet von Fritz Fliegauf)
Fluglehrer Stufe I

Teil II: Einfacher und höherer Kunstflug

(ausgearbeitet von Gerhard Greif)
Fluglehrer Stufe II



Herausgegeben vom Zentralverband der Gesellschaft für Sport und Technik

Abteilung Flugsport

Als Manuskript gedruckt

Mit der Herausgabe der Unterrichtsdisposition „Fluglehre Stufe I“ wollen wir zu einer qualifizierten Ausbildung im Instrumenten- und Kunstflug beitragen. Vor Beginn des Unterrichts soll mit den auszubildenden Kameraden eine Aussprache geführt werden, in der auf die besondere Verantwortung dieser Kameraden hingewiesen wird. Sie sollen erkennen:

Die Ausbildung im Instrumenten- und Kunstflug ist nicht Selbstzweck.

Die Kameraden werden nicht allein zu ihrer eigenen Freude, sondern vor allem im Interesse der Weiterentwicklung des Flugsports ausgebildet.

Alle Kameraden, die im Instrumenten- und Kunstflug geschult werden, sind verpflichtet, den jüngeren Flugsportlern Vorbild zu sein.

Sie sollen beharrlich darum kämpfen, durch große Leistungen im Segelflug das Ansehen der Deutschen Demokratischen Republik zu stärken.

Lehrziel:

Erlernen der Kenntnisse in der Steuertechnik der einzelnen Übungen für die Segelflugausbildung Stufe I.

- a) Instrumentenflug
- b) Einfacher Kunstflug
- c) Höherer Kunstflug

Erziehungsziel:

Durch den Unterricht in der Fluglehre der Stufe I sollen die theoretischen Kenntnisse weiter gefestigt werden. Der Flugschüler muß erkennen, daß die Erzielung von Leistungen und die Beherrschung der Übungen der Ausbildungsstufe I nur durch gute theoretische Kenntnisse möglich ist und den Schüler zur vollen Beherrschung des Flugzeuges im Instrumentenflug führt.

Die Ausbildung im Instrumentenflug erhöht die Konzentration, das räumliche Denken und soll den Flugschüler befähigen, ein Segelflugzeug nach den Instrumenten zu führen.

Literaturnachweis

1. Jakowlew, N. N.: „Lebensweise und Ernährung des Sportlers“
2. Ablamowicz, Andry: „Akrobatik im Segelflugzeug“
3. Pjetzuck, A. J.: „Flügel der Jugend“
4. Salzmann, Gerd: „Segelfliegen“
5. Zeitschrift: „Flügel der Heimat“ 7. Jahrgang, Heft 10
6. Unterrichtsdisposition für die Segelflugausbildung „Aerodynamik“
7. Segelflugbetriebsordnung 1958

Lehrziel:

Erlernen der Kenntnisse in der Steuertechnik der einzelnen Übungen für die Segelflugausbildung Stufe I.

- a) Instrumentenflug
- b) Einfacher Kunstflug
- c) Höherer Kunstflug

Erziehungsziel:

Durch den Unterricht in der Fluglehre der Stufe I sollen die theoretischen Kenntnisse weiter gefestigt werden. Der Flugschüler muß erkennen, daß die Erzielung von Leistungen und die Beherrschung der Übungen der Ausbildungsstufe I nur durch gute theoretische Kenntnisse möglich ist und den Schüler zur vollen Beherrschung des Flugzeuges im Instrumentenflug führt.

Die Ausbildung im Instrumentenflug erhöht die Konzentration, das räumliche Denken und soll den Flugschüler befähigen, ein Segelflugzeug nach den Instrumenten zu führen.

Teil I: Instrumentenflug

- Darf nur von Fluglehrern mit Berechtigung für den Instrumentenflug gelehrt werden! -

Methodische Hinweise:

Der Unterrichtsführende muß den Unterrichtsstoff vollkommen beherrschen. Nach Ablauf eines Unterrichtsabschnittes ist es zweckmäßig, vom Schüler die wichtigsten Fragen wiederholen zu lassen.

Der Unterrichtsführende soll mit Anschauungsmaterial arbeiten. Die zum Thema entsprechenden Abschnitte des Buches „Segelfliegen“ sind in den Unterricht einzubeziehen.

Hilfsmittel

Tafel, Kreide, Holzmodell eines Flugzeuges mit beweglichen Rudern,
Funktionsmodell des Wendezeigers,
Instrumentenflug-Kartenspiel

I. Einleitung

Die Ausbildung im Instrumentenflug ist eine wichtige Etappe in der Ausbildung des Leistungssegelfliegers. Sie trägt in weitem Maße dazu bei, die fliegerischen Fähigkeiten der Piloten zu erhöhen und verlangt Konzentration und viel fliegerisches Gefühl.

Instrumentenflug, das ist Fliegen ohne Erdsicht und ohne Sicht des natürlichen Horizontes.

Beim Instrumentenflug ist der Pilot voll auf die Anzeige der Instrumente angewiesen, wobei ihn das Gehör in der Einschätzung der Fluggeschwindigkeiten unterstützt. Fliegen ohne Erd- und Horizontsicht ohne Zuhilfenahme der Instrumente ist nicht möglich, weil der Pilot völlig das Raumgefühl verlieren würde und nicht mehr in der Lage wäre, den Flugzustand seines Flugzeuges zu kontrollieren.

Die Ausbildung im Instrumentenflug ist somit die Voraussetzung für Flüge in den Wolken und für Nachtflüge.

Instrumentenflug setzt den einfachen Kunstflug voraus, und alle Piloten, die im Instrumentenflug ausgebildet werden wollen, müssen die Flugfiguren des einfachen Kunstfluges beherrschen und Erfahrungen im Herausführen des Flugzeuges aus abnormalen Flugzuständen besitzen. Erst wenn der Pilot den Flug nach Instrumenten bei verhängter Kabine oder in den Wolken beherrscht, fühlt er sich in allen Fluglagen des Instrumentenfluges sicher. Er versteht es dann, wie man allgemein spricht, sein Flugzeug „blind“ zu fliegen.

In der Luftfahrt ist heute der Flug nach Instrumenten zur Selbstverständlichkeit geworden. Die Luftfahrtindustrie hat für die Flugzeuge hochentwickelte Geräte und Instrumente geschaffen, mit deren Hilfe das Fliegen bei Nacht und in den Wolken völlig gefahrlos ist. In den Anfängen des Instrumentenfluges waren es der Kompaß und der Wendezeiger, die den Piloten das Fliegen in den Wolken möglich machten. Heute sind die Verkehrs- und Militärflugzeuge mit modernen Radar- und Funkgeräten ausgerüstet, und die vollautomatische Steuerung erleichtert den Piloten das Fliegen bei jeder Wetterlage.

Das Fliegen in den Wolken ohne Erdsicht oder Horizontsicht ist ohne Instrumente nicht möglich und verboten.

Das Erlernen des Instrumentenfluges ist nicht schwierig, erfordert jedoch viel Übung und eine volle Beherrschung des Flugzeuges beim Flug nach Horizontsicht. Vor allem ist es notwendig, vor Beginn der Instrumentenflugausbildung längere Zeit das Fliegen nach den Instrumenten bei voller Sicht zu üben. Der Pilot muß genau die Wirkungsweise der Instrumente, die Arten ihrer Verzögerung in der Anzeige und die Methoden der Berichtigung kennen. Die Ausbildung im Instrumentenflug kann sich nicht allein auf den Erwerb der Berechtigung erstrecken. Instrumentenflug erfordert laufendes Training, da das Gefühl für das richtige Fliegen nach den Instrumenten schnell wieder verlorengeht. Instrumentenflug setzt starke Nerven voraus und erfordert viel Selbstvertrauen. Jeder wird in der Ausbildung und auch bei späteren Flügen gemerkt haben, daß es viel Überwindungskraft erfordert, der Anzeige der Instrumente voll zu vertrauen, wenn das Gefühl eine andere Fluglage vortäuscht, als es die Geräte anzeigen. Dabei ist es oft so, daß die Geräte einen völlig einwandfreien Geradeausflug anzeigen, das Gefühl jedoch eine hängende Fläche, ein Steigen oder Sinken, Schieben oder Schmieren vortäuscht.

Das Fliegen nach den Instrumenten ist sehr anstrengend. 10 bis 20 Minuten Instrumentenflug können ebenso anstrengend sein wie ein stundenlanger Flug bei Sicht.

Instrumentenflug im Segelflugzeug ist schwieriger als im Motorflugzeug. Der Geschwindigkeitsbereich beim Motorflugzeug ist wesentlich größer, während der Geschwindigkeitsbereich beim Segelflugzeug, um wirtschaftlich zu fliegen, beim Instrumentenflug nur 10 bis 15% über der Normalgeschwindigkeit liegt und der Bereich mindestens 50% kleiner ist als beim Motorflugzeug.

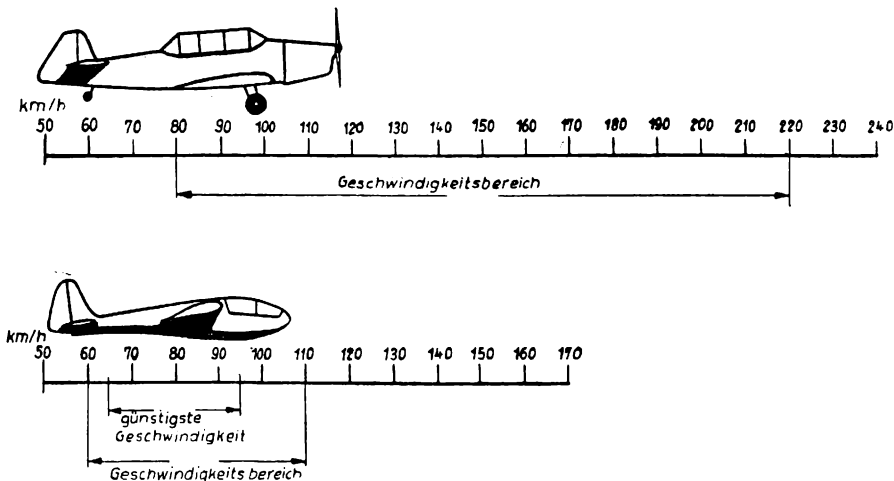


Abb. 1

(Geschwindigkeitsbereich beim Motor- und Segelflugzeug)

Die Einhaltung der Geschwindigkeit ist somit beim Segelflugzeug wesentlich schwieriger als beim Motorflugzeug. Das Motorflugzeug ist in der Lage, den normalen Geradeausflug mit verschiedenen Geschwindigkeiten und verschiedenen Anstellwinkeln zu fliegen. Einer bestimmten Geschwindigkeit des Motorflugzeuges können je nach Motorleistung (durch Gas geben) verschiedene Anstellwinkel entsprechen. Beim Segelflugzeug entspricht der jeweilige Anstellwinkel einer bestimmten Geschwindigkeit. Ändert sich der Anstellwinkel, ändert sich auch die Geschwindigkeit. Das Segelflugzeug fliegt optimal mit der Geschwindigkeit, bei der die größte Reichweite erzielt wird. Obwohl die Geschwindigkeit beim Instrumentenflug, um dem Abschwächen vorzubeugen, um 10 bis 15% zu erhöhen ist, kommt das Segelflugzeug viel schneller zum Geschwindigkeitsverlust und Abschwächen als das Motorflugzeug.

Der Pilot empfindet beim Flug nach den Instrumenten ganz andere Eindrücke als beim Fliegen bei Sicht. Die Lage des Flugzeuges im Raum muß er an der Anzeige der Instrumente erkennen. Die von ihm ausgeführten Steuerbewegungen werden mit dem Ziel durchgeführt, die jeweils gewünschte Fluglage nach der Anzeige der Instrumente herzustellen. Dazu ist es notwendig, die Besonderheiten und die Verzögerung in der Instrumentenanzeige beim Variometer, Geschwindigkeitsmesser, Wendezeiger wie auch das Vorlaufen oder Zurückbleiben der Kompaßrose zu berücksichtigen.

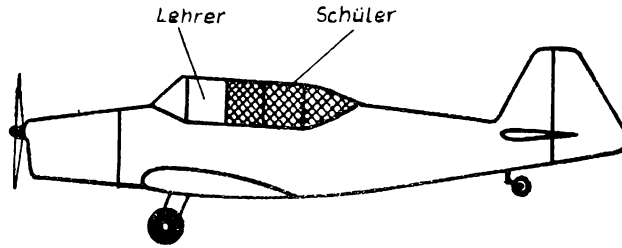
II. Ausrüstung des Flugzeuges für den Instrumentenflug und die Funktion der Instrumente

Die Ausbildung im Instrumentenflug kann entsprechend dem Ausbildungsprogramm im Motorflugzeug oder im Doppelsitzer-Segelflugzeug erfolgen. Das Motor- oder Segelflugzeug muß für den Instrumentenflug ausgerüstet und für den Wolkenflug zugelassen sein. Die Ausbildung erfolgt bei verhängter Kabine. Dabei ist besonders darauf zu achten, daß der auszubildende Fluglehrer trotz des für den Schüler verhängten Kabinenteils freie unbehinderte Sichtverhältnisse hat.

Für die Instrumentenflugausbildung ist folgende Instrumentierung des Flugzeuges erforderlich.

1. Geschwindigkeitsmesser
2. Höhenmesser
3. Variometer
4. Wendezeiger
5. Kompaß
6. Borduhr

Der **Neigungsmesser** und der **Wendehorizont** sind weitere Instrumente, die den Instrumentenflug erleichtern. Sie sind jedoch für die Grundausbildung im Instrumentenflug nicht erforderlich.



Trener Z 126 mit verhängter Kabine

Abb. 2

1. Der Wendezeiger

Das für die Ausbildung im Instrumentenflug wichtigste Flugüberwachungsgerät ist der Wendezeiger. Von seiner einwandfreien Funktion hängt sehr viel ab. Der Wendezeiger zeigt dem Flugzeugführer an, ob das Flugzeug geradeaus fliegt oder ob es sich um die Hochachse dreht. Außerdem wird mit der im Gerät eingebauten Libelle die Lage des wirkenden Scheinlotes zur Flugzeughochachse angezeigt. Betrachten wir die Arbeitsweise des Wendezeigers: Der Wendezeiger ist ein Kreiselgerät. Seine Arbeitsweise beruht auf dem Prinzip des Kreiselgesetzes. Unter einem Kreisel versteht man einen sich drehenden Körper, dessen Masse gleichmäßig um die Rotationsachse verteilt ist, so daß der Schwerpunkt mit dem Drehpunkt zusammenfällt. Die Achse, um die sich der Kreisel dreht, nennt man die Rotationsachse oder Figurenachse. Dreht sich der Kreisel um seine eigene Achse, so sind die Masseteilchen gezwungen kreisförmige Bahnen zu beschreiben.

Da die Masseteile bestrebt sind, ihre Drehebene beizubehalten, widerstrebt der Kreisel einer Änderung der Lage seiner Rotationsachse. Verschiebt man die Rotationsachse nur parallel, so ändern die Masseteilchen ihre Drehebene nicht und der Kreisel verhält sich wie in der Ruhelage. Jede störende Drehung der Rotationsachse bewirkt ein Ausweichen des Kreisels (Präzession) in eine Richtung, die um 90° zur angreifenden Kraft versetzt ist und zwar so, daß die Eigendrehung des Kreisels mit der störenden Drehung zusammenfällt. Die Größe der Kippbewegung ist abhängig von der Drehzahl des Kreisels, von der Kreiselmasse und von der Drehgeschwindigkeit des Flugzeuges um seine Hochachse.

Der Kreisel ist im Flugzeug durch die Anbringung des Instrumentes am Instrumentenbrett so montiert, daß seine Achse I-I parallel zur Querachse y-y des Flugzeuges liegt. Die Vertikalachse II-II ist parallel der Hochachse z-z und die Längsachse III-III ist parallel zur Flugzeuglängsachse X-X (s. Abb. 3).

Fliegt ein Flugzeug eine Rechtskurve, so kippt der Kreisel in seinem Rahmen, in Flugrichtung gesehen, nach links. Durch eine Umkehrereinrichtung schlägt der Zeiger nach rechts aus, so daß eine sinnmäßige Anzeige

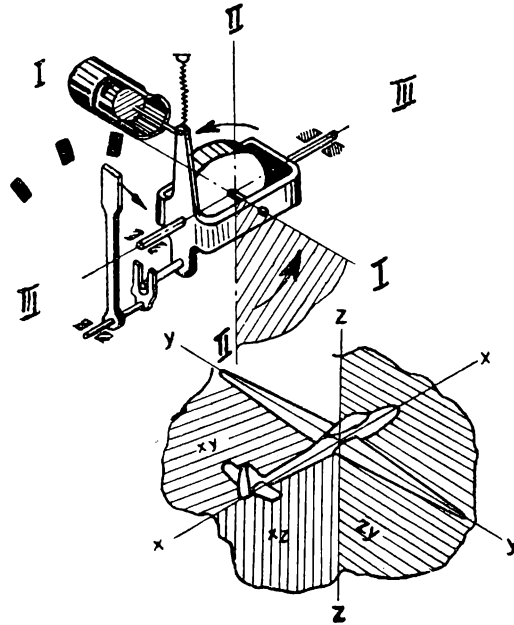


Abb. 3
Die Arbeitsweise des Wendezeigers

auf der Skala erfolgt. Der Kreisel ist halbkardanisch gelagert. Der Kreiselrahmen wird durch eine Rückholfeder in der Waagerechten gehalten.

Durch einen mit dem Kreiselrahmen verbundenen Kolben, der in einem Zylinder läuft, wird die Anzeige des Wendezeigers gedämpft. Diese Dämpfung kann durch die Einstellschraube verstellt werden. Die Empfindlichkeit ist den Drehgeschwindigkeiten der Segelflugzeuge angepaßt.

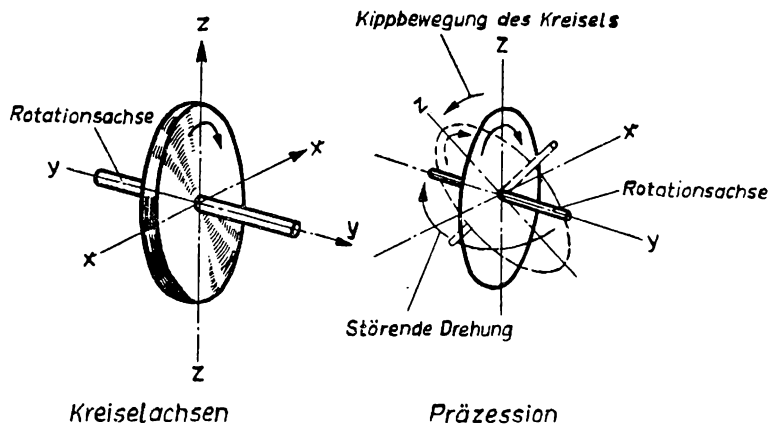


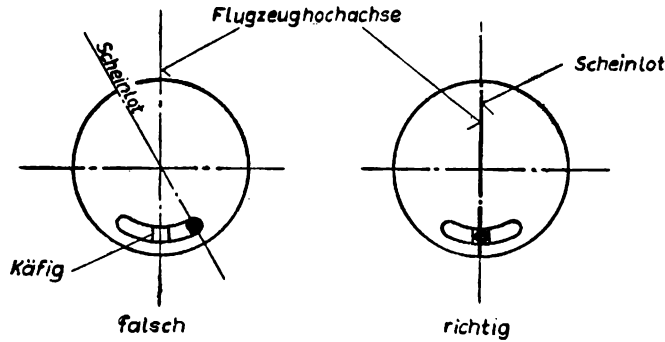
Abb. 4
Kreiselwirkung

2. Die Libelle

Die Libelle ist gemeinsam mit dem Wendezeiger in einem Instrument montiert. Sie besteht aus einer gebogenen Glasröhre. In der Mitte der Glasröhre ist eine Markierung angebracht. Die Glasröhre ist mit einer Flüssigkeit gefüllt, in der eine Kugel ruht. Die Flüssigkeit hat die Aufgabe, die

Bewegungen der Kugel zu dämpfen und eine richtige Anzeige zu gewährleisten.

Bei einem geradlinigen gleichförmigen Flug ohne Schieben oder Rutschen befindet sich die Kugel in der Mitte der Glasröhre zwischen der Markierung (Käfig). In diesem Fall wirkt auf die Kugel nur die Schwerkraft (G), unter deren Einfluß sie die Mittellage im tiefsten Punkt der Glasröhre einnimmt. Bei einem geradlinigen Flug mit Querneigung, z. B. Seitengleitflug,



Die Lage des wirkenden Scheinlotes zur Flugzeughochachse wird sichtbar durch die Kugel. Siehe Anzeige des Wendezeiger.

Abb. 5

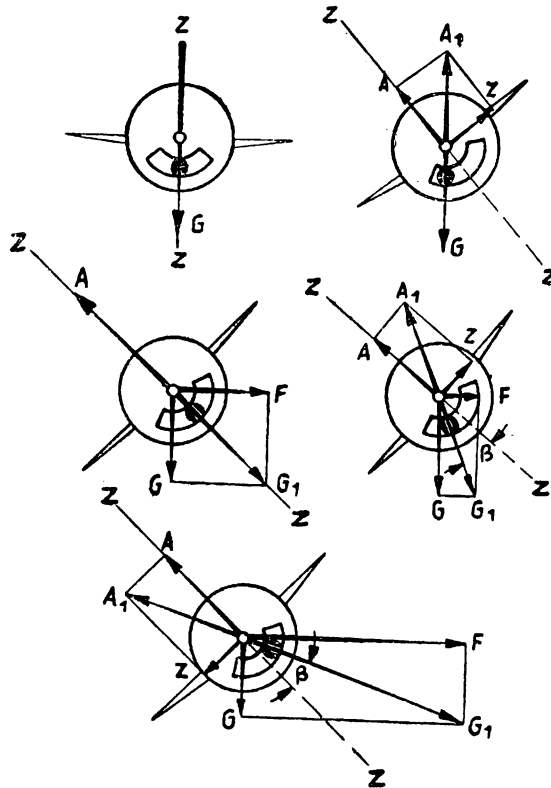


Abb. 6

Die Wirkungsweise der Libelle

dreht sich die Röhre gemeinsam mit dem Flugzeug um die Längsachse. Die Kugel nimmt unter dem Einfluß der Schwerkraft (G) eine andere Lage am jetzigen tiefsten Punkt der Libelle ein. Sie läuft nach der Seite der Querneigung und zeigt das Schieben des Flugzeuges an. Bei einer Kurve ohne Schieben oder Rutschen stellt sich die Kugel in der Richtung der Kraft (G_1) - Scheinlot - ein, die die geometrische Summe der Zentrifugalkraft (F) und des Gewichtes (G) ist. Die Kraft (G_1) verläuft entsprechend der Hochachse $Z-Z$, d. h. die Kugel verbleibt in der Mittellage. Bei einer Kurve, in der das Flugzeug schiebt oder rutscht, bildet die Kraft A_1 und folglich auch G_1 einen Winkel, den man nach der Lage der Kugel bestimmen kann,

weil die Kugel eine Lage einnimmt, die der Richtung der Kraft A_1 entspricht.

Die Libelle zeigt alle Bewegungen des Flugzeuges um die Hoch- und um die Längsachse an, bei denen sich das Flugzeug in einem Schiebe- oder Rutschzustand befindet.

3. Der Kompaß

Der Kompaß ist für den Instrumentenflug sehr wichtig. Nur durch die richtige Anzeige des Kompasses ist es möglich, bestimmte Kurse einwandfrei geradeaus zu fliegen bzw. auf bestimmte Kurse einzukurven. Wichtig ist, daß wir das Verhalten des Kompasses und die Kompaßabweichungen kennen.

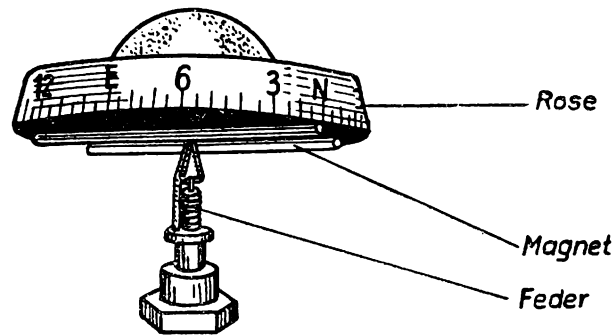
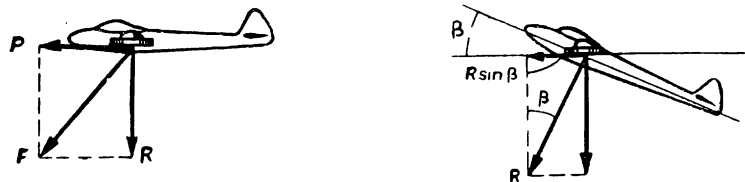


Abb. 7 Kompaßrose

4. Die Neigungsdeviation

Die Neigungsdeviation entsteht unter dem Einfluß der Vertikalkomponenten des Flugzeugmagnetfeldes bei einer Neigung des Flugzeuges, bei der die Kompaßrose ihre Horizontallage beibehält.



Die Lage der Kraft R beim Horizontalflug Die Kraft $\sin \beta$, welche die Neigungsdeviation hervorruft

Abb. 8

Die Neigungsdeviation

Beim Horizontalflug wirkt die Kraft R nicht auf die Kompaßrose ein. Bei einer Neigung des Flugzeuges um die Querachse ergibt die Kraft R die Horizontalkomponente $R \sin \beta$, wobei β den Winkel der Neigung des Flugzeuges darstellt. Bei einer Längsneigung ist die Kraft zum Bug oder Heck des Flugzeuges gerichtet. Den Höchstwert erreicht die Neigungsdeviation bei Längsneigungen auf den Kursen 90 und 270° und die geringste Abweichung bei Kursen von 0 bis 180° .

Für die Instrumentenflugausbildung ist es notwendig zu wissen, daß die Kompaßrose bei einer Neigung des Flugzeuges nach unten (Bahnneigungsflug) auf Westkurs nach rechts +, beim Steigflug auf Westkurs nach links - wegläuft und sich bei Ostkurs umgekehrt verhält. Diese Abweichung wird um so geringer, je mehr sich der Kurs dem Nord- bzw. Südkurs nähert.

Bei einem Steig- oder Bahnneigungsflug mit einem starken Aufrichten bzw. Neigen des Buges über 25° zum Horizontalflug bleibt die Kompaßrose

hängen und ergibt keine genaue Anzeige mehr. (Von der Konstruktion des Kompasses abhängig.)

F a u s t r e g e l: Höchster Punkt des Flugzeuges (Bug, Heck oder Fläche) im Osten – größere Anzeige. Höchster Punkt des Flugzeuges im Westen – kleinere Anzeige.

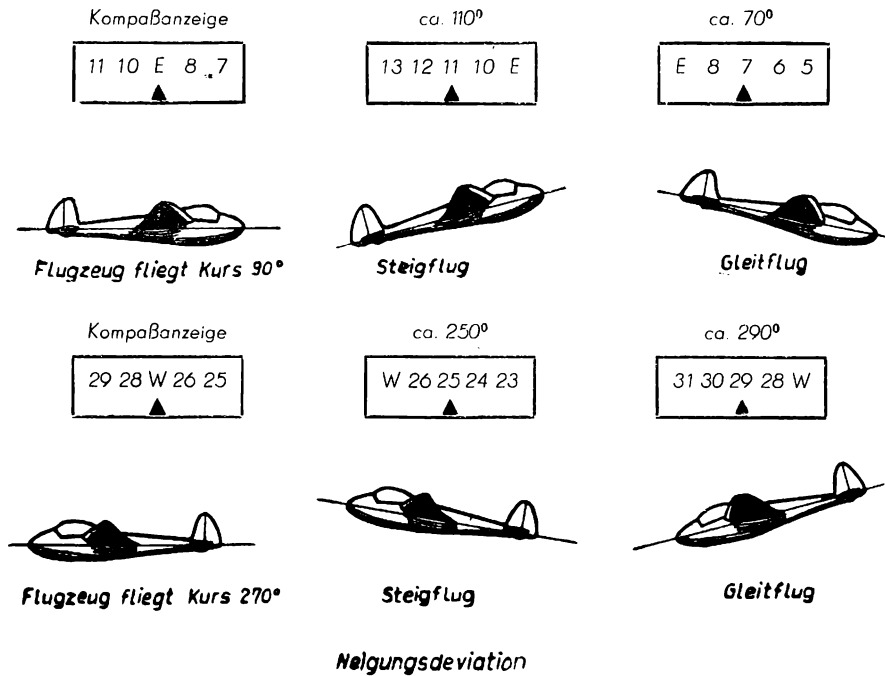


Abb. 9
Die Neigungsdeviation auf Ost- und Westkurs

5. Die Wendungsdeviation

Die Wendungsdeviation entsteht bei Kurven, wenn die Kompaßrose unter der Einwirkung der Fliehkräfte zusammen mit dem Flugzeug geneigt wird. Die Größe der Wendungsdeviation hängt u. a. von der Geschwindigkeit des Flugzeuges und der Schräglage in der Kurve ab. Die Wendungsdeviation drückt sich darin aus, daß die Kompaßrose sich entsprechend dem Kurs beim Einleiten der Kurve nach der Kurvenseite oder nach der, der Kurve entgegengesetzten Seite dreht (vor- oder nachdrehen). Die Wendungsdeviation muß besonders beim Herausführen des Flugzeuges aus einer Kurve auf einen bestimmten Kurs berücksichtigt werden. Die stärksten Abweichungen haben wir bei Nord- und Südkurs, d. h. wenn wir das Flugzeug aus einer Kurve auf einen Nord- oder Südkurs führen. Entsprechend dem Vorauslaufen der Kompaßrose bei Nordkursen oder Nachhinken der Kompaßrose bei Südkursen muß das Flugzeug, um einen bestimmten Kurs aufzunehmen, früher bzw. später aufgerichtet werden.

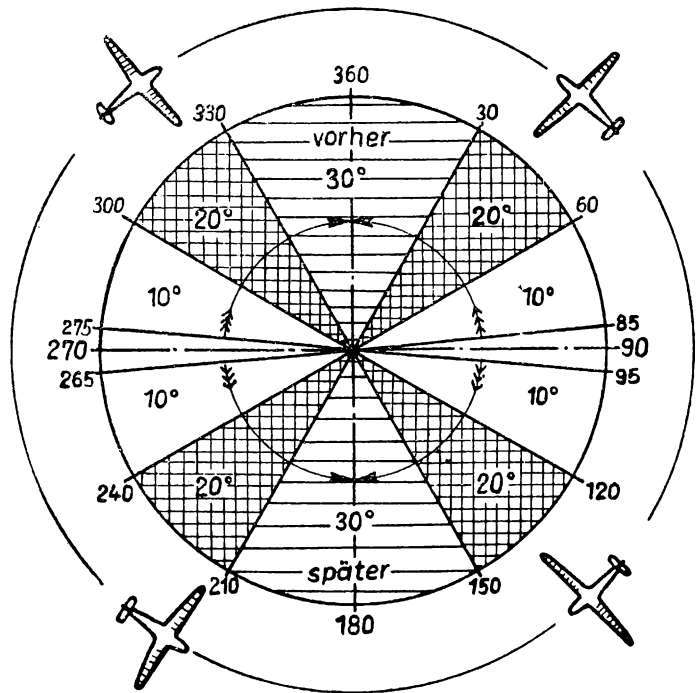
Die in der Abb. 10 angegebenen Werte gelten nur bei Kurven mit einer Zeigerbreite, wobei sich die Kugel der Libelle in der Mittellage (Käfig) befinden muß, d. h. die Kurve muß sauber geflogen werden. Für das Fliegen nach dem Kompaß muß man sich weiterhin merken, daß eine Rechtskurve oder ein Ausschlag des Wendezeigers nach rechts, im Uhrzeigersinn gesehen, immer auf einen größeren Kurs führt. Bei Linkskurven – kleinerer Kurs.

Diese kurzen Erläuterungen der Neigungs- und Wendungsdeviation sind notwendig, um einige der wichtigsten Besonderheiten des Kompasses zu kennen.

Geschwindigkeitsmesser und Variometer sind weitere wichtige Instrumente für den Instrumentenflug.

Bei Ausfall des Geschwindigkeitsmessers durch Vereisung der Düse kommt es darauf an, daß der Pilot an Hand des Fahrtgeräusches und des Steuerdruckes die Geschwindigkeit einschätzen kann, um das Flugzeug sicher aus dem Gefahrenbereich führen zu können.

Das Variometer soll nicht zu empfindlich sein. Neben der Anzeige des Steigens oder Sinkens hilft es dem Piloten auch bei der Einschätzung der Fluglage und Geschwindigkeit.



Berichtigung der Wendungsdeviation

Abb. 10

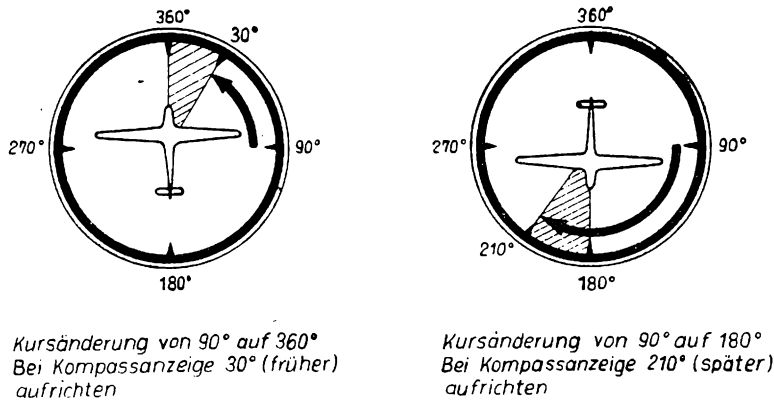


Abb. 10 a und 10 b

Berichtigung der Wendungsdeviation

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß es notwendig ist, sich gründlich auf den Instrumentenflug vorzubereiten. Neben dem Beherrschen des Flugzeuges einschließlich des einfachen Kunstfluges, der Kenntnis der Fluglehre, der Wirkungsweise der Instrumente ist es wichtig, sich im Deuten der Anzeige der Instrumente soweit zu schulen, daß es möglich ist, sofort die Fluglage des Flugzeuges nach der Instrumentenanzeige zu bestimmen, und die entsprechenden Steuerausschläge zur Herbeiführung einer bestimmten Fluglage durchzuführen. Der Pilot muß so geschult sein, daß es ihm möglich ist, die wichtigsten Instrumente mit einem Blick zu erfassen. Dabei ist es notwendig, sich einzuprägen, wie die Instrumente auf die verschiedenen Steuerausschläge reagieren.

Das Einhalten einer bestimmten Geschwindigkeit ist die erste Schwierigkeit, welche überwunden werden muß. Sie ergibt sich daraus, daß die Änderung der Geschwindigkeit nach der Anzeige des Geschwindigkeitsmessers nicht gleichzeitig mit der Änderung des Bahnneigungswinkels erfolgt. Das Segelflugzeug verhält sich bei der Einhaltung einer bestimmten Geschwindigkeit, welche beeinflußt wird durch Bewegungen des Flugzeuges um die Querachse, wie ein Fahrrad bei einer Fahrt bergauf und bergab. Bei der Fahrt bergab erhöht sich die Geschwindigkeit, bei der Fahrt bergauf verringert sich die Geschwindigkeit. Beim Übergang von der Fahrt bergab zur Fahrt bergauf wird die Geschwindigkeitserhöhung sofort abgebrochen, jedoch stabilisiert sich die dem neuen Bahnwinkel entsprechende Geschwindigkeit nicht sofort. Daraus ergibt sich, daß der Pilot das Segelflugzeug mit doppelten Steuerbewegungen führen muß, um eine bestimmte Fluglage mit einer bestimmten Geschwindigkeit einzunehmen und beizubehalten. Neben der Anzeige des Geschwindigkeitsmessers gibt das Variometer dem Piloten Aufschluß über die Stabilisierung der Geschwindigkeit im Geradeaus- und Kurvenflug bei Wetterlagen ohne stärkere thermische Einflüsse.

Fliegen wir mit einer Geschwindigkeit z. B. von 80 km/h im Geradeausflug und wollen die Geschwindigkeit auf 100 km/h erhöhen, so sind folgende Steuerbewegungen erforderlich. Das Höhenruder müssen wir kurz drücken, dabei verändern wir den Bahnneigungs- wie auch den Anstellwinkel und holen Fahrt auf, nun nehmen wir den Steuerknüppel etwas zurück, wobei dieser Steueraus Schlag so bemessen sein muß, daß der Zeiger des Geschwindigkeitsmessers auf der gewünschten Geschwindigkeit von 100 km/h verbleibt. Diese doppelten Steuerbewegungen sind zur Einleitung bestimmter Fluglagen wie auch für das Herausführen aus bestimmten Fluglagen erforderlich. Beim Fliegen mit Sicht werden diese Bewegungen ebenfalls ausgeführt, jedoch vom Piloten weniger als doppelte Steuerbewegungen empfunden.

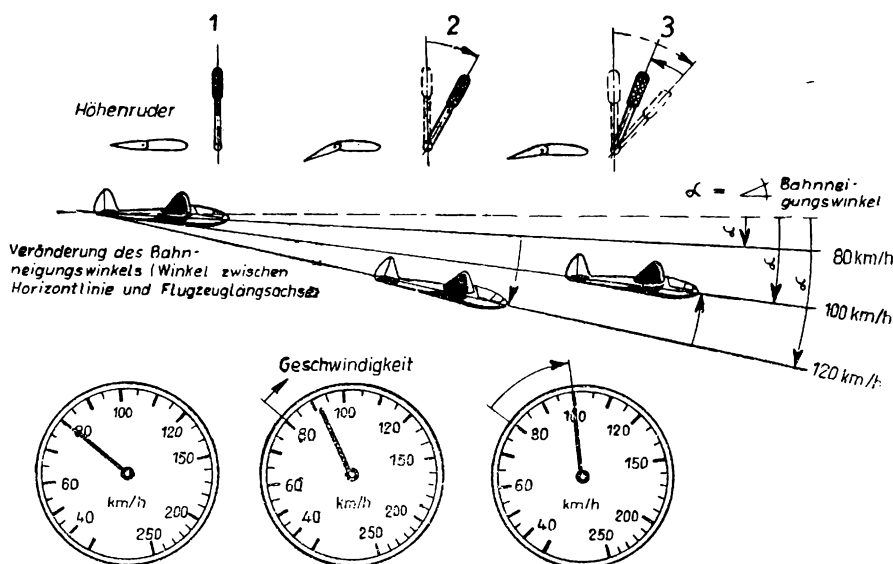


Abb. 11
Doppelte Steuerbewegung

Aus der Abb. 11 ersehen wir, daß der Bahnneigungswinkel nach der Steuerbewegung „drücken“ (2) einer Geschwindigkeit von 120 km/h entspricht, jedoch die Geschwindigkeitsanzeige erst ein langsames Aufholen der Geschwindigkeit anzeigt. Nach der Durchführung der Steuerbewegung (3) entspricht der Bahnneigungswinkel der Geschwindigkeit von 100 km/h.

Merksatz: Der Geschwindigkeitsmesser zeigt die jeweilige Geschwindigkeit des Flugzeuges ohne Verzögerung an.

Das heißt jedoch nicht, daß er auch die Veränderung der Längsneigung, des Bahnneigungswinkels ohne Verzögerung anzeigt. Zwischen der Verände-

rung des Bahnneigungswinkels und der Stabilisierung der Geschwindigkeit verstreicht eine gewisse Zeit zur Überwindung der Trägheitskräfte des Flugzeuges. Beim Instrumentenflug wird die Doppelbewegung nicht von den Instrumenten angezeigt, sondern nur das Ergebnis der doppelten Steuerbewegung. Die Größe und die Richtung der beendenden Steuerbewegung hängt von dem Ausmaß der vorgesehenen oder erforderlichen Steuerbewegung ab.

Der Wendezieger reagiert auf die verschiedenen Steuerbewegungen mit bestimmten Ausschlägen. Es ist notwendig sich einzuprägen, daß der Zeiger des Gerätes jeweils Drehungen um die Hochachse und die Kugel jede Veränderung, wie Schieben, Rutschen, also alle Bewegungen des Flugzeuges, bei denen das Gleichgewicht der Kräfte um die Längs- und Hochachse nicht eingehalten wird, anzeigt. Zur Korrektur bestimmter Ausschläge des Wendezigers (Zeiger und Kugel) muß man sich merken:

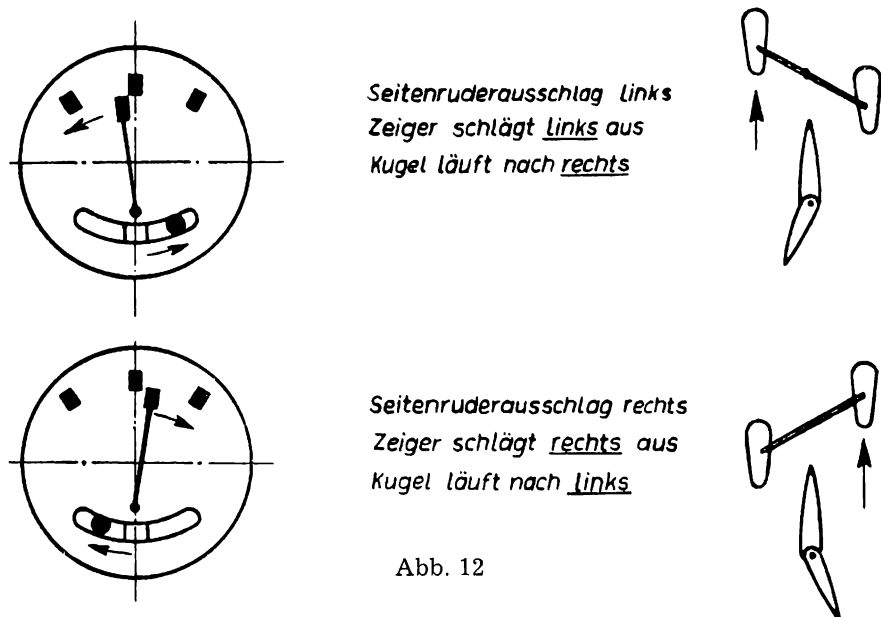
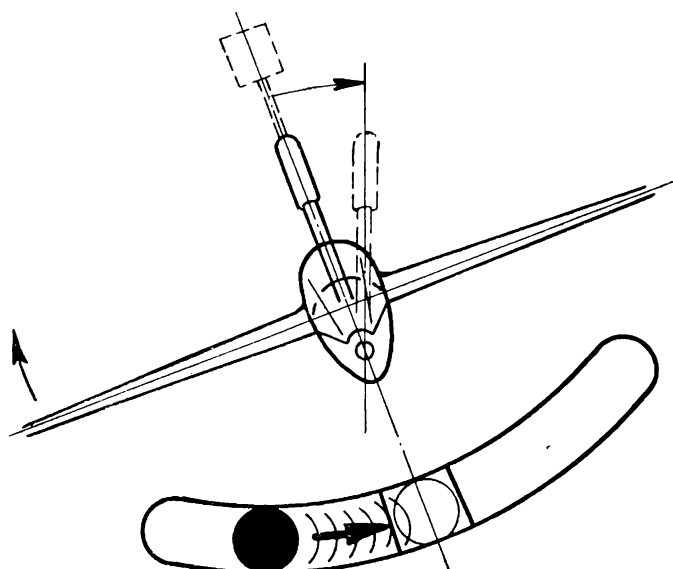


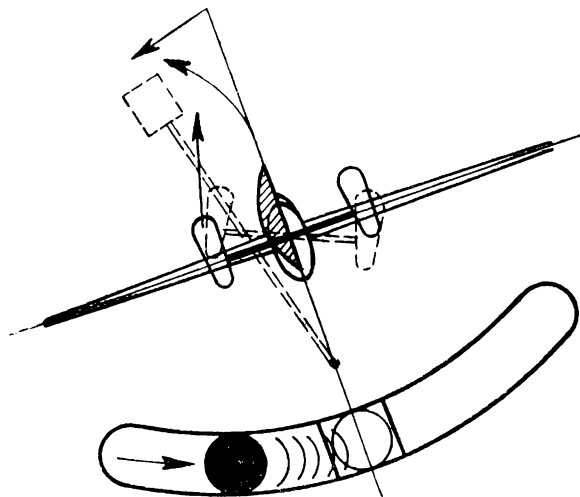
Abb. 12

Wird der Seitenruderausschlag zurückgenommen, gehen Zeiger und Kugel in die Normalstellung zurück. Wird entsprechend demselben Ruderausschlag das Querruder nach links oder rechts betätigt (Herstellung des



Der Knüppel zieht die Kugel in die Mittellage
Die Schräglage wird geringer

Abb. 13



*Das Seitenruder stösst die Kugel in die Mittellage
Die Drehbewegung - Wendezeigerausschlag wird vergrössert*

Abb. 14

Gleichgewichtes) so geht die Kugel in die Mittellage zurück, während der Zeiger die eingeleitete Drehbewegung (Kurve) anzeigt. Entfernt sich die Kugel im Geradeausflug aus der Mittellage, so gibt es zwei Möglichkeiten, um sie wieder in die Mittellage zurückzuführen. Man muß sich merken, daß eine Betätigung des Seitenruders die Kugel entgegen dem Ausschlag abstößt und eine Betätigung des Querruders die Kugel entsprechend dem Ausschlag mitzieht. In beiden Fällen wird das Kurvengleichgewicht hergestellt. Bei diesen Berichtigungen ist es nicht

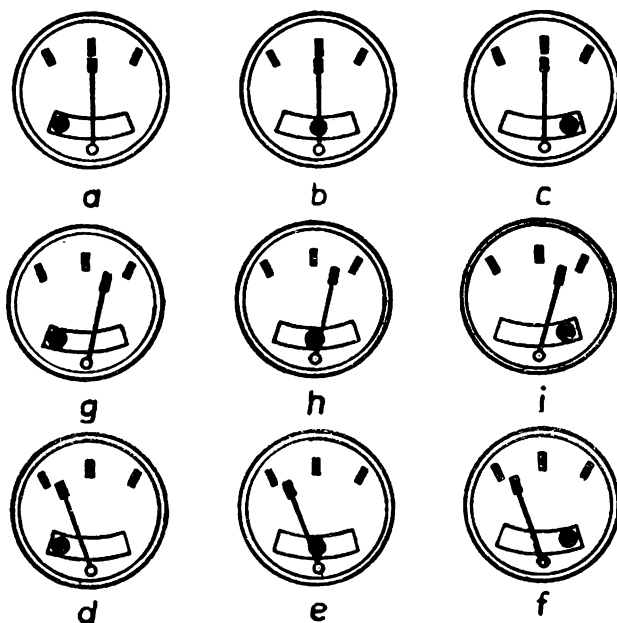


Abb. 15

Stellung des Wendezeigers

- a) Geradliniger Flug mit Hängen links (Seitengleitflug)
- b) Geradliniger Flug (normaler Geradeausflug)
- c) Geradliniger Flug mit Hängen rechts (Seitengleitflug)
- d) Rutschen in der Linkskurve (zu große Querneigung)
- e) Richtig geflogene Linkskurve
- f) Schieben in der Linkskurve (zu wenig Querneigung)
- g) Schieben in der Rechtskurve (zu wenig Querneigung)
- h) Richtig geflogene Rechtskurve
- i) Rutschen in der Rechtskurve (zu große Querneigung).

gleichgültig auf welche Weise das Auswandern der Kugel aus der Mittellage korrigiert wird. Eine Berichtigung mit dem Seitenruder verursacht eine sofortige Veränderung der Lage der Kugel entgegen dem gegebenen Seitenruderausschlag, wobei gleichzeitig eine Drehbewegung des Flugzeuges um die Hochachse eingeleitet bzw. vergrößert oder verringert wird. Bei einer Berichtigung mit dem Querruder wird gleichzeitig die Querlage des Flugzeuges verändert. Ein Seitenruderausschlag führt zu einer schnellen Berichtigung der Lage der Kugel, während die Kugel einer Querruderbewegung langsamer folgt.

III. Der Geradeausflug

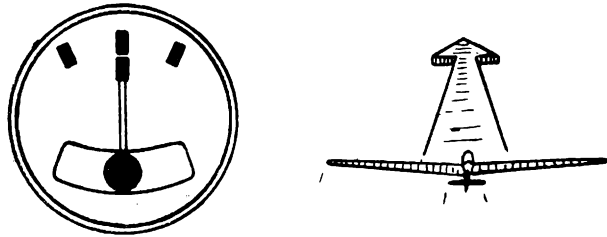


Abb. 16

Die Übung des Geradeausfluges ist die erste Übung nachdem der Pilot die Wirkungsweise der Instrumente in den verschiedenen Fluglagen und die volle Beherrschung des Flugzeuges nach den Instrumenten im Sichtflug erlernt hat. Beim Geradeausflug kommt es darauf an, das Flugzeug nach der Anzeige der Instrumente in der Horizontalfluglage zu halten und die Abweichungen von dieser Fluglage durch richtige Steuerausschläge zu korrigieren. Dabei ist es wichtig, daß die Steuerbewegungen zur Korrektur entsprechend der Instrumentenanzeige ruhig durchgeführt werden.

Das Auspendeln

Schlägt der Wendezeiger im Geradeausflug nach links aus und kehrt danach wieder in die Mittellage zurück, so hat das Flugzeug eine Kursänderung nach links durchgeführt und fliegt nach dieser Kursänderung wieder geradeaus.

Zur Korrektur dieser Kursänderung ist es erforderlich, den Zeiger des Wendezeigers in der gleichen Größenordnung und Zeit nach rechts aus schlagen zu lassen. Diese kleinen Korrekturen des Geradeausfluges werden mit dem Seitenruder allein durchgeführt.

Ein Querruderausschlag wird erst dann erforderlich, wenn mit dem Zeigerausschlag auch die Kugel der Libelle ihre Lage verändert und das Flugzeug schmiert oder schiebt. Das kann jedoch nur dann eintreten, wenn im Geradeausflug unbewußt das Querruder betätigt wird. Bei einem kleinen Ausschlag des Wendezeigers verändert die Kugel der Libelle ebenfalls kurz ihre Lage entgegen dem Wendezeigerausschlag. Sie kehrt jedoch gleich wieder in die Ausgangslage zurück oder wird durch das Auspendeln mit Seitenruder wieder in die Mittellage gebracht. Beim Geradeausflug ist der Wendezeiger und die Kugel in der Normalstellung zu halten. Ein Pendeln des Wendezeigers wird so korrigiert, daß der für den Geradeausflug angegebene Kompaßkurs eingehalten wird. Die Abweichung vom Kurs soll bei einem einwandfreien Geradeausflug nicht mehr als $\pm 5^\circ$ betragen. Für den Geradeausflug ist es wichtig, die Steuer ruhig und entspannt zu führen. Der Knüppel ist mit Daumen und Mittelfinger zu umfassen und das Seitenruder nur mit den Fußspitzen zu betätigen.

Beim Steigen oder Gleiten im Geradeausflug kommt es darauf an, nach Aufnahme des Kurses im Horizontalflug vor dem Übergang in den Steig- oder Gleitflug die Neigungsdeviation des Kompasses zu berücksichtigen.

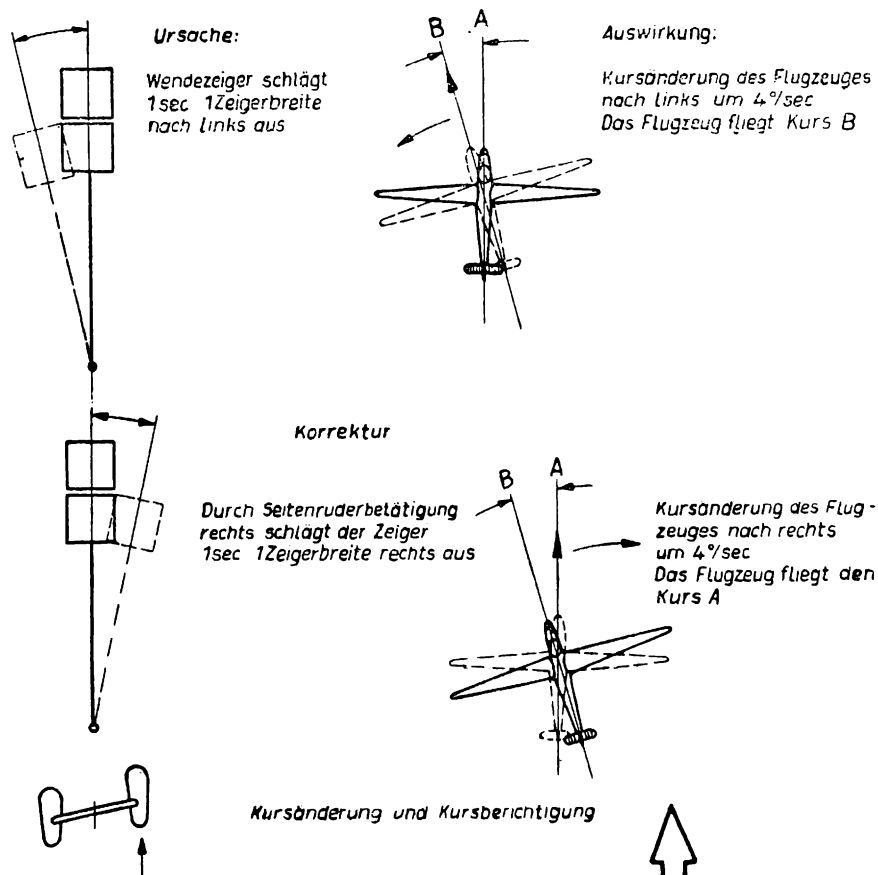


Abb. 17

Kursänderung und Kursberichtigung

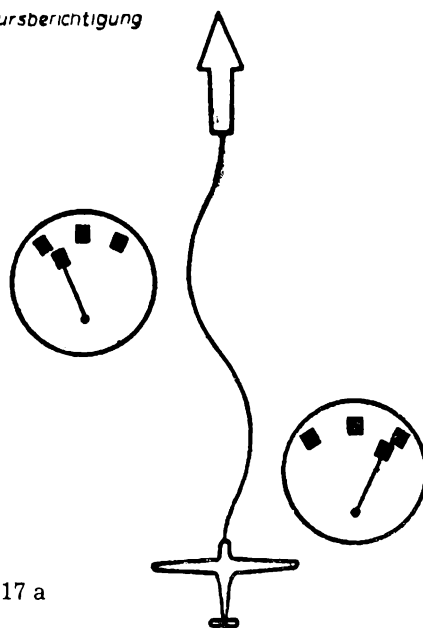


Abb. 17 a

Das Auspendeln

Beispiel: Wir fliegen Kurs 90° im Horizontalflug.

Beim Übergang in den Steigflug läuft der Kompaß auf 110° und bleibt nach einem Zurücklaufen bei 100° stehen. Das Weglaufen des Kompasses darf nicht korrigiert werden, da diese Abweichung der Neigungsdeviation entspricht. Sobald wir wieder in den Horizontalflug übergehen, wird am Kompaß nach dessen Beruhigung wieder 90° anliegen. Der Kompaß ist beim Geradeausflug das Instrument, welches dem Piloten die Kontrolle des Geradeausfluges ermöglicht.

Die Anzeige des Kompasses ist auf Grund der Neigungsdeviation, wie bereits besprochen, bei Ost- und Westkursen bei einem stärkeren Pendeln

des Flugzeuges um die Querachse ungenau. Die Kompaßrose pendelt nach links und rechts. Des weiteren ist die Kompaßanzeige bei Nord- und Südkursen im Geradeausflug sehr empfindlich, insbesondere dann, wenn das Flugzeug um die Hochachse und Längsachse pendelt.

IV. Kurvenflug

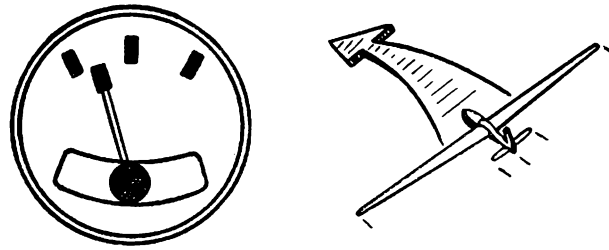
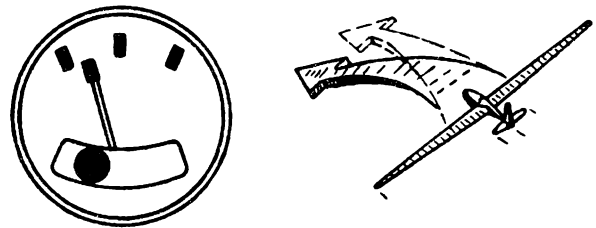
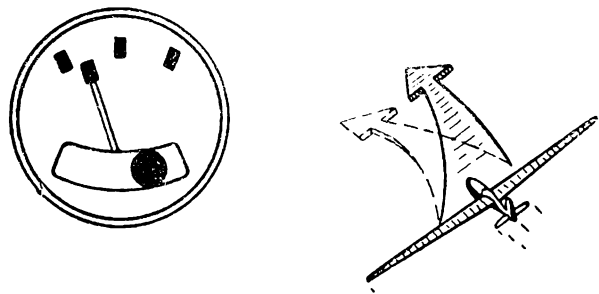


Abb. 18

Den Kurvenflug erlernen wir nach der Anzeige des Wendezählers und des Geschwindigkeitsmessers. Die Übungen beginnen mit dem Kurvenflug mit einer Zeigerbreite, später zwei und drei Zeigerbreiten, Kurvenwechsel sowie Kurven im Steig- und Gleitflug. Beim Kurven nach den Instrumenten ist es wichtig, die Geschwindigkeit des Flugzeuges in der Kurve und die für die Kurve erforderliche Schräglage nach der Anzeige der Instrumente einzuhalten, d. h. die Winkelgeschwindigkeit (Kursänderung geteilt durch die Zeit, in der die Änderung erfolgt) muß der Geschwindigkeit und Schräglage des Flugzeuges entsprechen.



*Flugzeug schmiert
zuviel Schräglage zu geringe Geschwindigkeit*



*Flugzeug schiebt
zuwenig Schräglage zu grosse Geschwindigkeit*

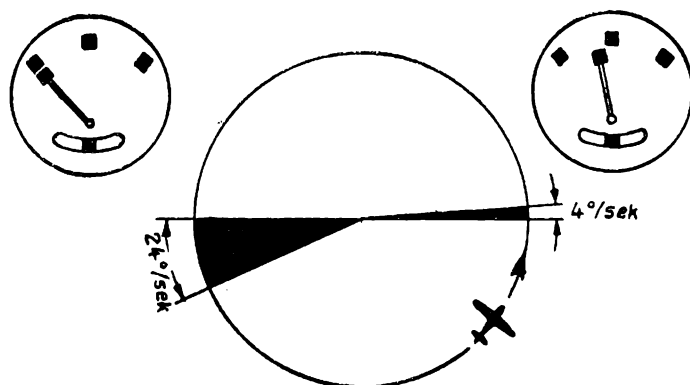
Abb. 19

Sind diese Faktoren richtig aufeinander abgestimmt, so wirkt das Kurvengewicht entsprechend der Hochachse, und wir haben einen einwandfreien Kurvenflug. Der Wendezähler steht entsprechend der Drehbewegung rechts oder links von der Mittelmarkierung. Die Kugel der Libelle ist in der Mittellage (Käfig), und der Geschwindigkeitsmesser zeigt die für die Kurve erforderliche Geschwindigkeit.

Die Anzeige des Wendezählers ist den Drehgeschwindigkeiten des Segelflugzeuges angepaßt. Bei einer Winkelgeschwindigkeit von ca. $4^\circ/\text{sec}$.

schlägt der Zeiger um eine Zeigerbreite aus. Ein Ausschlag bis zur Endbegrenzung des Wendezeigers entspricht einer Drehgeschwindigkeit um die Hochachse von ca. $24^\circ/\text{sec}$. Für eine Vollkurve, 360° , benötigen wir bei einem Ausschlag des Wendezeigers bei einer Zeigerbreite $\frac{360}{4} = 90$ bei vollem Zeigerausschlag $\frac{360}{24} = 15 \text{ sec}$. (Abb. 20 und 21)

Bei verschiedenen Wendezeigern, z. B. bei Wendezeigern für den Motorflug, beträgt die Drehgeschwindigkeit bei einer Zeigerbreite $2^\circ/\text{sec}$. = 180 sec. für eine Vollkurve. (Blindflugkurve.)



*Die Empfindlichkeit des Wendezeigers
für Segelflugzeuge*

Abb. 20

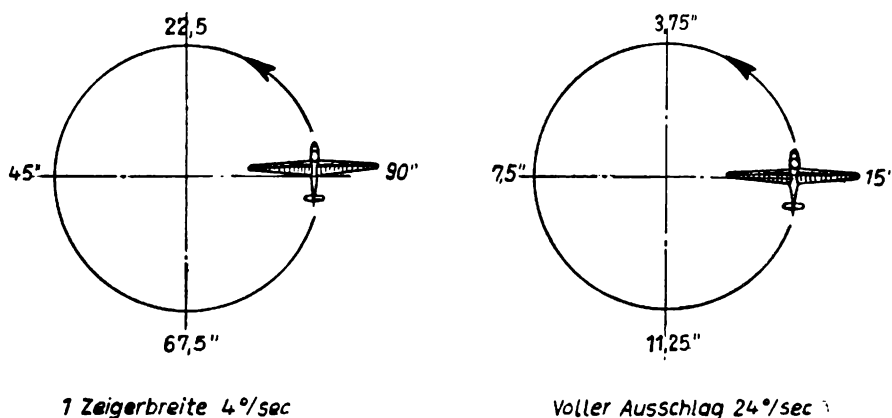


Abb. 21

Diese Betrachtungen sind notwendig, da gerade für den Instrumentenflug im Segelflugzeug das Fliegen von Kurven mit einem Ausschlag von mehreren Wendezeigerbreiten von Bedeutung ist, um die thermischen Aufwinde beim Fliegen in den Wolken durch ein enges Kreisen richtig auszunutzen. Der Pilot muß wissen, welcher Schräglage und Winkelgeschwindigkeit der Ausschlag des Wendezeigers entspricht. Da die Dämpfung des Wendezeigers nicht immer den angegebenen Werten entspricht, ist es richtig, vor dem Fliegen in den Wolken den Wendezeiger zu erfliegen und sich die Schräglage und Winkelgeschwindigkeit entsprechend dem Wendezeigerausschlag einzuprägen.

Beim Kurven kommt es darauf an, folgende Grundsätze besonders zu beachten:

1. Eine Kurve wird mit Quer- und Seitenruder in der beabsichtigten Drehrichtung eingeleitet. Ist der beabsichtigte Wendezeigerausschlag erreicht, werden die Ruder soweit zurückgenommen, bis der Wendezeiger seine der Kurve entsprechende Lage beibehält.

2. Während der Kurve ist es wichtig, die Kugel der Libelle in der Mittellage zu halten. Das geschieht vorwiegend durch die Betätigung des Querruders.
3. Ausschläge des Wendezeigers, Vergrößerung oder Verringerung der Drehbewegung werden mit Quer- und Seitenruder korrigiert.
4. Die Kurve wird beendet, indem mit Quer- und Seitenruder entgegen der Drehbewegung und Anzeige des Flugzeug aufgerichtet und die Normalstellung des Wendezeigers herbeigeführt wird.

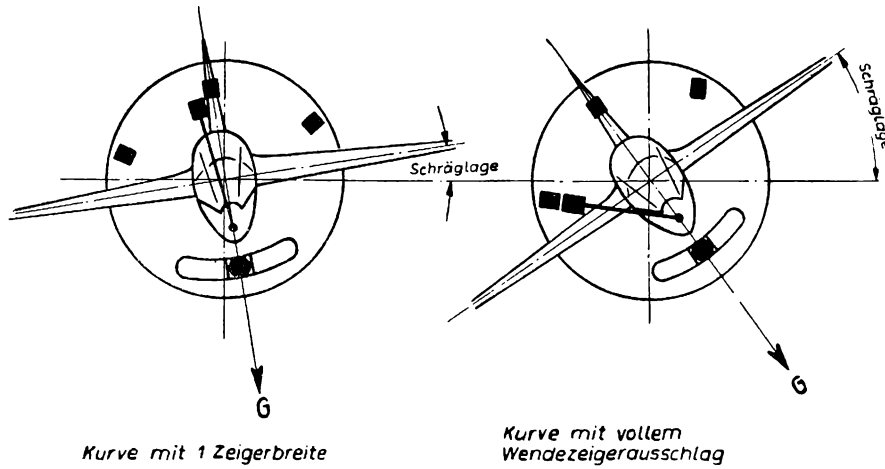


Abb. 22

Kurven mit einer Zeigerbreite

Das saubere Fliegen von Kurven mit einer Zeigerbreite (Blindflugkurve) ist die wichtigste Kurvenübung vor dem Erlernen der Kurven mit mehreren Pinselbreiten.

Durch Kurven mit einer Zeigerbreite nehmen wir entsprechend der Kompaßanzeige unter Berücksichtigung der Wendungsdeviation Kursänderungen vor.

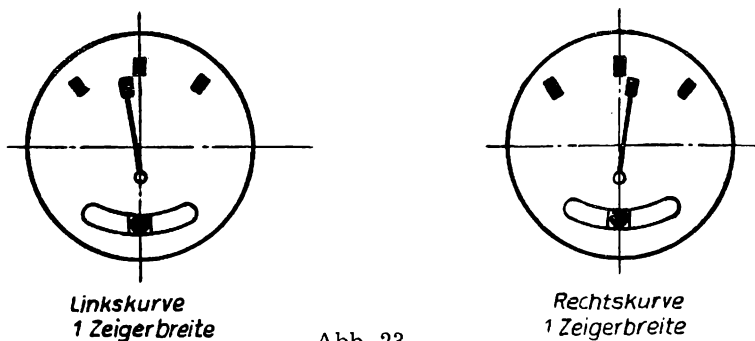


Abb. 23

Kurven mit einer Zeigerbreite

Die Kurve mit einer Zeigerbreite wird gleichzeitig und gleichsinnig mit Quer- und Seitenruder eingeleitet und nach der vorgesehenen Kursänderung mit Quer- und Seitenruder entgegen der Drehrichtung beendet. Beim Kurven kommt es darauf an, durch entsprechende Ausschläge, besonders mit dem Seitenruder, den Wendezeiger in der Stellung „eine Zeigerbreite“ zu halten.

Ist es Aufgabe, auf bestimmte Kurse einzukurven, so ist es notwendig unter Berücksichtigung der Wendungsdeviation das Flugzeug mit Seiten- und Querruder aufzurichten, den Wendezeiger in die Normalstellung zu bringen, sobald der Kompaß den entsprechenden Kurs anzeigt. Nach Beruhigung der Kompaßrose muß der Kompaß den neuen Kurs anzeigen.

Kurve mit zwei und mehreren Zeigerbreiten

Eine Kurve mit zwei und mehr Zeigerbreiten wird mit Quer- und Seitenruder eingeleitet. Dabei muß beachtet werden, daß es notwendig ist, vor dem Einleiten der Kurve die erforderliche Geschwindigkeit aufzuholen.

Hat der Wendezeiger den für die Kurve erforderlichen Zeigerausschlag erreicht, ist mit Quer- und Seitenruder der Zeiger in dieser Lage zu halten. Abweichungen von dieser Lage werden mit Quer- und Seitenruder korrigiert. Kleine Abweichungen der Kugel von der Mittellage werden nur mit dem Querruder korrigiert. Dabei ist es wichtig, gleichzeitig den Geschwindigkeitsmesser zu beobachten und die Kurvengeschwindigkeit konstant zu halten. Erhöht sich in der Kurve die Geschwindigkeit, so genügt es nicht, das Höhenruder zu ziehen. Durch die Betätigung des Höhenruders ohne gleichzeitigen Querruderausschlag entgegen der Drehrichtung vergrößert sich die Drehgeschwindigkeit (Winkelgeschwindigkeit), und der Wendezeiger schlägt stärker in Kurvenrichtung aus.

Die Geschwindigkeit in einer Kurve mit zwei und mehr Zeigerbreiten wird korrigiert, indem gleichzeitig mit einem Höhenruderausschlag das Querruder entgegen der Drehrichtung betätigt wird.

Verliert das Flugzeug in der Kurve an Geschwindigkeit, so ist das Höhenruder zu drücken und gleichzeitig das Querruder und Seitenruder in der Drehrichtung zu betätigen.

Beim Aufrichten bzw. Kurvenwechsel (Übergang von der Links- zur Rechtskurve) wird durch eine gleichzeitige und gleichsinnige Betätigung des Seiten- und Querruders bei gleichzeitigem Nachlassen des Höhenruders das Flugzeug zum Geradeausflug bzw. zur neuen Kurve übergeleitet.

Die Beobachtung des Variometers hilft dem Piloten beim Überleiten in die neue Kurve.

Durch die Variometeranzeige ist es dem Piloten möglich, das Wegsteigen des Flugzeuges beim Herausführen aus der Kurve, hervorgerufen durch den Geschwindigkeitsüberschuß, rechtzeitig zu korrigieren. Soll das Flugzeug aus einer Kurve mit mehreren Zeigerbreiten auf einen bestimmten Kurs aufgerichtet werden, so wird das Flugzeug erst soweit aufgerichtet, daß es in der gleichen Kurvenrichtung mit einer Zeigerbreite kurvt. Nach Beruhigung des Kompasses wird das Flugzeug, wie bereits beschrieben, auf den neuen Kurs geführt.

V. Herausführen des Flugzeuges aus abnormalen Fluglagen und gefährlichen Flugzuständen

Bei der Ausbildung im Instrumentenflug treten kaum gefährliche Flugzustände auf. Der Fluglehrer, der mit Horizontsicht fliegt, hat immer die Möglichkeit, falsche Steuerausschläge des Piloten zu korrigieren. Gefährliche Flugzustände treten dann auf, wenn der Pilot die Lage und Geschwindigkeit des Flugzeuges nicht mehr nach den Instrumenten einschätzen kann und falsche Steuerausschläge durchführt. Gefährliche Fluglagen können bei Flügen in den Wolken bei starker Turbulenz auftreten oder wenn durch die Vereisung die Ruder blockieren bzw. eine gefährliche Lastigkeit herbeigeführt wird. Ein Versagen der Instrumente sowie Erschwerung der Flugzeugführung durch elektrostatische Entladungen können ebenfalls zu gefährlichen Flugzuständen führen. Auf diese Frage soll jedoch hier nicht eingegangen werden. Im Buch „Segelfliegen“ sind darüber in dem Kapitel „Höhenflüge in Gewitterwolken“ v. Adam Zienteck Ausführungen gemacht.

Bei der Ausbildung im Instrumentenflug kommt es in den Übungen der unnormalen Fluglagen darauf an, daß der Pilot an Hand der Instrumentanzeige in der Lage ist, die jeweilige Fluglage des Flugzeuges zu bestimmen. Er muß in der Lage sein, das Flugzeug aus diesen unnormalen Fluglagen durch richtige Steuerausschläge herauszuführen.

Stark erhöhte Geschwindigkeit

Stark erhöhte Geschwindigkeiten werden dem Piloten durch die Fahr-messerranzeige und das zunehmende Fahrtgeräusch angezeigt. Dabei ist es wichtig festzustellen, aus welcher Fluglage heraus diese Geschwindigkeitszunahme erfolgte. Erfolgt die Geschwindigkeitszunahme im Geradeausflug, so ist es einfach, durch eine entsprechende doppelte Steuerbewegung mit dem Höhenruder die Geschwindigkeit zu normalisieren. Erfolgt die Geschwindigkeitszunahme in der Kurve, so ist es erforderlich, das Flugzeug aufzurichten, d. h. die Schräglage durch einen Querruderausschlag zu verringern und gleichzeitig das Höhenruder nachzulassen (Doppelbewegung). Wird in der Kürvenlage nur gezogen, so erhöht sich die Geschwindigkeit weiter, das Flugzeug gerät in die Steilspirale oder in das Trudeln. Erhöht sich die Geschwindigkeit des Flugzeuges, obwohl der Pilot das Höhenruder gezogen hält, dann ist das immer der Beweis dafür, daß das Flugzeug mit starker Schräglage bei normaler Querruderstellung fliegt.

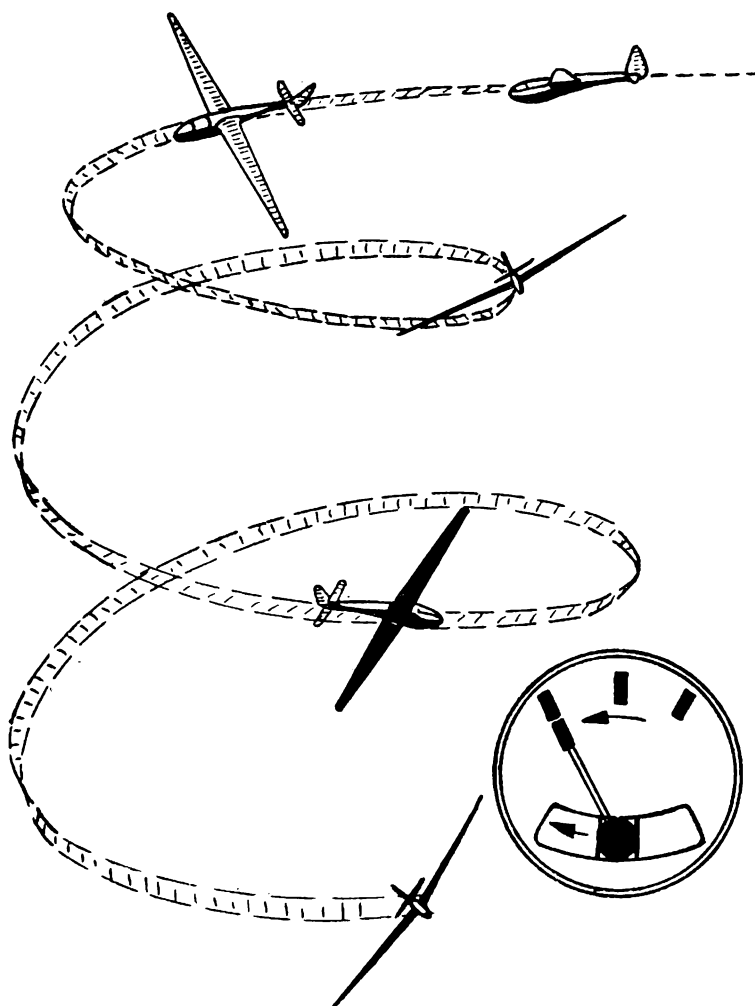


Abb. 24
Steilspirale

Das Flugzeug wird aus der Spirale mit überhöhter Geschwindigkeit herausgeführt, indem

1. durch einen Quer- und Seitenruderausschlag entgegen der Drehrichtung und Anzeige des Wendezeigers die Schräglage und Drehbewegung verringert wird,
2. der Anstellwinkel durch Nachlassen des Höhenruders verkleinert wird,
3. die Geschwindigkeit durch eine entsprechende Doppelbewegung mit dem Höhenruder normalisiert wird.

Merksatz: Soll das Flugzeug aus einer unnormalen Fluglage herausgeführt werden, ist es wichtig, erstens den Wendezeiger und zweitens die Kugel in die Normalstellung zu bringen. Ist der Wendezeiger und die Kugel in der Normallage, so läßt sich die erhöhte Geschwindigkeit leicht mit dem Höhenruder korrigieren. Befindet sich das Flugzeug im Sturzflug, so ist das Flugzeug mit dem Höhenruder langsam abzufangen.

Trudeln

Gerät das Flugzeug aus dem überzogenen Flugzustand im Geradeausflug oder aus der Kurve ins Trudeln, so ist das Flugzeug mit den für die Beendigung des Trudeln bei Sicht bekannten Steuerbewegungen aus dem Trudeln herauszuführen.

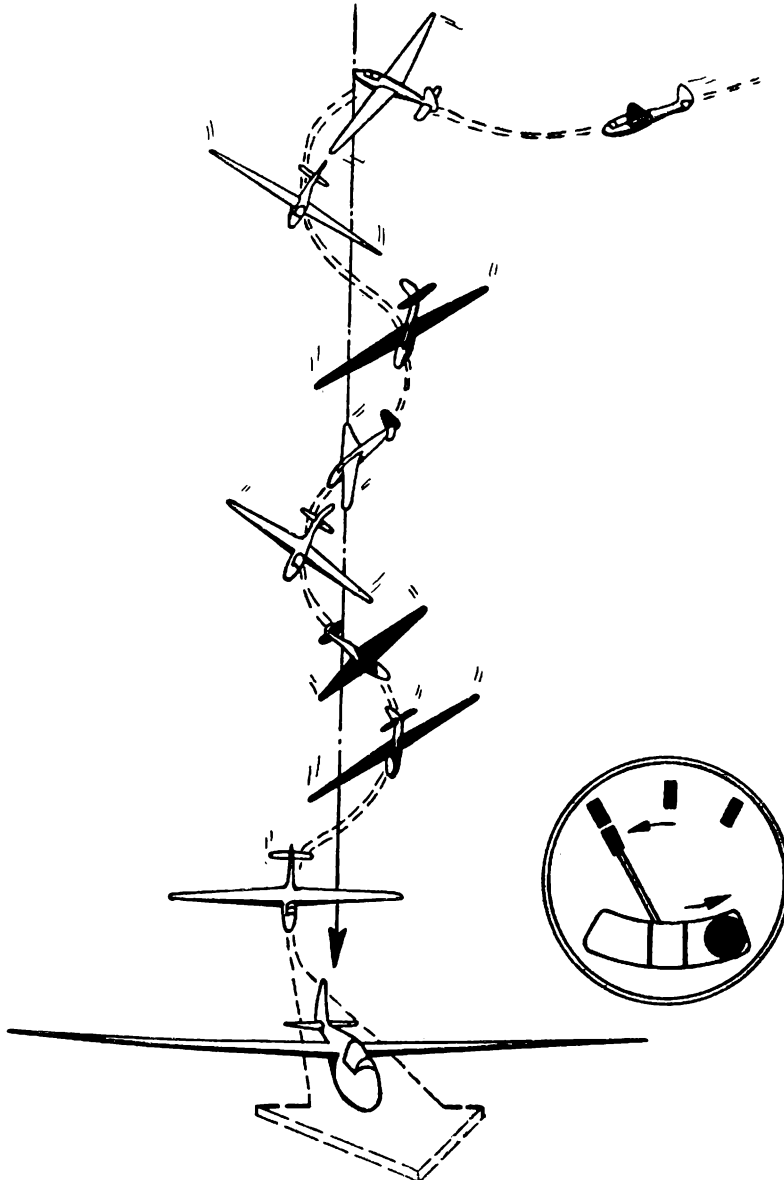


Abb. 25
Trudeln

Beim Trudeln zeigt der Wendezeiger folgende Lage: der Wendezeiger schlägt in Drehrichtung (Trudelrichtung) aus und die Kugel der Libelle befindet sich in der äußersten Lage entgegen der Trudelrichtung.

Dem Trudeln muß in jedem Falle ein überzogener Flugzustand vorausgehen, wobei in den meisten Fällen durch einen vorhandenen oder getätigten Seitenruderausschlag die Drehbewegung eingeleitet wurde.

Befindet sich das Flugzeug in der Steilspirale, so zeigt der Wendezeiger in Drehrichtung und die Kugel befindet sich fast in der Mittellage. In der Steilspirale erhöht sich die Geschwindigkeit immer mehr.

Beim Herausführen des Flugzeuges aus abnormalen Fluglagen kommt es darauf an, die durchzuführenden Steuerbewegungen schnell und richtig durchzuführen und die Ruhe zu behalten.

1. Wendezeiger in der Mittellage
2. Kugel in der Mittellage
3. Geschwindigkeit normalisieren

Ist der Pilot dazu nicht mehr in der Lage, dann muß er versuchen, z. B. beim Wolkenflug, das Flugzeug in den normalen Geschwindigkeitsbereich zu bringen und die Bremsklappen auszufahren. Das Ausfahren der Klappen darf jedoch keinesfalls bei stark überhöhter Geschwindigkeit erfolgen (Bruchgefahr).

In den meisten Fällen wird es dem Piloten möglich sein, das Flugzeug im Geradeausflug aus der Wolke herauszuführen.

Literraturangabe - Quellenangabe

1. „Der Blindflug“, Ing. R. Weigel
2. „Praktische Aerodynamik“, Ministerium für Nationale Verteidigung
3. „Instrumentenkunde“, J. Höntsch
4. „Segelfliegen“, Salzmann

Teil II: Fluglehre

für den einfachen und höheren Kunstflug

Der Unterricht „Fluglehre des einfachen Kunstfluges“ bzw. „Fluglehre des höheren Kunstfluges“ darf nur von Fluglehrern gehalten werden, die selbst im Besitz der entsprechenden Berechtigungen für den Kunstflug sind.

Hinweise zur Unterrichtsführung

Der Unterricht muß parallel mit der praktischen fliegerischen Ausbildung verlaufen, wobei jedoch zu beachten ist, daß zuerst die theoretische Einweisung erfolgt sein muß, ehe mit den fliegerischen Übungen eines Ausbildungsabschnittes begonnen werden darf.

Die Durchführung des Unterrichts erfordert sehr gute theoretische Kenntnisse und große fliegerische Erfahrungen des Lehrers.

Nach Ablauf eines Unterrichtsabschnittes ist es zweckmäßig, die wichtigsten Fragen von den Schülern wiederholen zu lassen.

Wichtig für den Erfolg des Unterrichts ist die Anschaulichkeit. Der Lehrer soll deshalb weitgehendst mit Anschauungsmaterial arbeiten.

Zur Erläuterung der verschiedenen Fluglagen und der richtigen Ruderausschläge wird empfohlen, zum Unterricht ein Flugzeugmodell mit beweglichen Rudern zu verwenden.

I. Einleitung

Die gesamte Ausbildung im Flugsport ist nicht Selbstzweck, sondern dient der Stärkung und Verteidigung unseres Arbeiter-und-Bauern-Staates. Diese Aufgabe verlangt von allen Segelfliegern, sich einen möglichst hohen Ausbildungsstand anzueignen.

Unter diesen Gesichtspunkten wird auch die Ausbildung im Kunstflug durchgeführt.

Kunstflug ist ein besonderer Höhepunkt in der Ausbildung unserer Segelflieger. Man kann den Kunstflug als den Beweis für das Beherrschen der Kunst des Fliegens betrachten. Diesen hohen Ausbildungsstand zu erreichen, erfordert von unseren jungen Piloten viel Mühe und beharrliche Arbeit, zugleich auch ein hohes Maß Selbstdisziplin und Selbstbeherrschung. Kunstflugschulung verspricht nur bei solchen Flugschülern Erfolg, die die Anordnungen des Fluglehrers genauestens befolgen, die nicht leichtsinnig werden und die nicht aus falschem Ehrgeiz mehr wagen, als sie selbst können. Ebenso wichtig ist auch die Anleitung durch einen erfahrenen Fluglehrer, der genau auf jeden Fehler achtet und diese Fehler entsprechend kritisiert. Voraussetzung für den Beginn der Kunstflugschulung ist eine möglichst große Flugerfahrung des Flugschülers.

Den einfachen Kunstflug sollte jeder Segelflieger beherrschen, wenn er Leistungssegelflug betreiben will, denn erst durch den einfachen Kunstflug lernt er das Flugzeug so sicher zu führen, daß er es schnell und richtig aus besonderen oder gefährlichen Fluglagen herausbringen kann.

Höherer Kunstflug führt zur vollkommenen Beherrschung der Steuerung eines Flugzeuges. Im höheren Kunstflug können nur die fähigsten Segel-

flieger ausgebildet werden, die dann bei Flugveranstaltungen durch ihr Können für den Segelflug werben und bei Flügen im Ausland das Ansehen und die Autorität unseres Staates heben und festigen. Unseren jungen Kameraden sollen diese Piloten Vorbilder sein und sie zu guten Leistungen anspornen.

Zu guten Leistungen im höheren Kunstflug wird nur der Pilot fähig sein, der Kunstflug gern und mit Freude durchführt und der körperlich in der Lage ist, außergewöhnliche Beanspruchungen zu vertragen.

II. Allgemeines

1. Körperliche Verfassung des Kunstfliegers

Bevor wir uns den Kunstflug-Segelflugzeugen und dem Kunstflug selbst zuwenden, wollen wir uns erst etwas mit dem Piloten eines Kunstflug-Segelflugzeuges befassen.

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 schnell eintretende Luftdruckunterschiede und durch Beschleunigungen, die unter Umständen manchmal den sechsfachen Wert der Erdbeschleunigung erreichen können, belastet. Ein kranker oder geschwächter Organismus ist diesen hohen Beanspruchungen nicht gewachsen und es können während des Fluges Funktionsstörungen eintreten.

Für den Segelflieger, der mit der Kunstflugschulung beginnen will, bedeutet das, sich nicht nur theoretisch auf den Kunstflug vorzubereiten, sondern auch körperlich. Durch regelmäßigen Sport wird der Körper kräftig und widerstandsfähig. Leichtathletische Übungen, Gymnastik, Turnen, Schwimmen und alle Arten von sportlichen Spielen erhalten und verbessern die Leistungsfähigkeit. Der sportliche Segelflieger wird den hohen physischen und psychischen Anforderungen des Kunstfluges besser gewachsen sein als der unsportliche.

Eine richtige Lebensweise hat für den Flieger die gleiche Bedeutung, wie z. B. für den Wettkampfsportler. Verstöße dagegen führen meist zur Herabsetzung der körperlichen Leistungen. Der Segelflieger wird dann dem Einfluß großer Beschleunigungen nicht mehr gewachsen sein, es treten schnell Ermüdungserscheinungen ein.

An jedem Leistungssegelflieger 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, besonders auf das Buch von N. N. Jakowlew: „Lebensweise und Ernährung des Sportlers“, Sportverlag Berlin, 1953.

Jeder Flieger sollte so vernünftig sein, vom Start zurückzutreten, wenn er sich körperlich oder geistig nicht vollkommen auf der Höhe befindet.

2. Einteilung des Kunstfluges

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 drehen kann. Flugeschwindigkeit und Beschleunigungen sind dabei dauernden Veränderungen unterworfen.

Der Kunstflug wird im allgemeinen in einfachen Kunstflug und in höheren Kunstflug eingeteilt.

Zum einfachen Kunstflug zählt man in der Regel die Grundfiguren: Steilkreise über 60° Schräglage, Looping aufwärts und Turn. Trudeln wird ebenfalls zum einfachen Kunstflug gerechnet. Es kann aber nicht als Kunstflugfigur bezeichnet werden, da Trudeln ein Flugzustand ist, der nicht

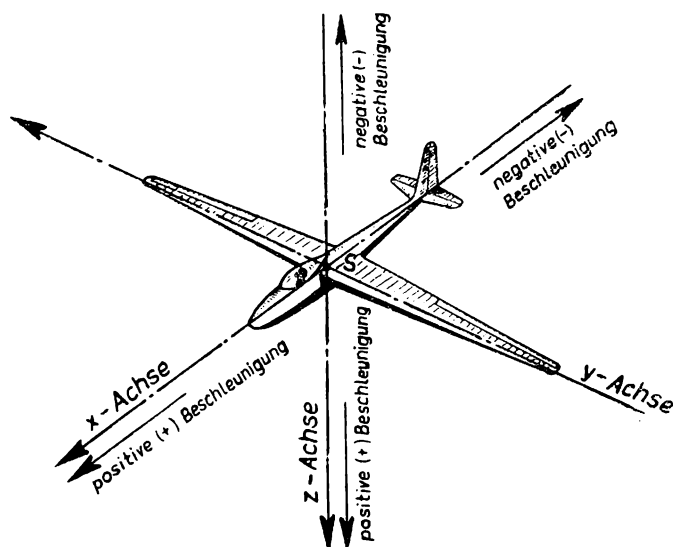
gesteuert, sondern nur mit Hilfe der Ruder eingeleitet und beendet werden kann. Während des Trudeln müssen die Flugzeuge durch die Ruder beeinflussbar bleiben.

Zum höheren Kunstflug gehören alle übrigen Figuren. Dem Trudeln verwandte Figuren, wie wechselseitiges Trudeln und die gerissene Rolle, gehören zum höheren Kunstflug. Steilkreise werden in dieser Ausarbeitung nicht behandelt, da diese zum Programm der Ausbildungsstufe II gehören und bereits in der Fluglehre für die Ausbildungsstufe II beschrieben worden sind.

3. Beschleunigungen

Eine Beschleunigung ist physikalisch betrachtet die zeitliche Änderung einer Geschwindigkeit. Eine Geschwindigkeit ist charakterisiert durch ihre Größe und durch ihre Richtung. 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 Flugzeuges hervorgerufen werden.

Jedem Flieger ist bekannt, daß man durch den Schwerpunkt des Flugzeuges 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 orientieren, benutzen wir diese Achsen für ein sogenanntes „flugzeugfestes“ Koordinationssystem. 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 dieses Koordinationssystems. Innerhalb dieses Achsensystems hat man den Achsen eine bestimmte Richtung gegeben. Die X-Achse ist nach vorn gerichtet, die Y-Achse ist nach rechts und die Z-Achse ist nach unten gerichtet.



Das „flugzeugfeste“ Koordinatensystem

*Beschleunigungen, die in Richtung der Achsen wirken, sind positive Beschleunigungen.
Beschleunigungen, die entgegen der Richtung der Achsen wirken, sind negative Beschleunigungen.*

Abb. 1 a

Beschleunigungen, die in diese eben genannten Richtungen wirken, werden als positive (+) Beschleunigungen bezeichnet und solche, die entgegengesetzt wirken, als negative (-) Beschleunigungen. Besondere Bedeutung haben beim Kunstflug vor allen Dingen Beschleunigungen, die parallel zur Z-Achse, d. h. „nach unten oder oben“ vom Sitz des Piloten aus ge-

sehen, wirken. Aus diesem Grunde meinen wir, wenn wir im Zusammenhang mit Kunstflug von Beschleunigungen sprechen, auch immer nur Beschleunigungen, die parallel zur Z-Achse wirken und die durch Betätigung des Höhenruders hervorgerufen werden.

Bei großen positiven Beschleunigungen, die den fünffachen Wert der Erdbeschleunigung, also $+5\text{ g}$, überschreiten, wird der Druck auf den Körper des Piloten nach unten, in Richtung auf den Sitz, so groß, daß sich die Hauptmenge des Blutes nach den unteren Körperteilen verlagert und dadurch ein Blutmangel im Gehirn eintritt, der so lange andauert, wie die Beschleunigung anhält. Für den Piloten bringt dieser Blutmangel im Gehirn eine sehr unangenehme Erscheinung mit sich, er ist sehgestört, es ist ihm schwarz vor den Augen. Die normale Funktion der Augen tritt mit dem Nachlassen der Beschleunigung wieder ein. Bei negativen Beschleunigungen wird der Pilot vom Sitz abgehoben und nur von den Gurten gehalten. Negative Beschleunigungen sind schwerer zu ertragen als positive und haben eine außerordentlich ermüdende Wirkung auf den gesamten Organismus. Bei negativen Beschleunigungen, die ca. -3 g erreichen, entsteht im Kopf des Piloten ein derartiger Blutüberdruck, daß manchmal die feinsten Blutgefäße platzen und meist zuerst die Augen zu bluten beginnen.

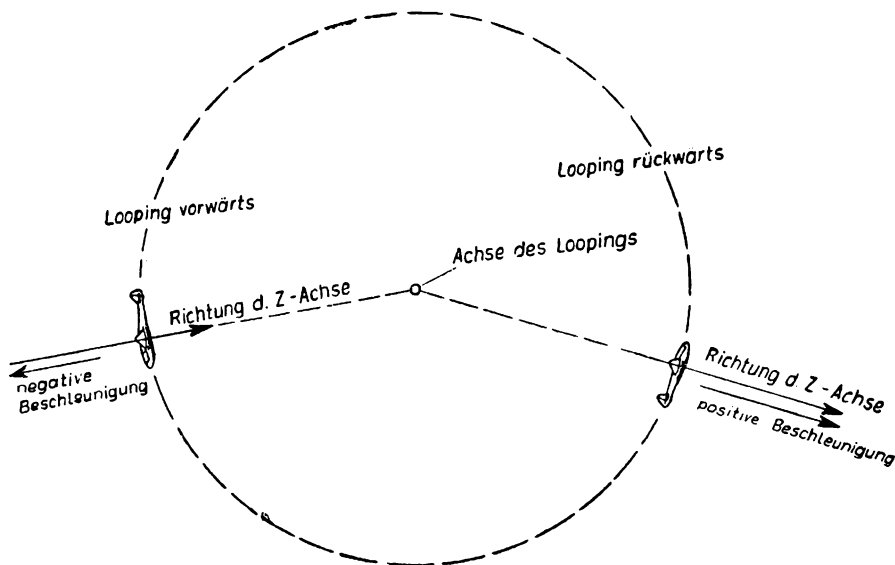


Abb. 1 b

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

Alle Kunstflugfiguren mit nur positiver Beschleunigung gehören zum einfachen Kunstflug, alle anderen zum höheren Kunstflug, wie z. B. Rückenflug ohne Richtungsänderung, Abschwung, Aufschwung, die gesteuerte Rolle.

Eine besondere Gruppe innerhalb des höheren Kunstfluges stellt der Rückenkunstflug dar, weil dabei ausschließlich negative Beschleunigungen auftreten. Aus diesem Grunde bringt diese Gruppe des höheren Kunstfluges auch die größten Belastungen für den Flugzeugführer mit sich. Zum Rückenkunstflug gehören unter anderem folgende Figuren: Looping vorwärts, Rückenturn, Rückenflugvollkreis, die äußere gerissene Rolle.

Bei diesen Betrachtungen taucht manchmal die Frage auf: „Ist es denn überhaupt erforderlich, Kunstflug durchzuführen, den Körper des Piloten derartigen Belastungen auszusetzen?“ Kunstflug ist niemals sinnlos, denn wie schon erwähnt, führt erst der Kunstflug zur vollkommenen Beherrschung des Flugzeuges. Der Segelflieger gewinnt durch den Kunstflug Vertrauen zu sich selbst und zu seinem Flugzeug. Das ist erforderlich, denn

beim Leistungssegelflug kann das Segelflugzeug leicht in Gefahrenzustände geraten, z. B. bei Blindflugversuchen.

Erst durch die Beherrschung des Kunstfluges ist also der Segelflieger in der Lage, sich in solchen Situationen richtig zu verhalten.

Darüber hinaus ist der Kunstflug aber auch ein Quell der Freude. Man kann sich ungehindert um alle Achsen frei im Raum bewegen. Jeder Flug ist 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 empfindet man es noch als sehr angenehm, wenn der Unterkiefer nach unten klappen will oder wenn man fühlt, wie alle Körperteile merklich schwerer werden. Man kann den Fuß, der vielleicht im Seitensteuer etwas verrutscht war, auch mit großer Anstrengung kaum mehr bewegen.

Ebenso angenehm wirken sich geringe 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.

4. Anschnallen des Piloten und Sitz des Fallschirmes

Beim Kunstflug allgemein, und besonders bei allen Kunstflugfiguren mit negativer Beschleunigung, kommt dem richtigen Anschnallen eine wichtige Bedeutung zu. Vor jedem Start ist zu überprüfen, ob sich das Gurtwerk der Anschnallgurte in einem einwandfreien 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 Beschwerden während des Fluges. Die Schultergurte dürfen während des Schleppfluges gelockert bleiben, da der Pilot in der Lage ist, sie unmittelbar vor Beginn des Kunstfluges selbst straff zu ziehen.

In diesem Zusammenhang noch ein Wort zum Fallschirm des Kunstfliegers. Es versteht sich von selbst, daß die Länge des Gurtwerkes 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 Fallschirmes S 27/III ist der Pilot durch das doppelte Gurtwerk in der engen Kabine des Kunstflug-Segelflugzeuges beim Bewegen des rechten Armes leicht behindert.

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

III. Kunstflug und Segelflugzeug

Mit der Entwicklung des Kunstfluges auf Segelflugzeugen mußten auch Segelflugzeuge geschaffen werden, die im Interesse ihres Verwendungszweckes konstruktiv, festigkeitsmäßig und in den Flugeigenschaften für den Kunstflug ausgelegt waren.

Wir unterscheiden bei diesen Segelflugzeugen zwei Kategorien:

- a) Segelflugzeuge, die für einfachen Kunstflug zugelassen sind (z. B. verschiedene Leistungs- und Hochleistungssegelflugzeuge).
- b) Kunstflug-Segelflugzeuge, die für vollen Kunstflug tauglich sind (Beispiele dafür sind: Habicht (DFS), Lunak (CSR), Jastrzab (VRP), Lo 100 (Westdeutschland).

Jeder Segelflieger muß wissen, daß Kunstflug nur mit dafür zugelassenen Flugzeugen durchgeführt werden darf.

Kunstflug auf anderen Segelflugzeugen ist verboten!

sehen, wirken. Aus diesem Grunde meinen wir, wenn wir im Zusammenhang mit Kunstflug von Beschleunigungen sprechen, auch immer nur Beschleunigungen, die parallel zur Z-Achse wirken und die durch Betätigung des Höhenruders hervorgerufen werden.

Bei großen positiven Beschleunigungen, die den fünffachen Wert der Erdbeschleunigung, also $+5\text{ g}$, überschreiten, wird der Druck auf den Körper des Piloten nach unten, in Richtung auf den Sitz, so groß, daß sich die Hauptmenge des Blutes nach den unteren Körperteilen verlagert und dadurch ein Blutmangel im Gehirn eintritt, der so lange andauert, wie die Beschleunigung anhält. Für den Piloten bringt dieser Blutmangel im Gehirn eine sehr unangenehme Erscheinung mit sich, er ist sehgestört, es ist ihm schwarz vor den Augen. Die normale Funktion der Augen tritt mit dem Nachlassen der Beschleunigung wieder ein. Bei negativen Beschleunigungen wird der Pilot vom Sitz abgehoben und nur von den Gurten gehalten. Negative Beschleunigungen sind schwerer zu ertragen als positive und haben eine außerordentlich ermüdende Wirkung auf den gesamten Organismus. Bei negativen Beschleunigungen, die ca. -3 g erreichen, entsteht im Kopf des Piloten ein derartiger Blutüberdruck, daß manchmal die feinsten Blutgefäße platzen und meist zuerst die Augen zu bluten beginnen.

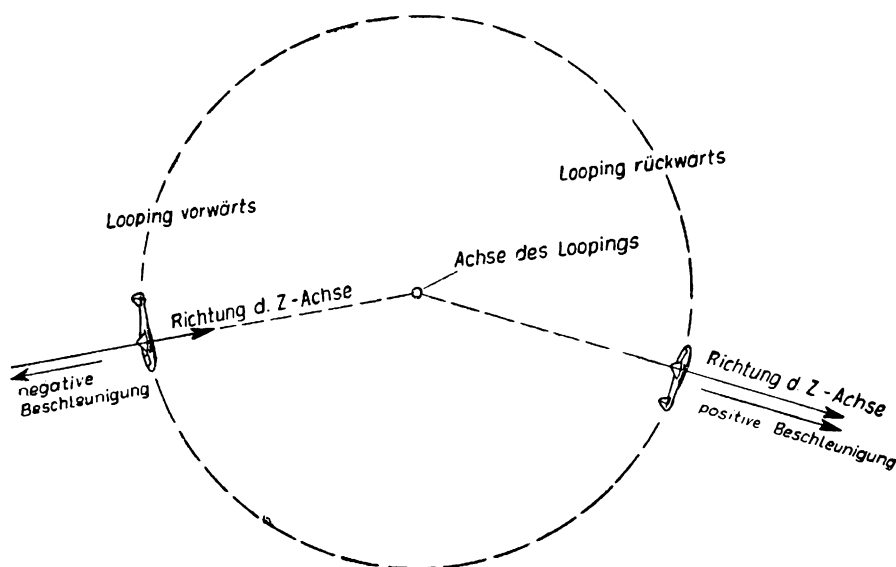


Abb. 1 b

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

Alle Kunstflugfiguren mit nur positiver Beschleunigung gehören zum einfachen Kunstflug, alle anderen zum höheren Kunstflug, wie z. B. Rückenflug ohne Richtungsänderung, Abschwung, Aufschwung, die gesteuerte Rolle.

Eine besondere Gruppe innerhalb des höheren Kunstfluges stellt der Rückenkunstflug dar, weil dabei ausschließlich negative Beschleunigungen auftreten. Aus diesem Grunde bringt diese Gruppe des höheren Kunstfluges auch die größten Belastungen für den Flugzeugführer mit sich. Zum Rückenkunstflug gehören unter anderem folgende Figuren: Looping vorwärts, Rückenturn, Rückenflugvollkreis, die äußere gerissene Rolle.

Bei diesen Betrachtungen taucht manchmal die Frage auf: „Ist es denn überhaupt erforderlich, Kunstflug durchzuführen, den Körper des Piloten derartigen Belastungen auszusetzen?“ Kunstflug ist niemals sinnlos, denn wie schon erwähnt, führt erst der Kunstflug zur vollkommenen Beherrschung des Flugzeuges. Der Segelflieger gewinnt durch den Kunstflug Vertrauen zu sich selbst und zu seinem Flugzeug. Das ist erforderlich, denn

beim Leistungssegelflug kann das Segelflugzeug leicht in Gefahrenzustände geraten, z. B. bei Blindflugversuchen.

Erst durch die Beherrschung des Kunstfluges ist also der Segelflieger in der Lage, sich in solchen Situationen richtig zu verhalten.

Darüber hinaus ist der Kunstflug aber auch ein Quell der Freude. Man kann sich ungehindert um alle Achsen frei im Raum bewegen. Jeder Flug ist 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 empfindet man es noch als sehr angenehm, wenn der Unterkiefer nach unten klappen will oder wenn man fühlt, wie alle Körperteile merklich schwerer werden. Man kann den Fuß, der vielleicht im Seitensteuer etwas verrutscht war, auch mit großer Anstrengung kaum mehr bewegen.

Ebenso angenehm wirken sich geringe 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.

4. Anschnallen des Piloten und Sitz des Fallschirmes

Beim Kunstflug allgemein, und besonders bei allen Kunstflugfiguren mit negativer Beschleunigung, kommt dem richtigen Anschnallen eine wichtige Bedeutung zu. Vor jedem Start ist zu überprüfen, ob sich das Gurtwerk der Anschnallgurte in einem einwandfreien 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 Beschwerden während des Fluges. Die Schultergurte dürfen während des Schleppfluges gelockert bleiben, da der Pilot in der Lage ist, sie unmittelbar vor Beginn des Kunstfluges selbst straff zu ziehen.

In diesem Zusammenhang noch ein Wort zum Fallschirm des Kunstfliegers. Es versteht sich von selbst, daß die Länge des Gurtwerkes 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 Fallschirmes S 27/III ist der Pilot durch das doppelte Gurtwerk in der engen Kabine des Kunstflug-Segelflugzeuges beim Bewegen des rechten Armes leicht behindert.

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

III. Kunstflug und Segelflugzeug

Mit der Entwicklung des Kunstfluges auf Segelflugzeugen mußten auch Segelflugzeuge geschaffen werden, die im Interesse ihres Verwendungszweckes konstruktiv, festigkeitsmäßig und in den Flugeigenschaften für den Kunstflug ausgelegt waren.

Wir unterscheiden bei diesen Segelflugzeugen zwei Kategorien:

- a) Segelflugzeuge, die für einfachen Kunstflug zugelassen sind (z. B. verschiedene Leistungs- und Hochleistungssegelflugzeuge).
- b) Kunstflug-Segelflugzeuge, die für vollen Kunstflug tauglich sind (Beispiele dafür sind: Habicht (DFS), Lunak (CSR), Jastrzab (VRP), Lo 100 (Westdeutschland).

Jeder Segelflieger muß wissen, daß Kunstflug nur mit dafür zugelassenen Flugzeugen durchgeführt werden darf.

Kunstflug auf anderen Segelflugzeugen ist verboten!

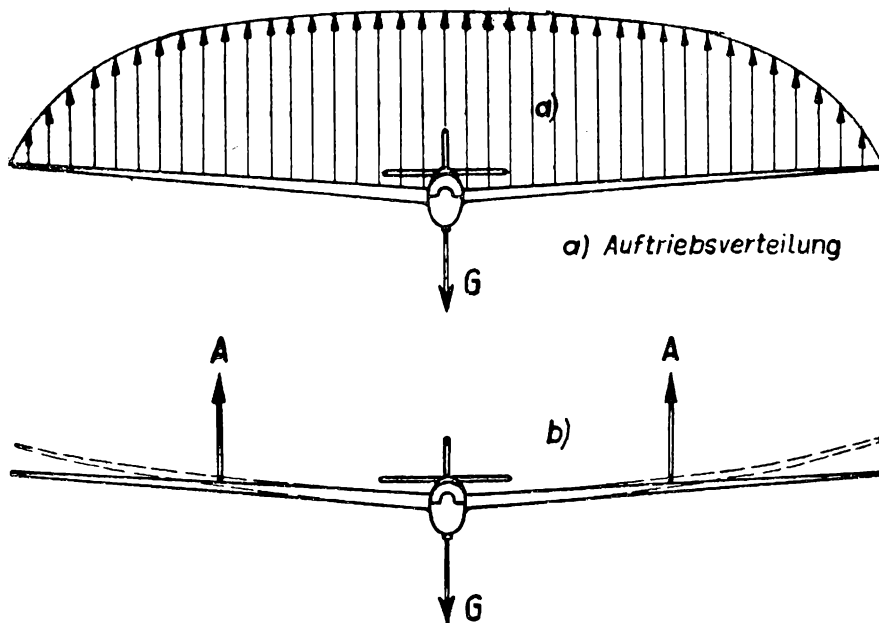
1. Beanspruchungen des Segelflugzeuges beim Kunstflug

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

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

Ein wesentlicher Grundbelastungsfall ist 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 große Luftkraft, die die Funktion der Zentripetalkraft auf der gekrümmten Flugbahn mit übernimmt. Die dabei herrschende füllige Auftriebsverteilung gegenüber dem im Schwerpunkt angreifenden Gewicht des Flugzeuges, verursacht eine große Durchbiegung der Tragflächen, vor allen Dingen im äußeren Bereich, entgegengesetzt zur Richtung des Gewichtes.



b) Auftrieb ist bei b) für jeden Tragflügel als Pfeil symbolisiert. Durch die Belastung des Flugzeuges beim Abfangen biegen sich die Tragflügel besonders stark nach oben.

Abb. 2

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

Beim Lastvielfachen müssen wir unterscheiden:

- a) Das sichere Lastvielfache,
- b) das Bruchlastvielfache.

Unter sicherem Lastvielfachen versteht man das Vielfache des Fluggewichtes, welches 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 gerade erschöpft ist und der Bruch zu erwarten ist.

Das sichere Lastvielfache (n_{sicher}) und das Bruchlastvielfache (n_{bruch}) sind durch den Sicherheitsfaktor (j) miteinander verknüpft, d. h.

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

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 $6 \cdot 1,75 = 10,5$ bei positiver Belastung und $3 \cdot 1,75 = 5,25$ 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 Abfangen auch noch Kräfte auf, die den Tragflügel zu verdrehen versuchen.

Außer den Tragflächen wird beim Abfangen natürlich auch das Höhenleitwerk und der Rumpf beansprucht.

Ein anderer Grundbelastungsfall ist 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.

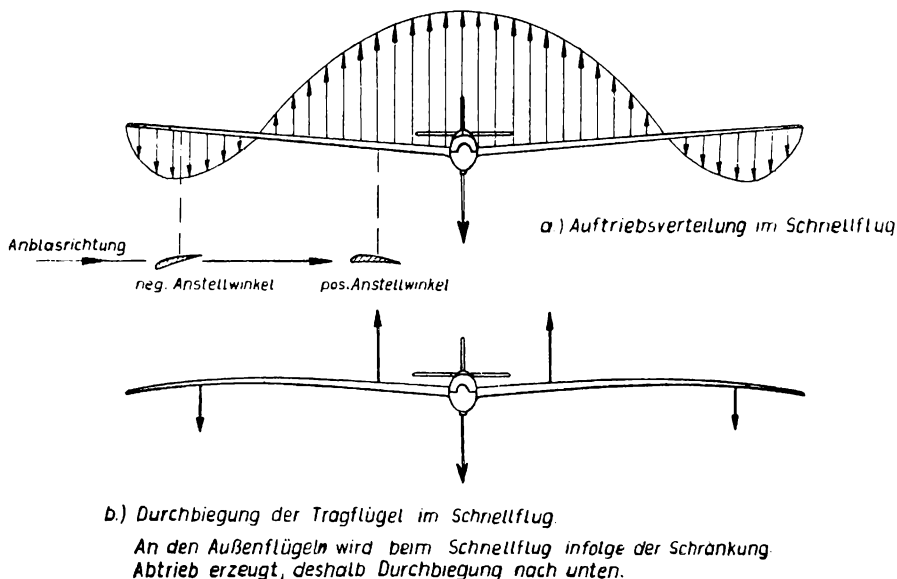


Abb. 3

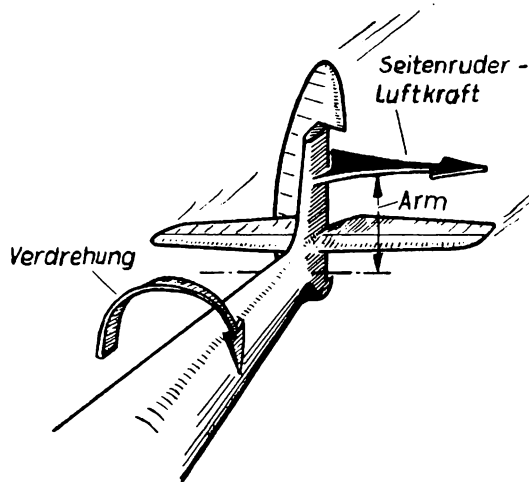
Ein weiterer Grundbelastungsfall ist die unsymmetrische Beanspruchung von Tragflächen und Leitwerken.

Fliegen wir z. B. eine Rolle, so wird das Tragwerk unseres Flugzeuges unsymmetrisch beansprucht. Dies ist durch die entgegengesetzt ausgeschlagenen Querruder bedingt, 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. Zu beachten ist hierbei, daß durch diese unsymmetrischen Beanspruchungen des Tragwerkes erhebliche Biege- und Verdrehungskräfte auftreten können.

Desgleichen besteht die Möglichkeit, daß die Leitwerke unsymmetrisch angeblasen werden, z. B. im Slip oder beim Trudeln. Bei diesen Flugzuständen liegen Leitwerksteile im Windschatten und 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.

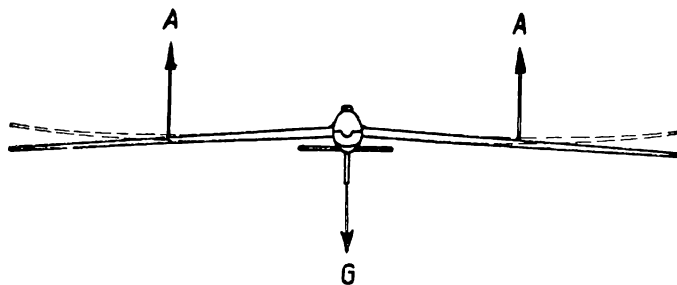


Bei Seitenruderausschlägen wird der Rumpf auf Verdrehung beansprucht.

Abb. 4

Bei Seitenruderausschlägen wird durch die Seitenruderluftkraft, weil ihre Resultierende außerhalb der Rumpflängsachse angreift, der Rumpf neben Biegung auch auf Verdrehung beansprucht.

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



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

Abb. 5

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 Abfangen).

Eine Beanspruchung, der alle Flugzeuge unterliegen, ist die Beanspruchung durch Böen. Kunstflugzeuge sind auch dafür besonders ausgelegt.

Die verschiedenen Belastungsfälle treten selbstverständlich 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).

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

Die Biegebeanspruchungen des Tragwerkes übernehmen die Hauptholme. Die Hauptholme in Tragflächen bei Segelflugzeugen werden vielfach als Doppel – T – oder Kastenholm ausgeführt.

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

Die Verdrehungskräfte werden bei den einzelnen Konstruktionsteilen, wie Tragflächen, Ruder, Dämpfungsflächen meist durch besondere Torsionsröhren oder -kästen aufgenommen. Bei den Tragflächen dient bei der gebräuchlichen einholmigen Bauweise die Sperrholznase zur Aufnahme der Verdrehungskräfte. Ähnlich ist das auch bei den Leitwerken.

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

Eine interessante Frage ist in diesem Zusammenhang noch, warum Segelflugzeuge, auch Kunstflug-Segelflugzeuge, in der Regel bei negativen Beanspruchungen nur halb so belastet werden dürfen wie bei positiven Beanspruchungen. Stellen wir fest:

- a) Der Mensch verträgt im Flug bei negativen Beschleunigungen bedeutend geringere Belastungen als im Flug bei positiven Beschleunigungen.
- b) 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.

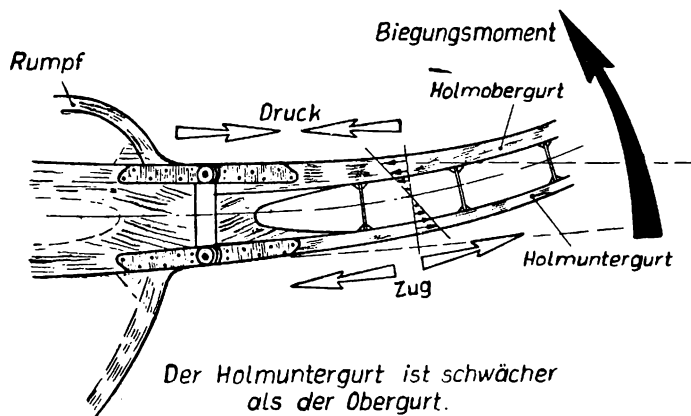


Abb. 6

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

Hieraus folgt die geringere Belastbarkeit des Flugzeuges bei negativen Beanspruchungen.

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 Lopping vorwärts, wenn dabei negative Beschleunigungen bis $- 3 \text{ g}$ 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 Kunstflugzeugen sollte aber unbedingt ein Beschleunigungsmesser eingebaut sein.

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

2. Anforderungen an die Flugeigenschaften und Flugleistungen des Kunstflug-Segelflugzeuges

Ein Kunstflug-Segelflugzeug unterscheidet sich von normalen Segelflugzeugen besonders durch seine Flugeigenschaften. Es muß sehr wendig um alle Achsen sein. Das bedingt, daß die Drehzeiten um alle Achsen sehr klein, d. h., daß die Winkelgeschwindigkeiten sehr groß sein sollen. Die Ruderfolgsamkeit muß gut sein. Wichtig ist, daß die Handkräfte am Steuerknüppel bei hohen Geschwindigkeiten nicht zu stark anwachsen. Durch die Forderung nach großer Wendigkeit wird natürlich die Stabilität eingeengt. Man begnügt sich deshalb bei Kunstflugzeugen mit verhältnismäßig kleinen statischen Stabilitäten und in dynamischen Fällen oft mit Indifferenz.

Um mit einem Kunstflug-Segelflugzeug ein zügiges, zeitlich nicht zu kurzes, reichhaltiges Programm fliegen zu können, muß man hinsichtlich seiner Flugleistungen gewisse Mindestforderungen stellen. Es ist notwendig, daß ein derartiges Flugzeug neben der Fähigkeit, jeglichen Kunstflug auszuführen, auch noch thermisch segeln kann. Ein Kunstflug-Segelflugzeug sollte heute mit seinen Flugleistungen zwischen Leistungs- und Übungssegelflugzeugen liegen, mit einer Gleitzahl um $1:22$. Die Sinkgeschwindigkeit sollte bei voller Zuladung nicht größer als 1 m/s werden. Der fliegerisch mögliche Geschwindigkeitsbereich ist von 65 km/h bis 350 km/h erwünscht.

IV. Funktion und Ruder des Flugzeuges

Um den Kunstflug ohne Schwierigkeiten erlernen zu können und um keine unnötigen Fehler bei der Steuerung des Flugzeuges in ungewohnten Fluglagen zu begehen, ist es erforderlich, völlige Klarheit über die Wirkung der Ruder zu besitzen. Deshalb ist an dieser Stelle eine kurze Wiederholung des betreffenden Abschnittes Aerodynamik aus dem Stoffgebiet der Ausbildungsstufe III notwendig.

Kunstflug bedeutet ständiges Verändern von Flugrichtung und Fluggeschwindigkeit. Der Kunstflug erfordert also ein ununterbrochenes Steuern des Flugzeuges. Die Möglichkeit zum Steuern des Flugzeuges erhalten wir durch das Leitwerk. Bei den verschiedenen Kunstflugfiguren bewegt sich das Flugzeug frei im dreidimensionalen Raum, es dreht sich dabei um seine drei Achsen. Die Achsen verlaufen durch den Schwerpunkt des Flugzeuges. Wie bereits erklärt, unterscheiden wir: Längsachse (X-Achse), Querachse (Y-Achse) und Hochachse (Z-Achse).

Die Ruderwirkung beruht auf folgendem Prinzip:

Wenn ein Ruder ausgeschlagen wird, verändert sich das Profil des betreffenden Leitwerkes. Bei den Querrudern verändert 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, welches eine Drehung des Flugzeuges um die betreffende Achse hervorruft.

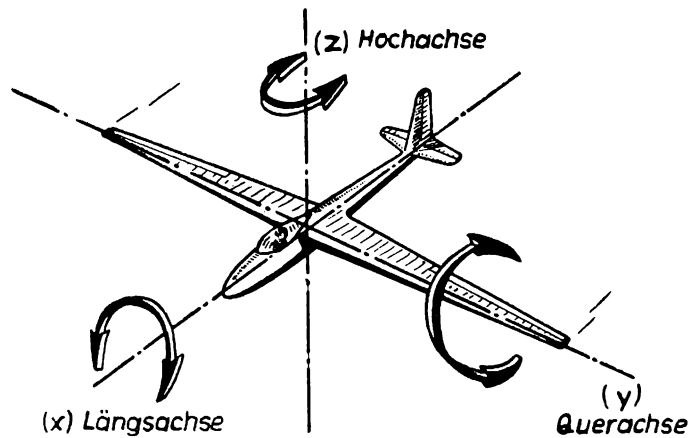


Abb. 7

1. Die Wirkung des Höhenruders

Jeder Ausschlag mit dem Höhenruder ruft eine Drehung des Flugzeuges um seine Querachse hervor. Dabei verändert sich der Anstellwinkel der Tragflügel. „Ziehen“ des Höhenruders hat eine Vergrößerung des Anstellwinkels zur Folge, beim „Drücken“ des Höhenruders erfolgt Übergang zu kleinerem Anstellwinkel. Durch den Höhenruderausschlag begibt sich das Flugzeug auf eine gekrümmte Flugbahn.

Wird das Höhenruder bei größerer Geschwindigkeit nach oben gerissen, 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 minimalsten Geschwindigkeit überschritten wird. Hieraus ist zu erkennen, daß das Überziehen eines Flugzeuges nicht von der Geschwindigkeit, sondern immer nur von der Größe des Anstellwinkels abhängig ist. Bei einigen Kunstflugfiguren hat dieser Umstand besondere Bedeutung.

2. Die Wirkung des Seitenruders

Seitenruderausschläge bewirken eine Drehung des Flugzeuges um seine Hochachse. 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. u.).

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 wird er kleiner. Dadurch entstehen an beiden Tragflächen unterschiedliche Auftriebskräfte. Diese unterschiedliche Kräfteverteilung ruft ein Moment hervor, welches eine Drehung des Flugzeuges um seine Längsachse bewirkt. Das Flugzeug rollt!

Mit der Vergrößerung des Auftriebes an der einen Tragfläche vergrößert sich aber auch der Widerstand an dieser Tragfläche; und mit der Verkleinerung des Auftriebes an der anderen Tragfläche verringert sich dort der Widerstand. Aus diesem Grunde führt das Flugzeug bei einem Querruderausschlag neben der Drehung um seine Längsachse auch noch eine Drehung um seine Hochachse aus, und zwar nach entgegengesetzter Richtung. Wir bezeichnen dieses Drehmoment um die Hochachse des Flugzeuges 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.

V. Figuren des einfachen Kunstfluges

1. Trudeln

Das Trudeln ist kein gefährlicher Flugzustand. Es verlangt vom Piloten genaue Kenntnisse der aerodynamischen Vorgänge.

Wenn wir unser Segelflugzeug mit leicht angezogenem Höhenruder fliegen, wird es allmählich zu einem immer größeren Anstellwinkel kommen. Mit dem Anstellwinkel vergrößert sich auch der Widerstand. Die Geschwindigkeit geht mehr und mehr zurück. Nach einer gewissen Zeit können wir feststellen, daß die Geschwindigkeit nicht mehr weniger wird 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 eben beschriebene Vorgang kann wiederholt werden.

Das Flugzeug befand sich im überzogenen Flugzustand. Wir bezeichnen diesen Flugzustand auch als „statisches Überziehen“.

Wenn dagegen das Segelflugzeug bei einer Geschwindigkeit, die größer ist als die minimale Geschwindigkeit, mit so großem Anstellwinkel geflogen wird, daß die Strömung abreißt, so sprechen wir, wie bereits erwähnt, von einem „dynamischen Überziehen“.

Mit Hilfe des dynamischen Überziehens fliegen wir auch dem Trudeln verwandte Kunstflugfiguren, wie z. B. die gerissene Rolle oder den Wirbelturm. Was ist bei diesem statischen Überziehen mit unserem Flugzeug vorgegangen?

Durch die fortwährende Anstellwinkelvergrößerung wurde der „kritische“ Anstellwinkel überschritten. Die Umströmung der Tragflächen durch die Luft wurde mehr und mehr gestört und beim Überschreiten des kritischen Anstellwinkels riß sie ab. Der Auftrieb sinkt dabei sehr stark, das Flugzeug „fällt“. Infolge seiner Stabilität geht es auf den Kopf und holt von selbst Fahrt auf.

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.

Wenn nun aus irgendeinem Grund das Abreißen der Strömung an einer Tragfläche etwas eher erfolgt als an der anderen, 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 Hoch-

*) Rumpfschnauze, Flugzeugschnauze, Rumpfbug, Rumpfspitze: bei Fliegern gebräuchliche Bezeichnungen des Rumpfvorderteiles.

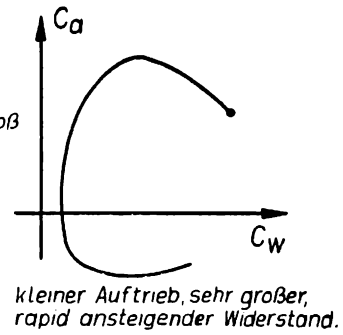
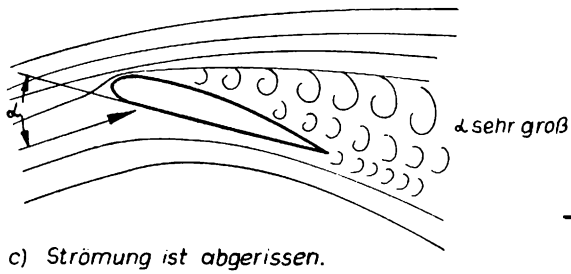
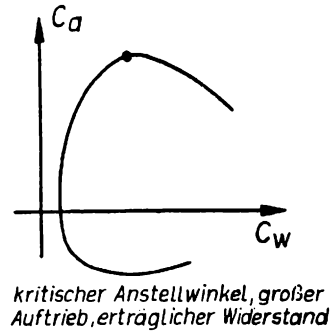
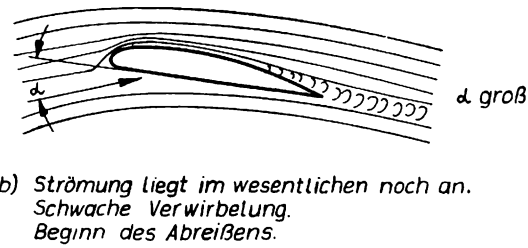
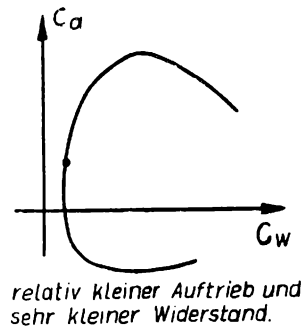
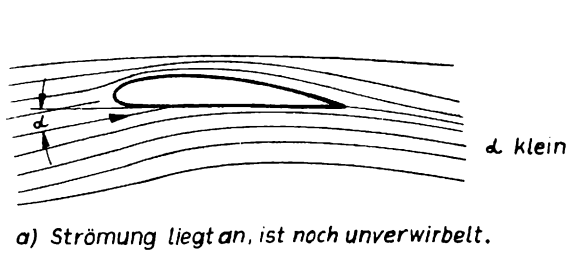


Abb. 8

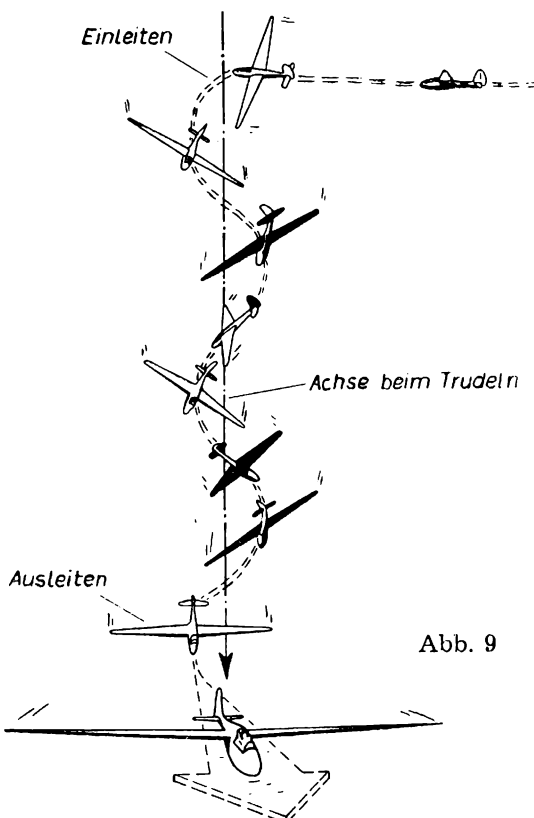


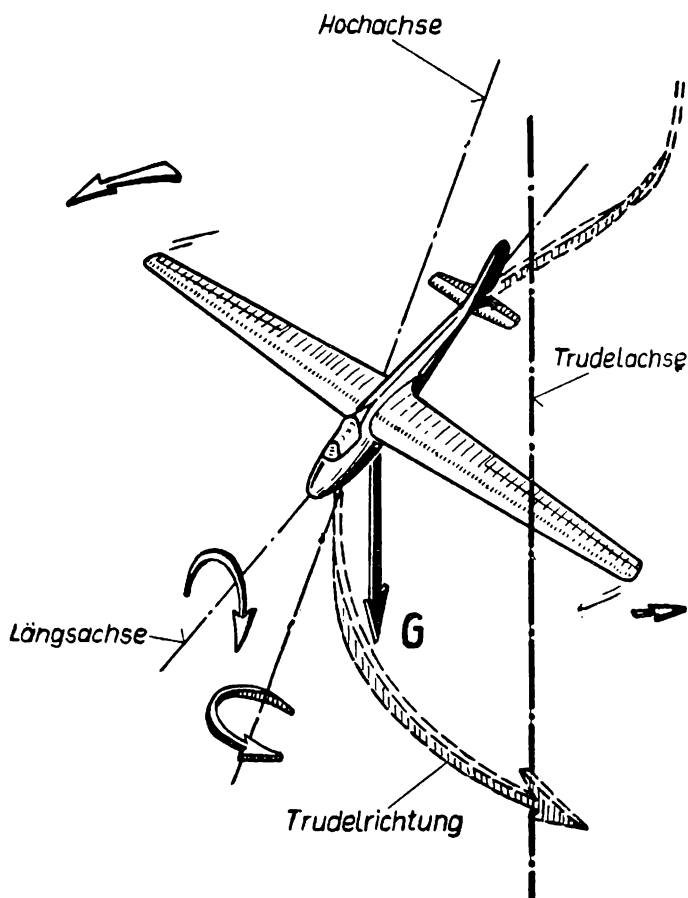
Abb. 9

achse zu drehen, weil ein überzogener Tragflügel (durch die Instabilität um die Hochachse) die Eigenschaft hat, in Selbstrotation überzugehen. Das Flugzeug trudelt!

Will man das Flugzeug absichtlich ins Trudeln bringen, muß man auch absichtlich herbeiführen, daß die Strömung an einer Tragfläche eher als an der anderen abreißt. Man erreicht das durch weiches, volles Austreten des Seitenruders. An den Tragflächen des Flugzeuges kann man dabei folgendes feststellen:

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-Vermin- derung ein) und damit vergrößert sich, weil das Flugzeug im Bereich des kritischen Anstellwinkels fliegt, die Abreißneigung bis zum völligen Ab- reißen der Strömung.

An der äußeren Tragfläche vergrößert sich die Geschwindigkeit (es erfolgt eine Re-Zahl-Erhö- hung). Die Abreißneigung wird zunächst geringfügig vermindert.



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

Abb. 10

Das Flugzeug trudelt nach der Seite des ausgeschlagenen Seitenruders.

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

Bei den ersten Trudelversuchen kann es vorkommen, daß das Flugzeug nach dem Einleiten wohl über den Flügel abkippt und 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.

Wenn wir das Flugzeug wieder aus dem Trudeln herausführen wollen, müssen wir den unterschiedlichen Geschwindigkeiten unserer beiden Tragflächen entgegenwirken, wir müssen die Drehung des Flugzeuges 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 britischen Anstellwinkels heraus. Die Luftströmung wird wieder an beiden Tragflächen gleichmäßig anliegen. Durch das noch gezogene Höhenruder führt das Flugzeug die Abfangbewegung durch. Kurz vor Erreichen der Normalfluglage wird der Steuerknüppel in die Normalstellung gebracht, um ein „Hinausschießen“ des Flugzeuges über den Horizont zu vermeiden.

Beim Beenden des Trudeln sollte man beachten, daß zuerst der Seitenruderausschlag erfolgt, ehe das Höhenruder nachgelassen wird. Das hat folgenden Grund:

Während des Trudeln 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.

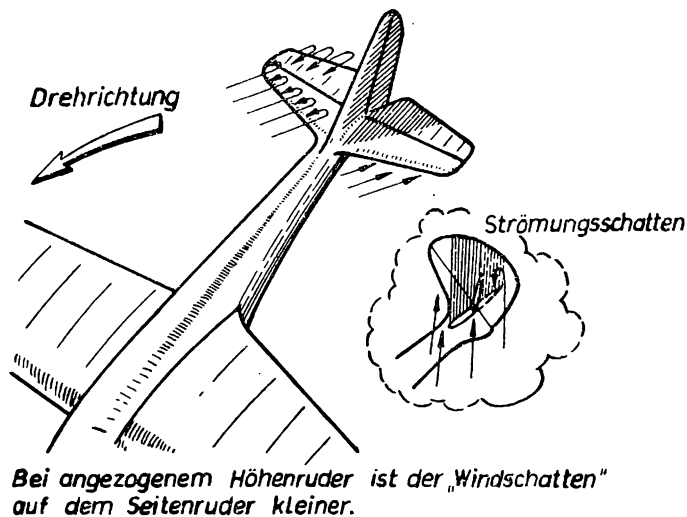


Abb. 11

Bei den meisten Flugzeugtypen genügen zum Einleiten des Trudeln die Ruderausschläge wie sie oben beschrieben worden sind, also Ruderausschläge mit Seitenruder und Höhenruder. Es gibt aber auch Flugzeugtypen, die schwer ins Trudeln zu bringen sind, die bei vollem Seitenruder- und Höhenruderausschlag noch nicht trudeln. In solchen Fällen können wir mit einem zusätzlichen Querruderausschlag etwas nachhelfen. Nach welcher Seite der Querruderausschlag gegeben werden muß, hängt von den Eigenarten des betreffenden Flugzeuges ab. Mitunter treten dabei Unterschiede sogar bei verschiedenen Flugzeugen des gleichen Typs auf. Manche Flugzeuge verlangen einen Querruderausschlag in Richtung der Trudelform, die meisten aber einen Gegenquerruderausschlag.

Beim Beenden des Trudeln reagieren die verschiedenen Flugzeuge auch verschieden auf die Bewegungen der Ruder. Manche Flugzeuge hören bereits auf zu trudeln, wenn das Seitenruder wieder bis in die Normal-

stellung gebracht worden ist. Andere Flugzeuge gehen sofort aus dem Trudeln heraus, wenn nur das Höhenruder wenige Millimeter nachgelassen wird. Es gibt auch Flugzeuge, die nur 2, 3 und 4 Umdrehungen trudeln und dann von selbst aus dem Trudeln herausgehen, ohne daß man die geringste Bewegung mit den Rudern gemacht hat.

Die meisten Flugzeuge werden bei dem Seitenruderausschlag zum Beenden des Trudelns nicht im gleichen Moment aus dem Trudeln herausgehen, sondern es tritt eine gewisse Verzögerung ein, die wir mit Nachdrehen bezeichnen. Nach dem Gegenseitenruderausschlag verringert sich die Drehgeschwindigkeit des Flugzeuges 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 Flugzeuges, von der Lage des Schwerpunktes, von der Ruderstellung während des Trudelns, von den Ruderausschlägen zum Beenden des Trudelns. Das Nachdrehen beim Beenden des Trudelns kann $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ Umdrehungen betragen.

Von besonderer Wichtigkeit ist es, beim beabsichtigten Trudeln die Orientierung nicht zu verlieren. Man wählt sich einen markanten Orientierungspunkt aus, der sich in ca. 5 km Entfernung vom Flugzeug befinden soll, 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 er kann dadurch leicht die Anzahl der Umdrehungen zählen. Einen weiter entfernt liegenden Richtungspunkt zu benutzen ist nicht zu empfehlen, da beim Trudeln durch die steile Lage des Flugzeuges der Horizont „oben“ zu sehen ist. Der Pilot müßte den Kopf sehr weit in den Nacken nehmen, um einen Richtungspunkt am Horizont überhaupt sehen zu können.

Der Trudelzustand ist „genau“ beendet worden, wenn das Flugzeug so aus dem Sturzflug abgefangen worden ist, daß es in Richtung des Orientierungspunktes fliegt. Um das zu erreichen, muß die Verzögerung beim Beenden des Trudelns bekannt sein und beachtet werden. Wir müssen also die Ruderbewegungen zum Beenden des Trudelns $\frac{3}{4}$ bis $\frac{1}{4}$ Umdrehungen vor dem Richtungspunkt beginnen. Um den richtigen Zeitpunkt nicht zu verfehlen, empfiehlt es sich, der Drehbewegung des Flugzeuges etwas „voraus“ zu blicken, oder wenn die Verzögerung $\frac{3}{4}$ Umdrehung beträgt, noch einen zweiten Orientierungspunkt zu Hilfe zu nehmen.

2. Looping

Der Looping ist faktisch ein Kreis in einer senkrechten Ebene.

Er ist die einfachste Kunstflugfigur und zählt zugleich zu den ältesten Kunstflugfiguren. Der erste Looping wurde 1913 von dem russischen Piloten Piotr Niestrierow 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 Flugzeuges 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.

Bedingt durch die senkrechte Kreisbahn beim Fliegen eines Loopings wird sich das Flugzeug in ständig veränderter Lage zur Erde befinden, die Geschwindigkeit wird sich ebenfalls dauernd verändern. Dadurch ist auch die wirksame Beschleunigung dauernden Veränderungen unterworfen. Bei einem normal geflogenen Looping soll die maximale Beschleunigung + 3,5 g nicht überschreiten und im Gipfel des Loopings + 1 g nicht unterschreiten.

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 verloren durch den Übergang zu größerem Anstellwinkel beim Ziehen des Höhenruders, weil damit auch ein Ansteigen des Widerstandes verbunden ist.

Wir richten unser Flugzeug auf einen bestimmten Orientierungspunkt, der diesmal am Horizont liegen soll, aus und achten von diesem Zeitpunkt an genauestens auf Flugrichtung und normale Querlage. Durch Andrücken des Flugzeuges 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% der Normalgeschwindigkeit

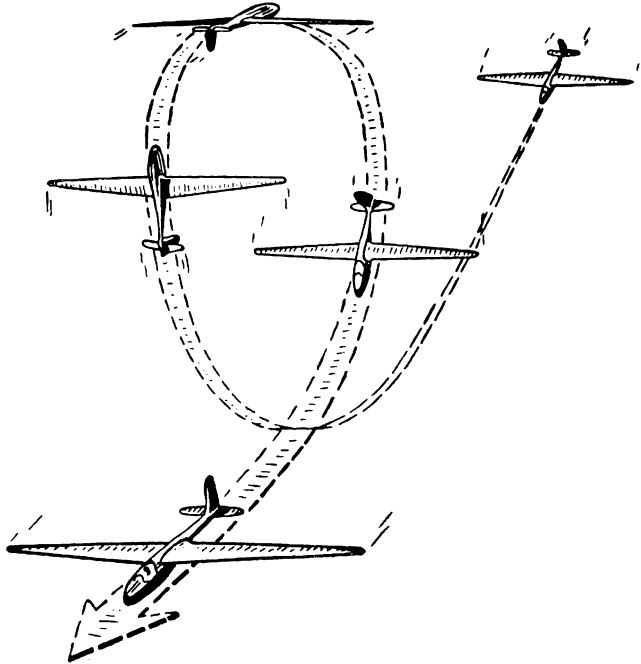


Abb. 12

betragen. Auch während des Fahrtaufholens müssen Querlage und Flugrichtung genau beobachtet und wenn nötig verbessert werden. Die Geschwindigkeitszunahme wird mit Hilfe des Fahrtmessers kontrolliert. Bei ca. 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 werden wir von Anfang an die Beschleunigung durch starken Sitzdruck spüren. Die stärkste Beschleunigung muß im ersten Viertel des Loopings auftreten, dann gleichmäßig abnehmen, so daß wir in der Rückenlage des Flugzeuges nur noch leichten Sitzdruck verspüren. Dies entspricht ungefähr einer Beschleunigung von + 1 g.

Das Anziehen des Höhenruders bei Beginn des Loopings erfolgt nicht gleichmäßig, sondern ist abhängig von der Geschwindigkeit des Flugzeuges. Zuerst wird das Höhenruder nur wenig gezogen, das Flugzeug wird sich infolge der hohen Geschwindigkeit sofort nach oben auf die gewünschte Kreisbahn begeben. So wie die Geschwindigkeit des Flugzeuges abnimmt, muß das Höhenruder mehr und schneller gezogen werden. Das größte Stück des Höhenruderausschlages macht der Pilot kurz vor Erreichen des Gipfelpunktes. Durch fortwährende Abnahme des Steuerdruckes im Höhenruder, hervorgerufen durch die fortwährende Verminderung der Geschwindigkeit, ist das Tempo des Anziehens des Höhenruders verhältnismäßig leicht zu erfüllen. Bei einem normal geflogenen Looping wird das Höhenruder niemals bis zum Anschlag durchgezogen. Nach Überschreiten des Gipfel-

punktes muß das Höhenruder leicht nachgelassen werden, und beim letzten Teil des Loopings führen wir ein normales Abfangen 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 sie bei Beginn der Figur war. Der jetzt wieder vorhandene Fahrtüberschuß wird durch einen leicht ansteigenden Flug in einen Höhen Gewinn verwandelt, wenn nicht gleich zu weiteren Figuren übergegangen werden soll.

Zur Orientierung während des Loopings ist zu beachten, daß gleich, nachdem das Flugzeug zu steigen begonnen hat, und wir nur den Himmel sehen, der Kopf in den Nacken genommen wird. Wir sehen 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 können wir die Querlage unseres Flugzeuges überwachen, indem wir die Fluglage mit Linien auf der Erde, die parallel zu unserer Flugrichtung verlaufen, wie Eisenbahnlinsen, Waldkanten, Startbahnen auf dem Flugplatz usw. vergleichen.

Bei der Durchführung eines Loopings können folgende Fehler gemacht werden:

Ein häufiger Fehler beim Looping ist die 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 bewirkt dagegen ein Abkippen des Flugzeuges 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 im Abschnitt „Verhalten bei gefährlichen Fluglagen“ beschrieben werden. Es kann auch eintreten, daß der Pilot, um mit der zu geringen Fahrt überhaupt bis zum Gipfelpunkt des Loopings, zur Rückenlage, zu kommen, zu stark ziehen muß. Das Flugzeug kommt dadurch in den Bereich des kritischen Anstellwinkels und kann infolge des dynamischen Überziehens zum Selbstrollen übergehen mit anschließendem Trudeln. In jedem Fall wird die Kunstflugfigur verunstaltet.

Weitere Fehler werden beim Anziehen des Höhenruders gemacht. Wird das Höhenruder zu langsam gezogen, „schießt“ das Flugzeug in den Himmel hinein und wird schließlich wegen Fahrtverlust so abkippen, als wenn der Looping mit zu geringer Fahrt begonnen worden wäre. Beim zu schnellen Durchziehen des Höhenruders erfolgt ein Überziehen des Flugzeuges mit hoher Geschwindigkeit, und es kann sich wieder von selbst um seine Längsachse drehen, oder es führt zu schnellem Fahrtverlust, mit den Folgen, die bereits beschrieben worden sind. 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 Abfangen zu stark zieht. Außerdem treten dabei große positive Beschleunigungen auf.

3. Turn

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

Der Turn gehört zu den Kunstflugfiguren, die verhältnismäßig schwer zu fliegen sind. Das Fliegen eines einwandfreien Turns erfordert viel fliegerisches Können und genaue Kenntnis der Flugeigenschaften des betreffenden Flugzeuges. Die beim Fliegen eines Turns auftretenden Beschleuni-

gungen sind gering, noch geringer als beim normalen Looping. Bei einwandfreier Ausführung des Turns beträgt der Wert der Beschleunigung etwa $+2\text{ g}$. Aus diesem Grunde ist der Turn eine sehr angenehme und beliebte Kunstflugfigur.

Beim Fliegen eines Turns benötigen wir neben den markanten Richtungspunkten vor und hinter dem Flugzeug in Richtung der Flugzeuglängsachse, noch Orientierungslinien, wie Waldkanten, Eisenbahnlinien usw., die parallel zur Flugrichtung verlaufen.

Nachdem wir unser Flugzeug entsprechend ausgerichtet haben, drücken wir es an, wie schon beim Looping beschrieben wurde, um die notwendige Geschwindigkeitszunahme zu erhalten.

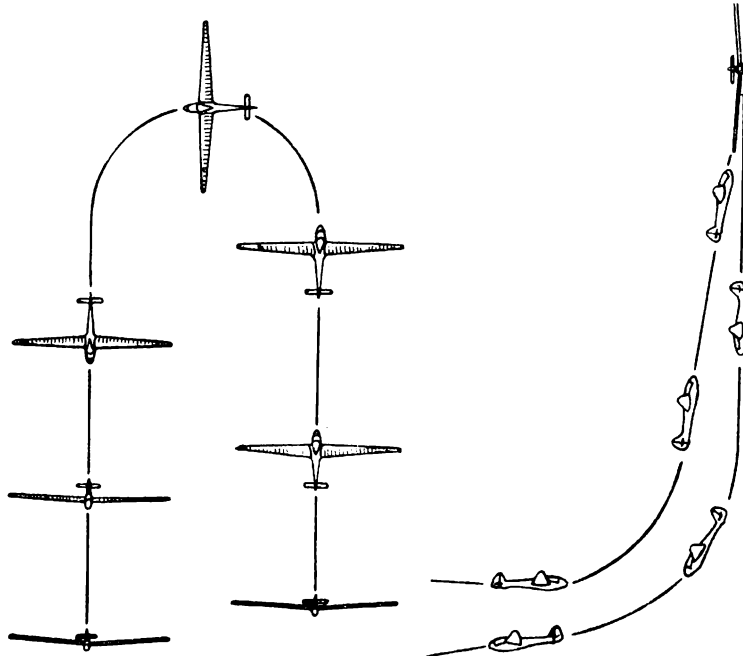


Abb. 13

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 Zweifache bis Zweieinhalbfache 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, wenn der Winkel der ansteigenden Flugbahn 70 bis 90° beträgt. Damit sich das Flugzeug geradlinig auf der ansteigenden Bahn bewegt, muß das angezogene Höhenruder wieder in die Normalstellung gebracht werden.

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

Dafür gibt es zwei Begründungen:

a) Durch die Drehung des Flugzeuges 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. Es würde im Turn eine leichte Rückenlage einnehmen.

b) Das entgegengesetzt ausgeschlagene Querruder unterstützt die Drehung des Flugzeuges 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 fast in senkrechtem Sturzflug befinden. Im Sturzflug können notwendige Korrekturen der Flugrichtung vorgenommen werden. 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.

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

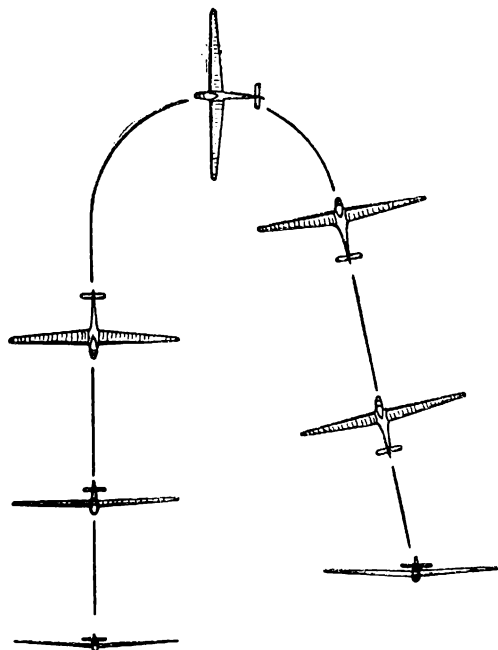
Beim Fliegen eines Turns treten am häufigsten folgende Fehler auf:

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 Flugzeuges 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, wird die Wendung mit zu großem Radius ausgeführt. Meistens jedoch kann das Flugzeug dem ausgetretenen Seitenruder überhaupt nicht folgen. Es dreht um ca. 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 Flugzeuges um seine Hochachse nicht zu. Da das Seitenruder von vorn fast nicht mehr angeströmt wird, 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, ist die Wirkung des Seitenruders bereits zu schwach, um die



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

Abb. 14

Wendung des Flugzeuges vor dem Abkippen noch durchzuführen, oder es reicht nur zu einer kleinen Kursänderung. Die Flugfigur endet hierbei mit einem ungesteuerten Abkippen.

d) Die abfallende Flugbahn wird oft durch zu frühes Abfangen aus dem Sturzflug verkürzt. Die Figur wird dadurch ungleichmäßig. Dabei kann es auch zum Überziehen des Flugzeuges mit der bereits bekannten Erscheinung des Selbstrollens kommen.

e) Das Hochziehen des Flugzeuges 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.

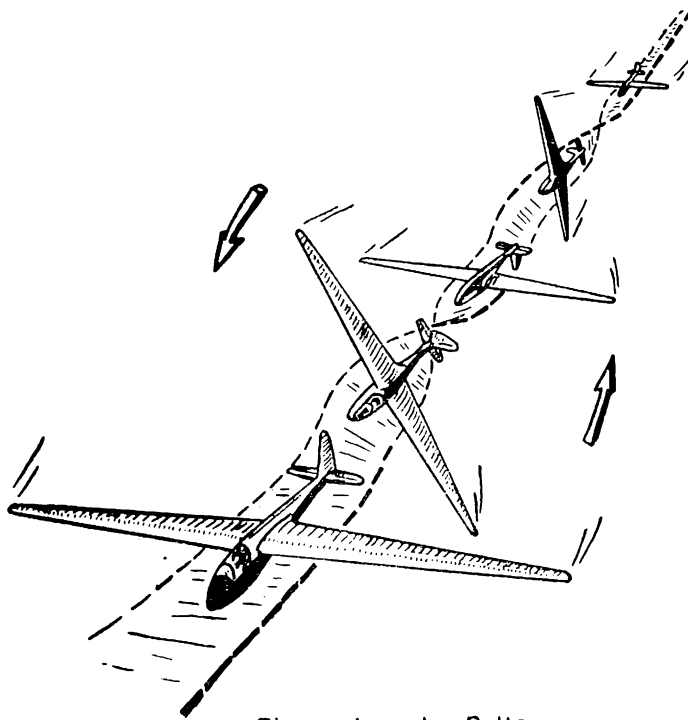
VI. Figuren des höheren Kunstfluges

1. Gesteuerte Rolle

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

Man kann sagen, daß der Pilot, der eine einwandfreie gesteuerte Rolle fliegen kann, die Steuerung des Flugzeuges vollkommen beherrscht.

Bei dieser Kunstflugfigur sind die auftretenden Beschleunigungen verhältnismäßig gering. Aus diesem Grunde ist auch das Flugzeug nur geringen Beanspruchungen unterworfen, vorausgesetzt, daß die gesteuerte Rolle einwandfrei geflogen wird.



Die gesteuerte Rolle

Abb. 15

Die Rolle ist nicht schwerer zu fliegen als andere Kunstflugfiguren, obwohl es darüber unter Fliegern verschiedene Auffassungen gibt. Erschwerend ist bei dieser Figur lediglich, 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 Flugzeuges über die Ruderwirkungen im klaren zu sein. Er muß im Schlaf beherrschen, daß z. B. ein Drücken des Höhenruders immer ein Neigen des Flugzeuges „vom Piloten weg“ verursacht, ein Ziehen des

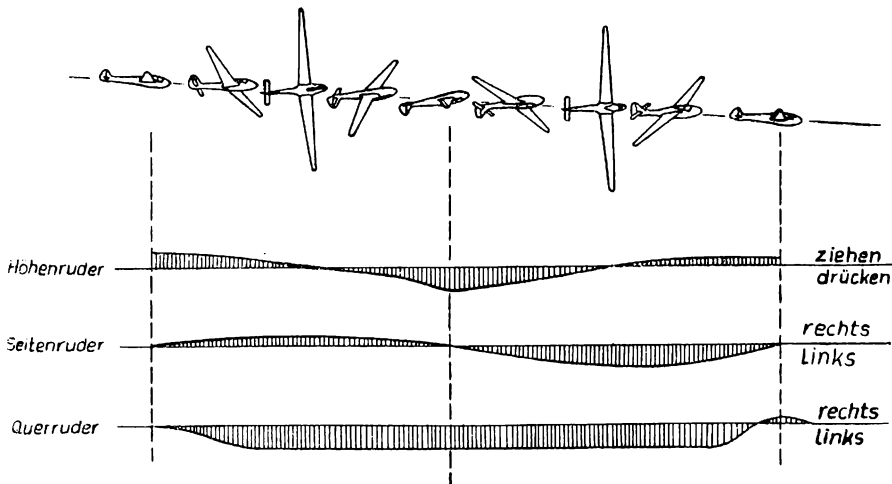
Höhenruders dagegen, ein Heben des Rumpfes „zum Piloten“ hin. Wird das Seitenruder links ausgetreten, dreht das Flugzeug in dieser Richtung um seine Hochachse, also nach links. Bei einem Seitenruderausschlag rechts gilt sinngemäß dasselbe nach der anderen Seite. Wird das Querruder ausgeschlagen, führt das Flugzeug immer eine Drehung um seine Längsachse aus, 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 oben 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.

Wer das eben Beschriebene beherrscht, ohne überlegen zu müssen, für den wird das Fliegen einer gesteuerten Rolle keine besondere Schwierigkeit sein.

Wir wählen uns zu dieser Figur einen Richtungspunkt aus, der möglichst weit entfernt am Horizont liegt. Die Rumpfspitze unseres Flugzeuges soll bei der auszuführenden Drehung um die Längsachse einen möglichst kleinen Kreis um diesen Richtungspunkt beschreiben.



Das Diagramm der Ruderausschläge bei einer gesteuerten Rolle links

Abb. 16

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

Zum Fliegen der gesteuerten Rolle benötigen wir eine Anfangsgeschwindigkeit, die ungefähr das Zweifache der Normalgeschwindigkeit betragen muß. Nachdem wir genau Kurs auf den Richtungspunkt genommen haben, 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 Flugzeuges 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 Flugzeuges 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.

Das Seitenruder braucht normalerweise bei der ersten Hälfte der Rolle nicht ausgetreten zu werden. Ein Seitenruderausschlag ist bei den meisten Flugzeugtypen nur erforderlich, wenn in der Messerfluglage die Rumpfschnauze 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 worden ist, 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 muß immer der „obere“ Fuß ausgetreten werden. Bei der zweiten „Messerfluglage“ muß sich das Höhenruder wiederum genau in der Normalstellung befinden.

Wie wir aus der eben erfolgten Beschreibung ersehen können, kommen bei der gesteuerten Rolle viele Ruderausschläge vor. Bevor man zu üben beginnt, muß man sich in Gedanken schon mit jeder einzelnen Phase der Figur vertraut gemacht haben. Am besten, wir fliegen die Rolle erst einmal für uns allein in einem stillen Winkel und ohne Flugzeug. Man kann auch die gesteuerte Rolle anfangs nicht gefühlsmäßig fliegen, sondern muß scharf mitdenken.

Noch einen wichtigen Hinweis: Je höher wir die Flugzeugschnauze über den Horizont nehmen, desto einfacher läßt sich die gesamte Rolle fliegen. Dem Winkel der ansteigenden Flugbahn sind natürlich dadurch Grenzen gesetzt, daß die Geschwindigkeit unseres Flugzeuges nach beendeter Rolle immer noch über der Normalgeschwindigkeit liegen soll.

Beim Erlernen der Rolle treten am häufigsten folgende Fehler auf:

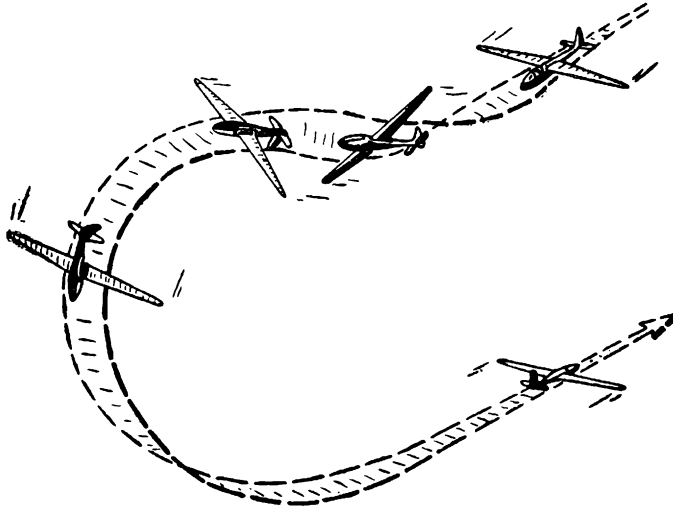
- a) Bei der ersten Hälfte der Rolle wird das Höhenruder zu früh, also bereits in der Messerfluglage, und zu viel gedrückt. Das Flugzeug kommt dadurch entgegengesetzt zur Drehrichtung der Rolle vom Richtungspunkt ab.
- b) Die Flugzeugschnauze geht kurz vor Erreichen der Rückenfluglage unter den Horizont. Es wurde nach Überschreiten der Messerfluglage zu wenig gedrückt. Die Ursache des „Untertauchens“ könnte auch darin begründet liegen, daß bei Beginn der Rolle die Flugzeugschnauze nicht weit genug über den Horizont gebracht worden ist. Das Flugzeug wird stark Fahrt aufnehmen. Auf keinen Fall darf jetzt nach unten weggezogen werden, weil dabei Geschwindigkeiten auftreten, die für das Flugzeug gefährlich werden können. Vielmehr muß die Rumpfspitze durch weiches Drücken wieder über den Horizont gebracht werden. Auf alle Fälle ist der Querruderausschlag beizubehalten, damit das Flugzeug durch Drehung um die Längsachse in die 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, vom Richtungspunkt zuviel abweichende Richtungen (Trichter).
- d) Im vierten Viertel der Rolle treten Abweichungen aus der Flugrichtung auf. Meistens 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 schon im Rückenflug zu wenig oder nicht über dem Horizont. Auch das voll ausgetretene Seitenruder kann dann ein weiteres Abfallen der Rumpfspitze nicht mehr verhindern. Eine weitere 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 ge-

drückt worden ist 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.

2. Abschwung

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

Wie im Ausbildungsprogramm festgelegt, soll hier nur der gesteuerte Abschwung beschrieben werden.



Der gesteuerte Abschwung

Abb. 17

Die Anfangsgeschwindigkeit, die wir zum Abschwung benötigen, liegt bei etwa 1,5facher Normalgeschwindigkeit. Wir beginnen also mit bedeutend geringerer Geschwindigkeit als bei der gesteuerten Rolle, denn wir sind bestrebt, den Halblooping mit möglichst geringer Fahrt zu beginnen, um Höhe zu sparen und um die Beschleunigung beim Abfangen des Flugzeuges 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 Fahrtaufholen die Flugzeugschnauze höher also 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 noch im Rückenflug fort, indem wir auch im Rückenflug die Flugzeugschnauze höher als sonst über dem Horizont bzw. über den 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 genau dieselben Fehler wie bei der ersten Hälfte der gesteuerten Rolle auftreten. Neu ist hier nur das „Anhalten“ der Drehung des Flugzeuges in der Rückenlage durch Zurücknehmen des Querruders in die Normalstellung und der kurze Rückenflug. Ausführlich wird darüber im Abschnitt Rückenflug geschrieben.

3. Aufschwung

Der Aufschwung ist eine Kunstflugfigur, die aus der Verbindung der ersten Hälfte eines Loopings und einer gesteuerten halben 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 wir bei Erreichen der Rückenfluglage noch genug Fahrt haben, um sofort eine gesteuerte halbe Rolle fliegen zu können. Der normale Wert der auftretenden Beschleunigungen beträgt $+3,5\text{ g}$ bis $+4,5\text{ g}$. Bei der halben Rolle aus der Rückenlage in die Normallage treten geringe negative Beschleunigungen auf.

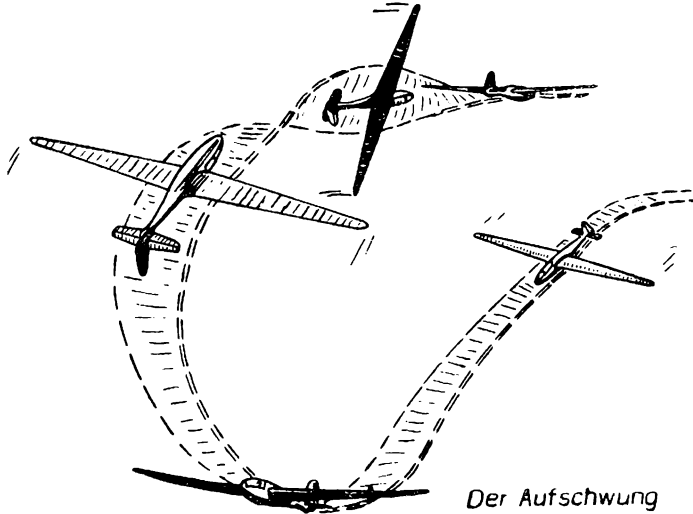


Abb. 18

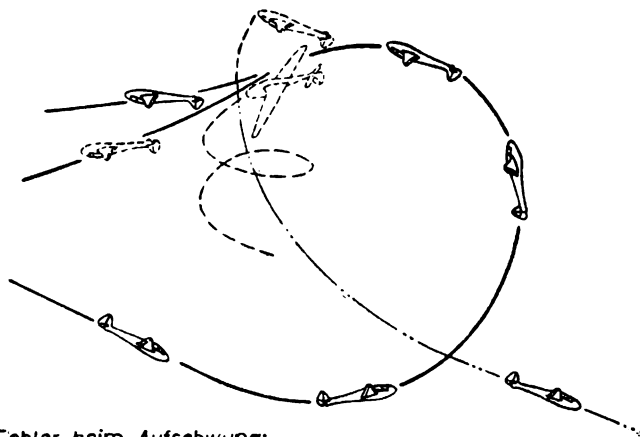
Zum Fliegen des Aufschwunges benötigen wir eine verhältnismäßig hohe Anfangsgeschwindigkeit, die bei dem 2,5fachen Wert der Normalgeschwindigkeit liegen muß. Nachdem wir durch Andrücken die Anfangsgeschwindigkeit erreicht haben, ziehen wir das Flugzeug in den halben Looping hinein. Beim Anziehen des Steuerknüppels ist zu verfahren, wie bereits beim Looping beschrieben. Sobald sich das Flugzeug auf die gekrümmte Flugbahn des Loopings begeben hat, ist der Kopf in den Nacken zu nehmen, damit wir den Horizont in der Rückenlage so zeitig als möglich sehen. Wenn die Rumpfspitze unseres Flugzeuges sich nur noch wenig über dem Horizont befindet, ungefähr so 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 Flugzeuges, Abkippen). Außerdem treten bei einem zu starken Ziehen infolge der hohen Anfangsgeschwindigkeit so starke Beschleunigungen auf, daß bei dem Piloten Blutmangel im Gehirn eintritt, der zum vorübergehenden Verlust des Sehvermögens führt.

Anfänger haben oft Schwierigkeiten beim Einschätzen der richtigen Lage des Flugzeuges zum Horizont vor dem Einleiten der halben Rolle. Ein zu frühes Einleiten der Halbrohle (Flugzeugschnauze befindet sich noch zu hoch über dem Horizont) führt zu raschem Geschwindigkeitsverlust und

Abkippen oder Trudeln. Wenn dabei noch zu viel gedrückt worden ist und das Seitenruder ausgeschlagen wird, kann das Flugzeug auch ins Rücken-trudeln kommen.

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



Fehler beim Aufschwung:

*Zu frühes Einleiten der halben Rolle: Abkippen ev. Rückentrudeln
Zu spätes Einleiten der halben Rolle: Große Fahrtaufnahme,
Schwierigkeiten beim Richtunghalten während des Umdrehens.*

Abb. 19

Wenn der Pilot bemerkt, daß in der Rückenlage die Geschwindigkeit zu gering ist, hat es keinen Zweck, die halbe Rolle einzuleiten. Die Figur würde dann mißlingen. Er muß im Rückenflug bleiben, Fahrt aufholen und erst dann die Rolle fliegen. Bei diesem Fahrtaufholen befindet sich die Flugzeugschnauze fast am Horizont. Bevor er aber die halbe Rolle einleitet, muß das Flugzeug wieder entsprechend hoch über dem Horizont gedrückt werden.

4. Rückenflug

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

Im Rückenflug fliegt das Flugzeug umgekehrt (mit dem Fahrwerk nach oben) und mit negativen Anstellwinkeln. Profilform und Einstellwinkel 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 bestimmte Anstellung bekommen. Aus diesem Grund und durch den positiven Einstellwinkel der Tragfläche zum Rumpf, bekommt die Flugzeuglängsachse im Rückenflug eine schräg nach oben gerichtete Lage. Der Rückenflug sieht für den Zuschauer „überzogen“ aus.

Bei der Durchführung von Rückenflügen aller Art gilt es zu beachten, daß unsere Flugzeuge in der Regel durch negative Beschleunigungen nur halb so belastet werden können, als durch positive Beschleunigungen.

Im Kapitel „Kunstflug und Segelflugzeug“ wurde bereits darauf hingewiesen. In der Rückenlage müssen deshalb alle Ruderausschläge, die negative Beschleunigungen hervorrufen, besonders weich gegeben werden. Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten, das Flugzeug aus dem Normalflug in den Rückenflug zu bringen. Einmal durch eine Drehung des Flugzeuges um seine Längsachse, durch eine halbe Rolle, zum anderen durch eine Drehung des Flugzeuges um seine Querachse, durch einen halben Looping. Am einfachsten ist das Ansetzen zum Rückenflug durch die gesteuerte halbe 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 doch einige Schwierigkeiten auf. Nicht ganz einfach ist die Sicherung der richtigen Geschwindigkeit in der Rückenlage und das Abschätzen der richtigen Horizontallage beim Übergang zum Rückenflug. Wird der Übergang vom Halblooping zum Rückenflug zu zeitig vorgenommen, die Flugzeugschnauze befindet sich noch zu hoch über dem Horizont, verliert das Flugzeug sofort viel Fahrt und sackt durch oder es wird nach einer Seite abkippen, und der Pilot findet sich von selbst in der Normallage wieder. Wird das Flugzeug dabei so überdrückt, daß die Strömung abreißt, kann er ins Rückentrudeln kommen.

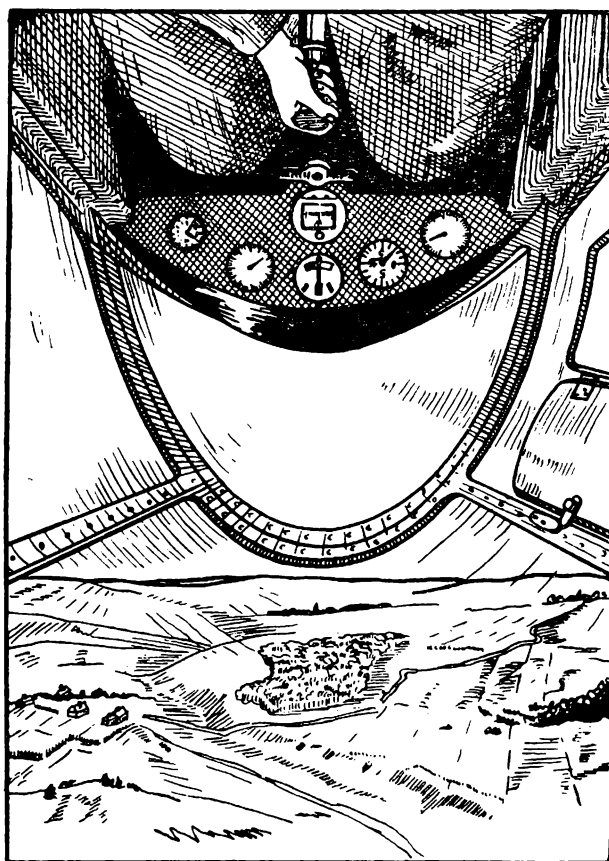


Abb. 20

Läßt der Pilot aber die Flugzeugschnauze zu weit unter den Horizont kommen, nimmt das Flugzeug sehr schnell hohe Geschwindigkeit auf. Der Pilot ist gezwungen, wenn er im Rückenflug bleiben will, 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 gesteuerte halbe Rolle vorzunehmen.

Ein junger Pilot, der seinen ersten Rückenflug durchführt, ist einer Anzahl von neuen Eindrücken unterworfen. 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 junge

Flieger kommt dadurch vollkommen durcheinander. Aus diesem Grunde ist es zu empfehlen, eine Einweisung am Doppelsteuer vorzunehmen.

Beim Rückenflug ist es wichtig zu wissen und zu beachten, daß die Funktion der Ruder sich nicht verändert. Die scheinbaren Unterschiede werden nur durch die umgekehrte Lage des Flugzeuges zur Erde hervorgerufen. Ein Drücken des Steuerknüppels bewirkt also immer noch eine „Neigung des Segelflugzeuges vom Piloten weg“, ein Ziehen des Steuerknüppels eine „Bewegung des Flugzeuges zum Piloten hin“. Quer- und Seitenruder wirken ebenfalls unverändert.

Beim Erlernen des Rückenfluges 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 ca. 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 Stellung 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 Horizontlage des Rumpfbuges verändern. Dabei sollte man sich hüten, den Rumpfbug zu weit unter den Horizont gehen zu lassen, denn es tritt schnell eine Geschwindigkeitserhöhung ein und das folgende „Hochdrücken“ der Flugzeugschnauze wieder über den Horizont bringt unangenehme Beschleunigungen mit sich.

Beim Erlernen der Quersteuerung wird man anfangs manchmal verkehrte Ruderausschläge geben. Am ehesten wird man hier Sicherheit erlangen, wenn man bewußt Schräglagen herbeiführt und diese dann wieder beseitigt. Das Flugzeug ist im Rückenflug etwas instabil in der Querlage. Dies ist eine Folge der jetzt nicht mehr wirksamen V-Form des Tragwerkes.

Zum Bedienen des Seitenruders merken wir uns besonders, daß das Flugzeug auch im Rückenflug in Richtung des „ausgetretenen Beines“ fliegt. Das Seitenruder wirkt also immer für den Piloten sinngemäß.

Wenn wir mit der Wirkung aller drei Ruder im Rückenflug geradeaus einigermaßen vertraut sind, können wir dazu übergehen, Kurven zu fliegen. Dabei wird es wieder Schwierigkeiten bei der Quersteuerung geben. Hierzu müssen wir einige Überlegungen anstellen:

Im Rückenflug ist die Tragflügel-Unterseite 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, muß das kurveninnere Querruder nach oben, das äußere nach unten ausgeschlagen werden. Wir erreichen das, 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 Seitenruder 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 etwas Querruder 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 werden, während der Seitenruderausschlag beibehalten wird. Unsere größte Aufmerksamkeit gilt im Kurvenflug 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 beseitigen.

Wir üben zuerst Kurven bis 30° Schräglage mit beliebiger Richtungsänderung. Dann fliegen wir Vollkreise. Nach einiger Übung können wir die einwandfreie Kurvenlage mit Hilfe des Wendezeigers und der Kugel verfolgen (der Wendezeiger läßt sich bei Kunstflugzeugen umdrehen). Nach und nach wird man dann auch im Rückenflug die richtig aufeinander abgestimmte Zusammenarbeit von Quer- und Seitenruder erlernen.

Ein besonderes Problem ist die Orientierung im Rückenflug. Dazu ist zu empfehlen, sich nicht einen Richtungspunkt am Horizont auszuwählen, sondern einen besonders markanten Punkt, der sich am besten in ca. 3 km Entfernung vom Flugzeug befindet. Es gehört sehr viel Erfahrung dazu, ehe man behaupten kann, sich bei Rückenflugkurven immer über die jeweilige Flugrichtung im klaren zu sein. Am leichtesten ist die Orientierung immer noch, wenn wir Vollkreise fliegen. Wir beginnen den Rückenflug nach einem markanten Punkt, leiten die Kurve ein und lassen das Flugzeug so lange kurven, bis der markante Punkt wieder in unser Blickfeld wandert.

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 Rückenfluges 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 großer Fahrtaufnahme, unnötig großem Höhenverlust und beim Abfangen zu starken 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.

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

1. Rückentrudeln

Als „besondere“ Fluglage beim Kunstflug kann man das Rückentrudeln bezeichnen. Bei der falschen Ausführung verschiedener Kunstflugfiguren kann es vorkommen, daß wir mit dem Flugzeug in das Rückentrudeln kommen, z. B. beim Aufschwung. Das Rückentrudeln ist bei unseren Flugzeugen kein gefährlicher Flugzustand. 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. Dazu ist aber zu bemerken, daß nicht alle Kunstflug-Segelflugzeuge ohne weiteres ins Rückentrudeln zu bringen sind.

Nach beendeter Kunstflugausbildung sollte jeder Pilot auch das Rückentrudeln versuchen, damit er sein Flugzeug auch bei diesem Flugzustand kennenlernt. Das Rückentrudeln darf nur mit Flugzeugen durchgeführt werden, die für höheren Kunstflug zugelassen sind.

Wenn wir das Rückentrudeln absichtlich herbeiführen wollen, 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 Steilschleife 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 Rückentrudel das Flugzeug umgekehrt, die Kabine befindet sich außen. Es treten negative Beschleunigungen bis -2 g auf. Die Sicht zur Erde ist beim Rückentrudeln ausgezeichnet.

Das Beenden des Rückentrudelns bereitet nie Schwierigkeiten, weil das Seitenruder durch die Rückenlage des Flugzeuges günstig angeströmt wird. Unser Flugzeug hört sofort mit Trudeln auf, wenn wir das Seitenruder etwas zurücknehmen und das bis zum Anschlag gedrückte Höhenruder nachlassen. Sicherheitshalber treten wir aber das Seitenruder auch hier voll entgegen der Drehbewegung des Flugzeuges aus. Nach Aufhören der Drehung wird das Flugzeug in den Sturzflug übergehen, aus dem wir es entweder wieder in den Rückenflug drücken können oder es durch Ziehen in die Normalfluglage bringen. Beim letzteren ist mit dem Höhenruder so zu verfahren, daß die Geschwindigkeitszunahme in normalen Grenzen bleibt.

2. Flachtrudeln

Eine gefährliche Art des Trudeln, die unter bestimmten Voraussetzungen auftreten kann, ist das Flachtrudeln. Wir müssen uns aus diesem Grunde auch etwas mit dem Flachtrudeln beschäftigen.

Vom normalen Trudeln her ist uns bekannt, daß sich beim Überziehen des Flugzeuges 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 Flugzeuges abhängig. Bei größerer Schwerpunktvorlage wird die Neigung des Rumpfes steiler sein, bei größerer Rücklage flacher. Die Rumpfneigung beeinflußt wiederum die Strömungsverhältnisse am Höhenleitwerk. Beim normalen Trudeln wird die Strömung am Höhenleitwerk anliegen, beim Flachtrudeln wird sie meist abgerissen sein. Bei den meisten Konstruktionen liegt das Seitenruder dann im Bereich der Wirbel der abgerissenen Strömung des Höhenleitwerkes bzw. liegt ganz im „Strömungsschatten“ des Höhenleitwerkes. Seitenruder- und Höhenruderausschläge sind ohne Wirkung.

Ein Flugzeug, das sich im Flachtrudeln befindet, dreht verhältnismäßig schnell, sinkt dabei wenig und reagiert auf Ruderausschläge überhaupt nicht mehr. Das Herausführen des Flugzeuges aus dem Flachtrudeln ist sehr schwierig, meist sogar unmöglich. Der Pilot versucht aus diesem Flugzustand herauszukommen, indem er unbedingt zuerst das Seitenruder hart entgegen der Drehbewegung des Flugzeuges voll ausschlägt und diesen Ruderausschlag beibehält. Mit dem Höhenruder versucht er dann die günstigste Knüppelstellung herauszufinden. Auf keinen Fall darf der Steuerknüppel 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 Segelflugzeuges so weit als

möglich nach vorn, um eine Schwerpunktverlagerung nach vorn herbeizuführen. Es besteht dann die Möglichkeit, daß das Flugzeug eine steilere Trudellage einnimmt und aus dieser herausgeführt werden kann.

Wenn alle Bemühungen, das Flugzeug aus dem Flachtrudeln herauszubringen, keinen Erfolg zeigen, muß das Flugzeug rechtzeitig durch Fallschirmabsprung verlassen werden.

Die bei uns zum Einsatz kommenden Segelflugzeuge können unter normalen Umständen nicht ins Flachtrudeln kommen, weil Flugzeuge, die zum Flachtrudeln neigen, nicht zugelassen werden.

Flachtrudeln könnte bei unseren Flugzeugen nur dann vorkommen, wenn das Flugzeug durch falsche Trimmung eine größere Schwerpunktrücklage bekommen hat.

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

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.

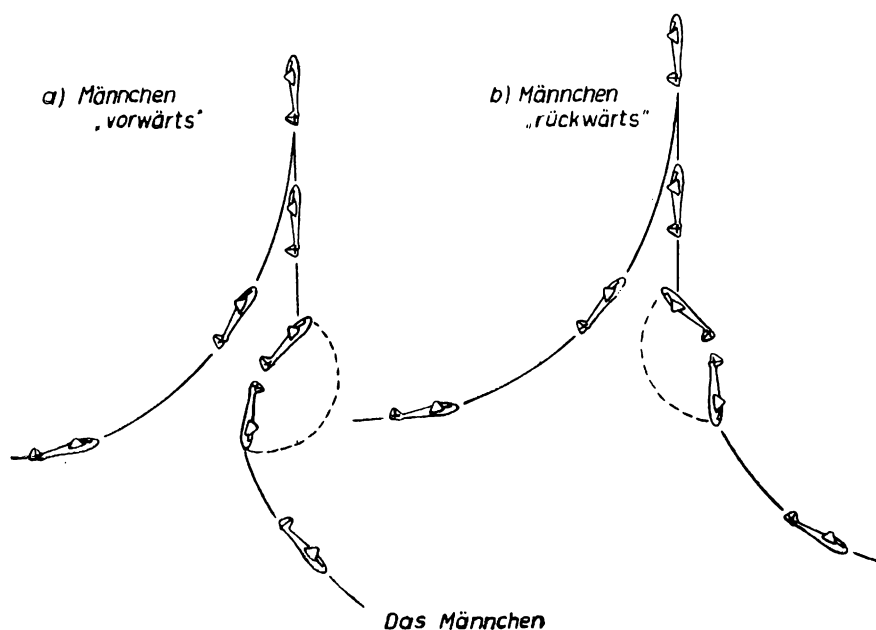


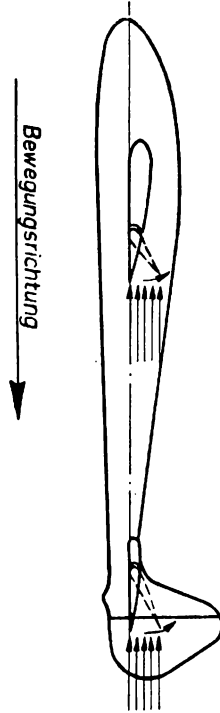
Abb. 21

Wenn das Männchen mit Absicht, fehlerfrei und mit dafür zugelassenen Flugzeugen geflogen wird, kann es niemals als eine gefährliche Kunstflugfigur angesprochen werden. Wenn aber z. B. aus einem beabsichtigten Turn infolge eines Fehlers ein unbeabsichtigtes Männchen wird und sich dabei der Pilot 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 Kunstfluges.

Wenn unser Flugzeug nach völligem Fahrtverlust rückwärts abfällt, entsteht beim Rückwärtsgleiten auf allen Rudern eine verhältnismäßig große Luftkraft. Wenn dabei der Steuerknüppel vom Piloten nicht sehr fest gehalten wird oder wenn Lockerungen in der Steuereinrichtung vorhanden sind, kann diese Luftkraft das Ausbrechen der Ruder herbeiführen.

Beim Erlernen des Turns kann es vorkommen, daß der Seitenruderaus-
schlag zu spät erfolgte und das Flugzeug 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 An-
schlag 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 ge-
fährliche Beschädigungen des Flugzeuges zur Folge haben.



*Beim Rückwärtsgleiten des Flugzeuges kann die
Luftkraft ein Ausbrechen der Ruder herbeiführen*

Abb. 22

4. Bruch des Flugzeuges

Wenn bei der Durchführung von Kunstflügen am Flugzeug ein Bruch ein-
tritt, durch den das Flugzeug nicht mehr flug- oder steuerfähig ist oder
der Pilot erkennt, daß ein Versagen der Steuerung jeden Augenblick ein-
treten kann, ist das Flugzeug mit dem Fallschirm zu verlassen. Ein Bruch
des Flugzeuges kann eintreten, wenn im Sturzflug die maximale Geschwin-
digkeit überschritten oder wenn im Bereich der maximalen Geschwindig-
keit zu hart abgefangen wird. Ein Bruch des Flugzeuges im Rückenflug
kann eintreten, wenn das errechnete Bruchlastvielfache für den Rücken-
kunstflug überschritten wurde.

VIII. 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. Man kann sagen, er hat die erste Etappe auf dem Wege zum vollendeten Kunstflieger zurückgelegt. Nun gilt es für ihn, unermüdlich weiterzutrainieren, 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 kommt man 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 aneinandergereiht werden, daß sich der Kunstflug innerhalb eines möglichst kleinen Raumes abwickelt, um dem Fluglehrer oder Zuschauer gute Beobachtungsmöglichkeiten 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 vorgesehenen Flugrichtung. Ein Kunstflugprogramm soll flüssig und ohne unnötig lange Zwischenflüge durchgeflogen werden. Bei richtiger Zusammenstellung des Programms kann man Zwischenflüge vollkommen 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 soll vermieden werden, gleiche Kunstflugfiguren zwei- oder mehrmals hintereinander zu fliegen. Kunstflug erfordert sehr viel Übung. Zu höchster Vollkommenheit kann ein Kunstflieger nur durch ständiges, intensives und systematisches Training kommen.

Literaturnachweis

1. Jakowlew, N. N.: „Lebensweise und Ernährung des Sportlers“
2. Ablamowicz, Andrzy: „Akrobatik im Segelflugzeug“
3. Pjetzuck, A. J.: „Flügel der Jugend“
4. Salzmann, Gerd: „Segelfliegen“
5. Zeitschrift: „Flügel der Heimat“ 7. Jahrgang, Heft 10
6. Unterrichtsdisposition für die Segelflugausbildung „Aerodynamik“
7. Segelflugbetriebsordnung 1958